

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Автоматизированные системы управления химико-технологическими процес-  
сами и системами»**

**Направление подготовки – 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы  
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки – «Основные процессы химических производств и хи-  
мическая кибернетика»**

**Квалификация «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**

на заседании Методической комиссии

РХТУ им. Д.И. Менделеева

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022**

Программа составлена старшим преподавателем кафедры кибернетики химико-технологических процессов В. Л. Лукьяновым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им.Д.И. Менделеева «26» апреля 2022 г., протокол № 7.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Автоматизированные системы управления химико-технологическими процессами и системами» относится к части дисциплин учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области дисциплин, изученных ранее: «Математика», «Информатика», «Физика» «Электротехника и промышленная электроника», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Математическое моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», «Системы управления химико-технологическими процессами», «Современные технологии автоматизации химико-технологических процессов».

**Цель дисциплины** – формирование у обучающегося системы знаний, навыков и умений, необходимых для осуществления профессиональной деятельности, связанной с эксплуатацией и проектированием автоматизированных систем управления химико-технологическими процессами и системами (АСУ ХТП и С).

**Основные задачи дисциплины**, решение которых обеспечивает достижение цели:

- изучение основ теории автоматических и автоматизированных систем управления;
- изучение технического, математического и программного обеспечения современных автоматизированных систем управления химико-технологическими процессами и системами (АСУ ХТП и С);
- освоение методов выбора технических и программных средств АСУ ХТП и С;
- обучение основам разработки программного обеспечения АСУ ХТП и С;
- изучение типовых решений по автоматизации наиболее распространенных химико-технологических систем;
- формирование навыков проектирования АСУ ХТП и С;
- приобретение навыков как индивидуального решения задач в области АСУ ХТП и С, так и работы в составе команды разработчиков.

Дисциплина «Наименование дисциплины» преподается в 8 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих компетенций и индикаторов их достижения:

**Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</p>	<p>ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</p> <p>ПК-1.7. Знает основные понятия теории управления технологическими процессами; статические и динамические характеристики объектов и звеньев управления; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; типовые системы автоматического управления в химической промышленности; методы и средства диагностики и контроля основных технологических параметров</p> <p>ПК-1.8. Умеет определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
			<p>типы приборов для диагностики химико-технологического процесса  ПК-1.9. Владеет методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов</p>	
<p>Исследование и разработка средств и систем автоматизации и управления различного назначения, в том числе жизненным циклом продукции и ее качеством применительно к конкретным условиям производства на основе отечественных и международных нормативных документов</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-5. Способен проводить расчеты и выбирать средства автоматизации и управления технологическими процессами и системами в области профессиональной деятельности</p>	<p>ПК-5.1. Знает основные этапы анализа и синтеза одно- и многоконтурных систем автоматического регулирования химико-технологических процессов  ПК-5.2. Умеет составлять базовую схему регулирования химико-технологического процесса с использованием принятых обозначений, использовать современные программно-аппаратные средства автоматизированного управления  ПК-5.3. Владеет методами расчета, сравнения и выбора оптимальных схем регулирования технологических процессов с использованием</p>	<p>Профессиональный стандарт 40.057 "Специалист по автоматизированным системам управления производством" утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 13.10.2014 N 713н  Обобщенная трудовая функция  С. Проведение работ по проектированию АСУП.  С/01.6. Проектирование отдельных элементов и подсистем АСУП (уровень квалификации – 6)  С/02.6. Изучение и представление руководству отчетов о передовом национальном и международном опыте разработки и внедрения АСУП (уровень квалификации – 6)  Обобщенная трудовая функция</p>

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
			специализированного программного обеспечения.	<p>D. Проведение работ по управлению ресурсами АСУП.</p> <p>D/01.6. Обработка данных о функционировании производственных подсистем АСУП (уровень квалификации – 6)</p> <p>D/02.6. Обработка данных о состоянии материальной базы АСУП (уровень квалификации – 6).</p>

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

*Знать:*

- структуру и функции АСУ ТП;
- технические средства современных АСУ ТП;
- алгоритмы сбора и обработки информации, расчета технико-экономических показателей;
- алгоритмы управления;
- основы теории управления с предсказанием;
- принципы разработки систем усовершенствованного управления (СУУТП);
- основные классы программного обеспечения АСУ;
- типовые решения по автоматизации основных технологических процессов

(гидромеханических, тепловых, теплообменных, химических, нефтехимических и биотехнологических производств);

*Уметь:*

- составлять структурные параметрические модели ХТП и ХТС;
- классифицировать технологические параметры объекта управления;
- синтезировать принципиальные схемы управления ХТП и ХТС;
- выбирать средства КИП и А (датчики, измерительные приборы, исполнительные устройства, регуляторы, контроллеры, модули ввода-вывода);
- находить параметры настройки цифровых регуляторов;
- использовать программное обеспечение для настройки цифровых регуляторов и программирования контроллеров;
- оценивать эффективность работы систем управления (в том числе СУУТП);
- читать и самостоятельно разрабатывать функциональные схемы автоматизации;

*Владеть:*

- языками программирования контроллеров и навыками разработки программного обеспечения для управления непрерывными и периодическими процессами;
- базовыми навыками проектирования АСУ ХТП и С.

### 3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>6</b>	<b>216</b>	<b>162</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Лекции (Лек)	0,444	16	12
Практические занятия (ПЗ)	1,333	48	36
Лабораторные занятия (ЛЗ)	0,899	32	24
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>2,33</b>	<b>84</b>	<b>63</b>
Контактная самостоятельная работа	2,33	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		83,6	62,7
<b>Вид контроля:</b>			
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Подготовка к экзамену	1	35,6	26,7
Контактная работа – промежуточная аттестация		0,4	0,3
<b>Вид контроля:</b>	<b>Экзамен и зачет с оценкой</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для студентов очного отделения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек.	ПЗ	ЛЗ	СР
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Введение в АСУ и основы проектирования. Техническое обеспечение АСУ ТП</b>	<b>56</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>25</b>
1.1	Основы проектирования АСУ	13	1	4	-	7
1.2	Техническое обеспечение АСУ ТП	19	1	4	6	7
1.3	Передача информации в АСУ ТП	12	1	4	-	6
1.4	Информационно-измерительные каналы	12	1	4	-	5
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Программное и математическое обеспечение АСУ ТП</b>	<b>80</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>26</b>	<b>25</b>
2.1	Программное обеспечение АСУ ТП и компьютерных тренажеров операторов технологического процесса	13	1	2	6	4
2.2	Разработка программного обеспечения (ПО) для управления технологическими объектами в среде программирования контроллеров (ПЛК)	21	1	8	4	6
2.3	Первичная обработка измерительной информации и основные алгоритмы управления	24	2	4	8	8
2.4	Управление с прогнозирующей моделью как основа СУУТП	22	2	4	8	7
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Типовые АСУ в химической промышленности</b>	<b>80</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>34</b>
3.1	Управление гидромеханическими процессами	7,5	0,5	1	-	3
3.2	Управление теплообменными процессами	10,5	0,5	2	-	5
3.3	Управление тепло-массообменными процессами	11	1	2	-	5
3.4	Управление процессами ректификации	13	1	3	-	6
3.5	Управление процессами абсорбции	11	1	2	-	5
3.6	Управление процессами сушки и экстракции	11	1	2	-	5
3.7	Управление химическими процессами	16	1	2	-	7
	<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>	<b>16</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>84</b>
	<b>Экзамен</b>	<b>36</b>				
	<b>ИТОГО</b>	<b>216</b>				

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

**Раздел 1. Основы проектирования АСУ ХТП и С. Техническое обеспечение АСУ ХТП и С.**

1.1. Классификация и иерархия автоматизированных систем управления (АСУ).

Основные принципы проектирования АСУ. Стадии и этапы создания АСУ. Разработка функциональных схем автоматизации. Принципы разработки систем усовершенствованного управления (СУУТП).

1.2. Техническое обеспечение АСУ ТП.



Структура современных АСУ ТП. Технические средства АСУ ТП: измерительные приборы, датчики, исполнительные устройства, измерители-регуляторы, программируемые логические контроллеры (ПЛК), панели оператора, автоматизированные рабочие места, сети и шины передачи данных. Входные и выходные устройства ПЛК, модули ввода-вывода, понятие о распределенных системах управления. Обзор контроллеров СУУТП ведущих производителей.

### 1.3. Передача информации в АСУ ТП.

Сигналы и каналы передачи. Полевые шины, основные интерфейсы и протоколы передачи данных.

### 1.4. Информационно-измерительные каналы (ИИК).

Структура ИИК. Преобразования сигналов в ИИК. Квантование по времени. Квантование по уровню. Кодирование сигналов. Преобразователи аналоговых и цифровых сигналов.

## **Раздел 2. Программное и математическое обеспечение АСУ ТП.**

2.1. Программное обеспечение АСУ ТП и компьютерных тренажеров операторов технологического процесса.

SCADA-пакеты и системы, технология OPC. Основные принципы разработки, отладки и ввода в действие ПО АСУ ТП. Имитационное моделирование в АСУ ТП, базовые принципы создания компьютерных тренажеров операторов АСУ ТП.

2.2. Разработка программного обеспечения (ПО) для управления технологическими объектами в среде программирования контроллеров (ПЛК).

Рабочий цикл ПЛК. Структура проекта ПО, компоненты организации программ. Приемы разработки программ реального времени. Особенности разработки ПО для управления непрерывными и периодическими процессами.

### 2.3. Первичная обработка измерительной информации и основные алгоритмы управления.

Оценка измеряемой величины по показаниям датчика. Фильтрация измеряемых величин. Основные алгоритмы цифрового управления: позиционное регулирование, импульсное регулирование, цифровой ПИД-регулятор. Адаптивное управление на примере алгоритма адаптивного трехпозиционного регулирования.

### 2.4. Управление с прогнозирующей моделью как основа СУУТП.

Основы теории управления с предсказанием. Классификация и принципы построения прогнозирующих моделей. Структура регулятора с прогнозирующей моделью. Классификация переменных СУУТП. Использование виртуальных анализаторов. Способы оценки эффективности СУУТП.

## **Раздел 3. Типовые решения по автоматизированному управлению ХТП и ХТС.**

### 3.1. Управление гидромеханическими процессами.

Управление системами перемещения сырья и материалов. Особенности управления центробежными и объемными насосами. Системы перемещения полупродуктов и продуктов между технологическими аппаратами. Системы управления длительностью пребывания в цепочке последовательно соединенных аппаратов.

### 3.2. Управление теплообменными процессами.

Теплообменники смешения и поверхностные теплообменники как объекты управления: балансовые уравнения, параметрическая схема процесса теплообмена, статические и динамические характеристики теплообменников. Варианты схем автоматического управления. Управление теплообменниками при изменении фазового состояния теплоносителей.

### 3.3. Управление тепло-массообменными процессами.

Управление процессами выпаривания. Математическая модель процесса выпаривания. Показатель эффективности и цель управления. Параметрическая схема процесса выпаривания. Методы измерения концентрации упаренного раствора. Сравнительный анализ типовых схем управления процессом выпаривания. Прямое и перекрестное регулирование выпарного аппарата. Схема регулирования давления.

### 3.4. Управление процессами ректификации.

Ректификационная колонна и её вспомогательное оборудование. Показатель эффективности и цель управления. Материальный баланс ректификационной установки. Параметрическая схема процесса ректификации. Регулирование состава дистиллята. Регулирование состава кубового продукта. Каскадные АСР и схемы регулирования соотношения

расходов с коррекцией по составу дистиллята и кубового продукта. Применение СУУТП на примере управления процессом ректификации.

### 3.5. Управление процессами абсорбции.

Показатель эффективности и цель управления. Основные уравнения массопередачи и теплопередачи. Параметрическая схема процесса абсорбции. Одноконтурные схемы регулирования процесса абсорбции. Комбинированные схемы регулирования процесса абсорбции. Трехимпульсная схема регулирования процесса абсорбции. Комбинированная схема регулирования процессов абсорбции с двухточечной подачей абсорбента в середину и верх абсорбера для улучшения разделительной способности колонны. Принципиальная схема регулирования двух последовательно соединенных абсорберов. Сочетание процесса абсорбции с процессом десорбции.

### 3.6. Управление процессами сушки и экстракции.

Показатель эффективности и цель управления процессами сушки. Сушка в аппаратах с большим временем пребывания (более 1 часа). Одноконтурная и каскадная схемы регулирования барабанной сушилки. Сушилки с малым временем пребывания: распылительные сушилки и сушилка с кипящим слоем (КС). Принципиальные схемы систем управления. Примеры параметрических схем процессов сушки. Показатель эффективности, цель управления процессами сушки, параметрическая схема.

Управление процессами экстракции. Принципиальные схемы систем управления экстракционной колонной.

### 3.7. Управление химическими процессами.

Управление жидкофазными реакторами. Одноемкостный реактор смешения: одноконтурная, каскадная и комбинированная системы автоматического регулирования концентрации смеси, схема регулирования температуры. Системы автоматизации очистки сточных вод. Примеры систем управления газофазными реакторами. Управление процессом пиролиза. Печи пиролиза как объект управления. Показатель эффективности и цель управления. Параметрическая схема для печи пиролиза. Экономический критерий оптимизации процесса пиролиза. Системы стабилизации температурного режима: одноконтурные, каскадные, комбинированные.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел	Раздел	Раздел
		1	2	3
<b>знать:</b>				
1	– структуру и функции АСУ ТП;	+		
2	– технические средства современных АСУ ТП;	+		
3	– алгоритмы сбора и обработки информации, расчета технико-экономических показателей;		+	
4	– алгоритмы управления;		+	
5	– основы теории управления с предсказанием;		+	
6	– принципы разработки систем усовершенствованного управления (СУУТП);		+	+
7	– основные классы программного обеспечения АСУ;		+	
8	– типовые решения по автоматизации основных технологических процессов (гидромеханических, тепловых, теплообменных, химических) химических, нефтехимических и биотехнологических производств;			+
<b>уметь:</b>				
9	– составлять структурные параметрические модели ХТП и ХТС;	+		+
10	– классифицировать технологические параметры объекта управления;	+		+
11	– синтезировать принципиальные схемы управления ХТП и ХТС;	+		+
12	– выбирать средства КИП и А (датчики, измерительные приборы, исполнительные устройства, регуляторы, контроллеры, модули ввода-вывода);	+		+
13	– находить параметры настройки цифровых регуляторов;		+	
14	– использовать программное обеспечение для настройки цифровых регуляторов и программирования контроллеров;		+	
15	– оценивать эффективность работы систем управления (в том числе СУУТП);		+	+
16	– читать и самостоятельно разрабатывать функциональные схемы автоматизации;	+		+
<b>владеть:</b>				
17	– языками программирования контроллеров и навыками разработки программного обеспечения для управления непрерывными и периодическими процессами;		+	+
18	– базовыми навыками проектирования АСУ ХТП и С.	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>		
19		ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ПК-1.7. Знает основные понятия теории управления технологическими процессами; статические и динамические характеристики объектов и звеньев управления; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; типовые системы автоматического управления в химической промышленности; методы и средства диагностики и контроля основных технологических параметров	+	+	+
20		ПК-1.8. Умеет определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса	+	+	+
21		ПК-1.9. Владеет методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов	+	+	+
22		ПК-5.1. Знает основные этапы анализа и синтеза одно- и многоконтурных систем автоматического регулирования химико-технологических процессов	+	+	+
23	ПК-5. Способен проводить расчеты и выбирать средства автоматизации и управления технологическими процессами и системами в области профессиональной деятельности	ПК-5.2. Умеет составлять базовую схему регулирования химико-технологического процесса с использованием принятых обозначений, использовать современные программно-аппаратные средства автоматизированного управления	+	+	+
24		ПК-5.3. Владеет методами расчета, сравнения и выбора оптимальных схем регулирования технологических процессов с использованием специализированного программного обеспечения.	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерный перечень тем практических занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	1	Функциональные схемы автоматизации	1
2		Технические средства АСУ ТП	1
3		Интерфейсы и протоколы передачи данных в АСУ ТП	1
4		Изучение типового информационно-измерительного канала современной АСУ ТП	1
5	2	Классификация ПО АСУ ТП. Обзор современных SCADA-пакетов	1
6		Рабочий цикл ПЛК. Основные приемы программирования контроллеров в среде CoDeSys.	1
7		Имитационное моделирование объекта управления средствами CoDeSys и отладка управляющих программ	1
8		Способы программной реализации алгоритмов цифровой фильтрации, ПИД- и адаптивного трехпозиционного закона регулирования	1
9		Программная реализация регулятора с прогнозирующей моделью	1
10	3	Типовые схемы управления гидромеханическими процессами	1
11		Типовые схемы управления теплообменными процессами	1
12		Типовые схемы управления процессами выпаривания	1
13		Типовые схемы управления процессами ректификации	1
14		Типовые схемы управления процессами абсорбции	1
15		Типовые схемы управления процессами сушки и экстракции	1
16		Типовые схемы управления химическими процессами (на примере реактора смешения и печи пиролиза)	1

### 6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Автоматизированные системы управления химико-технологическими процессами и системами», а также приобретению навыков разработки программного обеспечения АСУ.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 30 баллов (максимально по 15 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

### Примерный перечень тем лабораторных работ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1.2; 2.2; 2.3	Разработка ПО АСУ аппаратом смешения непрерывного действия с использованием позиционного регулирования	16
2	1.2; 2.2; 2.3	Разработка ПО АСУ аппаратом смешения периодического действия	16
3	1.2; 2.2; 2.3	Разработка ПО АСУ каскадом аппаратов с использованием каскадной схемы регулирования	16
4	1.2; 2.2; 2.3	Разработка ПО АСУ каскадом аппаратов с использованием схемы связанного регулирования	16
5	1.2; 2.2; 2.3	Разработка ПО АСУ электрическим калорифером с использованием ПИД-закона регулирования	16
6	1.2; 2.2; 2.3	Разработка ПО АСУ электрическим калорифером с использованием адаптивного трехпозиционного регулирования	16
7	1.2; 2.2; 2.3	Разработка ПО АСУ климатической камерой с использованием ПИД-закона регулирования	16
8	1.2; 2.2; 2.3	Разработка ПО АСУ климатической камерой с использованием адаптивного трехпозиционного регулирования	16
9	1.2; 2.2; 2.3	Разработка ПО АСУ климатической камерой с использованием программного регулирования	16

### 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие виды:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- изучение основной и дополнительной литературы, источников научно-технической информации по дисциплине, рекламных материалов изготовителей контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации;
- подготовку к сдаче экзамена.

### 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 30 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 30 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

#### 8.1. Примерная тематика курсовой работы

Курсовая работа выполняется в 8 семестре. Темы работы формируются по двум вариантам:

Вариант 1. Разработка функциональной схемы автоматизации и спецификации КИП и А для распределенной АСУ ТП (наименование технологического процесса).

Вариант 2. Разработка программного обеспечения распределенной АСУ ТП (наименование технологического процесса).

*Примеры тем курсовой работы:*

Разработка программного обеспечения распределенной АСУ ТП получения аммиачной селитры.

Разработка функциональной схемы автоматизации и спецификации КИП и А для распределенной АСУ ТП синтеза карбамида.

## 8.2. Контрольные работы

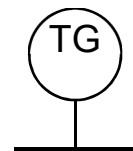
Контрольная работа № 1 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделам № 1, 2.

Контрольная работа № 1 состоит из 3 заданий, каждое оценивается 5 баллами.

*Пример варианта контрольной работы № 1.*

### Вариант 1.

1. Понятие АСУ, АСР, АСУ ТП, АСУП
2. Расшифровать условное обозначение прибора:
3. Изобразить условное обозначение прибора по его описанию: «Прибор для измерения соотношения расходов показывающий, регистрирующий, установленный на щите».



Контрольная работа № 2 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 3.

Контрольная работа № 2 состоит из 2 заданий, первое оценивается 7 баллами, второе – 8 баллами.

*Пример варианта контрольной работы № 2.*

### Вариант 1.

1. Одноконтурная и комбинированная схемы управления процессом нагрева в трубчатом теплообменнике.
2. Комбинированная схема регулирования процесса абсорбции с дополнительным импульсом по расходу исходной смеси.

## 8.3. Оценочные средства по лабораторным работам

Максимальная оценка за лабораторные работы № 1 и № 2 — по 15 баллов. Форму контроля рекомендуется выбирать с учетом темы лабораторной работы и индивидуальных особенностей обучаемого. Такой формой может быть устный опрос, в ходе которого обучаемый отвечает на вопросы из перечня контрольных вопросов (п. 8.3.1).

### 8.3.1. Примерный перечень контрольных вопросов по лабораторным работам

1. Устройство и принцип действия лабораторной установки, что является объектом управления.
2. Перечислить контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации, используемые в работе.
3. Какие алгоритмы первичной обработки информации были использованы в работе?
4. Какие законы регулирования были использованы в работе?
5. Какие схемы АСР были использованы в работе?
6. Какие методы расчета АСР были использованы в работе?
7. Назначение элементов разработанной управляющей программы.
8. Назначение элементов разработанной визуализации.

## 8.4. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен)

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит три вопроса. 1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 20 баллов.

1. Иерархическая структура АСУ

2. Функции АСУ ТП
3. Обеспечивающие системы АСУ ТП
4. Стадии и этапы проектирования АСУ ТП
5. Структура современных АСУ ТП
6. Программируемый логический контроллер (ПЛК), отличия от ИРТ. Входы и выходы
- ПЛК
- ИРТ
7. Измеритель-регулятор технологический (ИРТ), отличия от ПЛК. Входы и выходы
8. Передача информации в АСУ ТП. Аналоговые и цифровые сигналы. Стандартные электрические и пневматические сигналы
9. Передача информации в АСУ ТП. Последовательный интерфейс RS-485
10. Передача информации в АСУ ТП. Протокол HART
11. Передача информации в АСУ ТП. Протокол Modbus
12. Информационно-измерительный канал (ИИК), его структура и предназначение. Преобразование сигналов в ИИК
13. Преобразование аналоговых сигналов в дискретную форму: квантование по времени
14. Теорема Котельникова. Выбор такта квантования по времени
15. Преобразование аналоговых сигналов в дискретную форму: квантование по уровню
16. Кодирование измерительной информации, дерево кодирования
17. Преобразователи аналоговых и цифровых сигналов (АЦП и ЦАП)
18. SCADA-пакеты и системы
19. Технология OPC (OPC DA, OPC UA)
20. Компьютерные тренажеры операторов АСУ ТП
21. Рабочий цикл ПЛК
22. Компоненты организации программ (POU) CoDeSys
23. Простые типы данных CoDeSys
24. Операторы языка FBD
25. Алгоритм определения оценки измеряемой величины по показанию датчика
26. Аналоговая фильтрация сигналов
27. Фильтрация сигналов. Алгоритм экспоненциальной фильтрации
28. Фильтрация сигналов. Алгоритм фильтра скользящего среднего
29. Двухпозиционные регуляторы с «полным» и «неполным притоком», их статические характеристики, алгоритмы регулирования
30. Двухпозиционный регулятор с гистерезисом, алгоритм регулирования
31. Трехпозиционный регулятор, его настройка и статическая характеристика, алгоритм регулирования
32. Импульсное регулирование. Широтно-импульсная модуляция
33. Цифровой ПИД-регулятор: алгоритм позиции
34. Цифровой ПИД-регулятор: алгоритм приращений
35. Адаптивное управление, классификация адаптивных регуляторов
36. Адаптивный трехпозиционный регулятор с адаптацией средней позиции
37. Системы усовершенствованного управления: понятие, место в иерархии АСУ предприятия, принципы разработки.
38. Регулятор с прогнозирующей моделью.
39. Понятие виртуального анализатора. Применение виртуальных анализаторов в СУ-УТП.
40. Управление перемещением полупродуктов и продуктов между технологическими аппаратами
41. Управление теплообменными процессами в поверхностных теплообменниках
42. Управление процессами выпаривания
43. Управление процессом ректификации при небольших возмущениях
44. Управление процессом ректификации: регулирование состава дистиллята
45. Управление процессом ректификации: регулирование состава кубового продукта
46. Способы регулирования давления в ректификационных колоннах



47. Одноконтурные и комбинированные схемы управления процессом одноступенчатой абсорбции
48. Схемы управления процессом двухступенчатой абсорбции (в одном аппарате и в двух последовательно соединенных аппаратах)
49. Управление процессом «абсорбция-десорбция» на примере очистки газа от сероводорода
50. Управление процессом экстракции
51. Одноконтурная и каскадная АСР барабанной сушилки
52. Управление процессом сушки в распылительной сушилке
53. Управление процессом сушки в сушилке «кипящего слоя»
54. Управление жидкофазными одноемкостными реакторами смешения
55. Управление газофазным реактором на примере контактного аппарата серноокислотного производства
56. Управление печами пиролиза

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

### 8.5. Структура и пример билета для экзамена

Экзамен по дисциплине «Автоматизированные системы управления химико-технологическими процессами и системами» проводится в 8 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из трех вопросов.

Пример билета для экзамена:

<p>«Утверждаю» Зав. каф. КХТП (Должность, название кафедры)</p> <p style="text-align: right;">Глебов М.Б. (Подпись) (Фамилия И. О.)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<p>Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</p> <p>Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</p>
---	--

#### Билет № 1

- 1 (10 баллов). Иерархическая структура АСУ
- 2 (10 баллов). Алгоритм определения оценки измеряемой величины по показанию датчика
- 3 (20 баллов). Управление печами пиролиза

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Дубровский И.И., Лукьянов В.Л. Проектирование автоматизированных систем управления химико-технологическими процессами и системами. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2015. 212 с.
2. Лукьянов В. Л. Управление технологическими объектами с использованием программируемых логических контроллеров и SCADA-систем. Лабораторный практикум: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2021. – 156 с.

Б) Дополнительная литература:

1. Дудников Е.Г. Автоматическое управление в химической промышленности. – М.: Химия, 1987. – 368 с.
2. Программирование логических контроллеров в среде CoDeSys: учеб. пособие/ И. И. Дубровский, В. Л. Лукьянов, А. М. Шеховцова. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. 143 с.
3. Теория и практика применения позиционных законов регулирования в химической

технологии / И. И. Дубровский, В. Л. Лукьянов, В. З. Магергут.– М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. 260 с.

4. Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности/ СПб.: Химия, 1985. - 352 с.

5. Микропроцессорные системы управления: учеб. пособие/ В. П. Плютто, И. И. Дубровский, В. Л. Лукьянов.– М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2008. 196 с.

6. Типовые решения по автоматизации технологических процессов в химической промышленности / В. П. Плютто, И. И. Дубровский, В. Л. Лукьянов.– М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2008. 128 с.

7. ГОСТ 34.601-90. ЕСС АСУ. «Автоматизированные системы. Стадии создания».

8. ГОСТ 24.104-85. «Информационная технология. Автоматизированные системы управления. Общие требования».

9. ГОСТ 21.208-2013. «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

10. ГОСТ 21.408-93. Межгосударственный стандарт. «Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов»

## **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

- Журнал «Автоматизация в промышленности». ISSN: 1819-5962.
- Журнал «СТА» («Современные технологии автоматизации»). ISSN: 0206-975X.
- Journal of Process Control. ISSN: 0959-1524.
- Журнал «Computers and Chemical Engineering». ISSN: 0098-1354.
- Журнал «IEEE CONTROL SYSTEMS MAGAZINE». ISSN: 0272-1708.
- Журнал «IEEJ Journal of Industry Applications». ISSN: 2187-1094.
- Рекламные материалы ведущих производителей контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации.

## **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 16, (общее число слайдов – 319);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 100);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 56).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Лаборатория, включающая лабораторные установки, оснащенные программируемыми логическими контроллерами и персональными компьютерами.

### 11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим и лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; инновационный учебно-методический комплекс по проблемам химической безопасности и биологической безопасности; специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения, используемые при проведении научных исследований бакалаврами и при изучении соответствующих разделов дисциплины.

### 11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	10	Бессрочно
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	10	Бессрочно

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Введение в АСУ и основы проектирования. Техническое обеспечение АСУ ТП	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- структуру и функции АСУ ТП;</li> <li>- технические средства современных АСУ ТП;</li> <li>- алгоритмы сбора и обработки информации, расчета технико-экономических показателей;</li> <li>- алгоритмы управления;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составлять структурные параметрические модели ХТП и ХТС;</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу</p> <p>Оценка за лабораторные работы</p> <p>Оценка за курсовую работу</p> <p>Оценка за экзамен</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- классифицировать технологические параметры объекта управления;</li> <li>- синтезировать принципиальные схемы управления ХТП и ХТС;</li> <li>- выбирать средства КИП и А (датчики, измерительные приборы, исполнительные устройства, регуляторы, контроллеры, модули ввода-вывода);</li> <li>- читать и самостоятельно разрабатывать функциональные схемы автоматизации;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- базовыми навыками проектирования АСУ ХТП и С.</li> </ul>	
<b>Раздел 2.</b> Программное и математическое обеспечение АСУ ТП	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификацию систем автоматического управления, их основные элементы и принципы построения;</li> <li>- основные законы управления;</li> <li>- основы теории управления с предсказанием;</li> <li>- принципы разработки систем усовершенствованного управления (СУУТП).</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- находить параметры настройки цифровых регуляторов;</li> <li>- использовать программное обеспечение для настройки цифровых регуляторов и программирования контроллеров;</li> <li>- оценивать эффективность работы систем управления (в том числе СУУТП).</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- языками программирования контроллеров и навыками разработки программного обеспечения для управления непрерывными и периодическими процессами.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу</p> <p>Оценка за лабораторные работы</p> <p>Оценка за курсовую работу</p> <p>Оценка за экзамен</p>
<b>Раздел 3.</b> Типовые АСУ в химической промышленности	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификацию систем автоматического управления, их основные элементы и принципы построения.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- синтезировать принципиальные схемы управления ХТП и ХТС;</li> <li>- читать и самостоятельно разрабатывать функциональные схемы автоматизации;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- базовыми навыками проектирования АСУ ХТП и С.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу</p> <p>Оценка за курсовую работу</p> <p>Оценка за экзамен</p>

### 13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_, протокол № \_\_, введенным в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_ № \_\_;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Вычислительный эксперимент в задачах химической технологии»  
(Б1.В.ДВ.01.01)**

**Направление подготовки – 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки – «Основные процессы химических производств и  
химическая кибернетика»**

**Квалификация «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
« 25 » \_\_\_\_\_ мая \_\_\_\_\_ 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022**

Программа составлена к.т.н., доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов В.А. Налетовым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«26» апреля 2022 г., протокол № 7.

---

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, программа бакалавриата «**Основные процессы химических производств и химическая кибернетика**» рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины **кафедрой кибернетики химико-технологических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «**Вычислительный эксперимент в задачах химической технологии**» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана, дисциплины по выбору 1 (ДВ.1). Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области информатики, математики, вычислительной математики, общей химической технологии.

**Цель дисциплины** – изучить методы и приёмы проведения вычислительного эксперимента на математических моделях некоторых объектов химической технологии.

### **Задачи дисциплины:**

- изучение особенностей объектов вычислительных экспериментов, множеств варьируемых параметров, математического описания топологии системы, общего алгоритма проведения вычислительного эксперимента;
- изучение методов и алгоритмов математического моделирования типовых процессов на примере ректификации и теплообмена;
- изучение методов оценки результатов вычислительных экспериментов на основе энергетического подхода;
- изучение особенностей математического моделирования процессов и систем в программной среде ChemCad;

Дисциплина «**Вычислительный эксперимент в задачах химической технологии**» преподается в 5 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**



### Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки
			ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция
			ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих	А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок.

			процессов	(уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий	ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/01.5. Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований (уровень квалификации – 5).  А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления

				результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
--	--	--	--	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- подходы к методам математического моделирования различных объектов химической технологии;
- основные алгоритмы и методы численного решения математических и химико-технологических задач в стационарном состоянии и в детерминированной постановке;
- основные приёмы работы в визуальной среде Borland Delphi операционной системы Microsoft Windows;

*Уметь:*

- формулировать расчётные задачи вычислительного эксперимента в области химической технологии;
- использовать численные методы для решения таких задач;

*Владеть:*

- методами численного эксперимента и решения задач в области химической технологии.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,3</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	-	-	-
Лекции	0,4	16	12
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	32	24
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,7</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа ( <i>АттК из УП для зач / зач с оц.</i> )	1,7	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины ( <i>или другие виды самостоятельной работы</i> )		59,8	44,85
<b>Вид контроля:</b>			
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-
Подготовка к экзамену.		-	-
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.	Введение. Вычислительный эксперимент и математическое моделирование. Цель и основные задачи	8	-	4	-	-	-	0	-	4
2.	Раздел 1. Разработка математических моделей расчета кожухотрубчатых теплообменных аппаратов без изменения агрегатного состояния сред.	22	-	4	-	-	-	12	-	6
3.	Раздел 2. Математическое моделирование теплообмена с изменением агрегатного состояния фаз.	32	-	4	-	-	-	8	-	20
4.	Раздел 3. Основы математического моделирования процессов тепло- и массопередачи в ректификационных колоннах	46	-	4	-	-	-	12	-	30
	<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>60</b>

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### **Введение. Вычислительный эксперимент и математическое моделирование. Цель и основные задачи.**

Преимущества вычислительного эксперимента и математического моделирования в сравнении с натурным экспериментом. Причины, по которым применяют вычислительный эксперимент. Методы познания мира и моделирование. Преимущества и недостатки вычислительного эксперимента.

### **Раздел 1. Разработка математических моделей расчета кожухотрубчатых теплообменных аппаратов без изменения агрегатного состояния сред.**

Общие сведения. Определение поверхности теплообмена. Различные схемы взаимного тока теплоносителей.

Поверочный и проектный расчёт. Определение теплопередающей поверхности. Учёт направления потоков. Учёт изменения температуры потоков и стенки и как следствие изменение свойств, участвующих в теплообмене сред.

Проведение численных экспериментов на разработанных программах с использованием изученных моделей.

Гидравлический расчёт теплообменных аппаратов в однофазных и двухфазных средах.

Математическое моделирование теплообмена в однофазных и двухфазных средах. Уравнение Навье-Стокса. Режимы течения. Расчёт гидравлического сопротивления однофазных и двухфазных потоков с учётом различных эффектов.

Математическое моделирование теплообмена в однофазных средах. Проведение численных экспериментов на разработанных программах с использованием изученных моделей.

### **Раздел 2. Математическое моделирование теплообмена с изменением агрегатного состояния фаз.**

Процессы кипения и конденсации. Термодинамические основы процессов.

Математическое моделирование теплообмена при конденсации чистых паров и парогазовых смесей.

Различные типы конденсации пара из объёма и на поверхности. Учет режимов течения плёнки конденсата. Влияние различных факторов на режимы течения плёнки конденсата. Методы расчёта конденсаторов парогазовых смесей.

Проведение численных экспериментов на разработанных программах с использованием изученных моделей.

Математическое моделирование теплообмена при кипении.

Проведение численных экспериментов на разработанных программах с использованием изученных моделей. Режимы кипения. Кипение в объёме и на поверхности, в каналах при организованном движении жидкости.

### **Раздел 3. Основы математического моделирования процессов тепло- и массопередачи в ректификационных колоннах.**

Общие сведения и основные понятия ректификации. Подходы к описанию процессов ректификации. Различные методы расчёта.

Упрощенные математические модели для расчета процесса ректификации в простых колоннах.

Составление материального – покомпонентного, теплового баланса. Концепции: теоретической ступени разделения, равновесной тарелки, к.п.д. тарелки и колонны. Упрощенный расчёт ректификационной колонны. Соотношения Фенске и Андервуда.

Разработка программы расчета ректификационной колонны методом независимого определения концентраций с переменными потоками жидкости и пара по высоте колонны. Совместное решение уравнений покомпонентного материального и теплового балансов и паро-жидкостного равновесия (методика Тиле–Геддеса). Обеспечение и ускорение сходимости методом  $\theta$ -коррекции. Проведение численных экспериментов на

разработанных программах с использованием изученных моделей. Подходы к учёту неидеальности жидкой и паровой фаз.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
<b>Знать: (перечень из п.2)</b>					
1	– подходы к методам математического моделирования различных объектов химической технологии	+	+	+	
2	– основные алгоритмы и методы численного решения математических и химико-технологических задач в стационарном состоянии и в детерминированной постановке	+	+	+	
3	– основные приёмы работы в визуальной среде Borland Delphi операционной системы Microsoft Windows	+	+	+	
<b>Уметь: (перечень из п.2)</b>					
4	– формулировать расчётные задачи вычислительного эксперимента в области химической технологии	+	+	+	
5	– использовать численные методы для решения таких задач	+	+	+	
<b>Владеть: (перечень из п.2)</b>					
6	– методами численного эксперимента и решения задач в области химической технологии	+	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <b><u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u></b>					
11	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения	– ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей энергоресурсоэффективности и рационального использования ресурсов в своей профессиональной деятельности	+	+	+
12		– ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	+	+	+
		– ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности	+	+	+



13	ПК-4. Способен решать исследовательские задачи в области профессиональной деятельности методом математического моделирования	– ПК-4.3 Владеет приемами применения метода математического моделирования для исследования отдельных технологических процессов и систем, в том числе с использованием специализированных компьютерных программных средств	+	+	+
----	--	---	---	---	---

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине не предусмотрены.

### 6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Вычислительный эксперимент в задачах химической технологии», а также способствует наработке практических навыков применения методов вычислительной математики для моделирования основных процессов химической технологии.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 70 баллов (максимально по 14 баллов за каждую работу, по 8 баллов за выполнение каждой работы и 6 за защиту каждой работы). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела Дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Разработка математической модели теплообмена с фазовым и без фазового переходов и проведение численных экспериментов по расчету модели с применением разработанной программы.	4
2	2	Разработка математической модели реактора по упрощенному кинетическому описанию и проведение численных экспериментов по расчету режимов работы реактора по разработанной программе.	8
3	2	Математическое моделирование химико-технологических систем в программной среде ChemCad.	4
4	2	Численный эксперимент по расчету эксергетического баланса ХТС.	4
5	3	Разработка математической модели колонны ректификации и проведение численных экспериментов по расчету режимов работы колонны по разработанной программе.	12

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов,
- регулярную проработку пройденного на лекциях и лабораторных занятиях учебного материала;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- подготовку к лабораторным занятиям;
- доработку расчётных модулей, разрабатываемых на лабораторных занятиях;

- подготовку к сдаче лабораторных работ;
- составление отчётов по лабораторным работам;
- подготовку к сдаче зачёта.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольной работы (максимальная оценка 30 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 70 баллов).

### **8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины**

Для текущего контроля предусмотрена контрольная работа. Максимальная оценка за контрольную работу составляет 30 баллов.

**Примеры вопросов к контрольной работе № 1.** Контрольная работа № 1 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по всем разделам дисциплины. Контрольная работа содержит три вопроса, по 10 баллов за вопрос.

1. Цель вычислительного эксперимента. Основные задачи вычислительного эксперимента. (максимальная оценка – 10 баллов).
2. Определение ректификации. Материальный и тепловой баланс – общий для колонны, баланс по тарелкам (стадиям) колонны. (максимальная оценка – 10 баллов).
3. Какова основная структура программы CHEMCAD? Какие основные уравнения используются при расчетах? (максимальная оценка – 10 баллов).

### **8.2. Темы и примеры заданий для лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины**

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в компьютерном классе. Для численной реализации заданий лабораторных работ подходит язык Delphi, коммерческий пакет ChemCad (доступен в классе ХемКад университета) и EXCEL. Программой дисциплины предусмотрено 5 заданий для лабораторных работ, имеющих сквозную нумерацию. Максимальная оценка за выполнение каждого из заданий № 1–5 составляет **14 баллов**. Максимальная оценка за выполнение всех 5 заданий составляет **70 баллов**. Количество заданий и баллов за каждое задание может быть изменено в зависимости от их трудоёмкости.

Задания № 1, 2, 5 соответствуют тематике разделов 1, 2 и 3 соответственно и посвящены отработке навыков численного расчета уравнений и систем уравнений, навыков организации модуля в EXCEL при расчёте математических моделей ХТП.

Задания № 3, 4 соответствуют тематике раздела 2 и посвящены отработке навыков расчета теплообменных процессов в рамках технологических схем в программе

ChemCAD, навыков создания в ChemCAD пользовательских функций, навыков расчета критериев эффективности системы и анализа результатов расчета.

Задания № 1–5 выполняются каждым студентом в соответствии с индивидуальным вариантом.

**Задание №1.** Максимальная оценка за выполнение – 14 баллов.

Тема: «**Разработка математической модели теплообмена с фазовым и без фазового переходов и проведение численных экспериментов по расчету модели с применением разработанной программы**».

**Вариант 1**

Дано:

В данной постановке задачи расчет дефлегматора и кипятильника ректификационной колонны, параметры которой рассчитываются в лабораторной работе №5, производят по методике проектного расчета по упрощенным математическим моделям процессов со стационарными параметрами.

В качестве нагревающего агента обычно используется технологический пар заданного давления, который конденсируется в теплообменнике, отдавая тепло потоку. В качестве охлаждающего агента обычно используется холодная вода заданной температуры.

Исходные данные:

Нагрузки на дефлегматор и кипятильник получены при выполнении лабораторной работы №1.

Таблица 1 – исходные данные для вычислительного эксперимента

Греющий агент	Водяной пар
Давление пара, бар	3
Температура насыщения пара $T_{\text{п}}$ при давлении 3 бар, К	406,7
Холодильный агент	Вода
Входная температура хладагента, °С	25
Выходная температура хладагента, °С	50

Требуется выполнить:

На основе исходных данных:

- 1) Определить расходы охлаждающего и нагревающего агентов для осуществления процесса ректификации;
- 2) Определить долю пара смеси метанол-вода на выходе из кипятильника;
- 3) Сделать выводы по работе.

**Задание №2.** Максимальная оценка за выполнение – 14 баллов.

Тема: «**Разработка математической модели реактора по упрощенному кинетическому описанию и проведение численных экспериментов по расчету режимов работы реактора по разработанной программе**».

**Вариант 1**

Дано:

Рассматривается процесс пылеугольной газификации по методу Копперс – Тотцек, протекающий при атмосферном давлении. Процесс является в данном случае первым технологическим звеном в производстве метанола и высших спиртов. Газифицирующими агентами в процессе Копперс – Тотцек являются кислород и водяной пар. В качестве сырья использовался подсушенный на стадии подготовки до пятипроцентной остаточной влажности бурый уголь Бородинского месторождения.

Исходные данные:

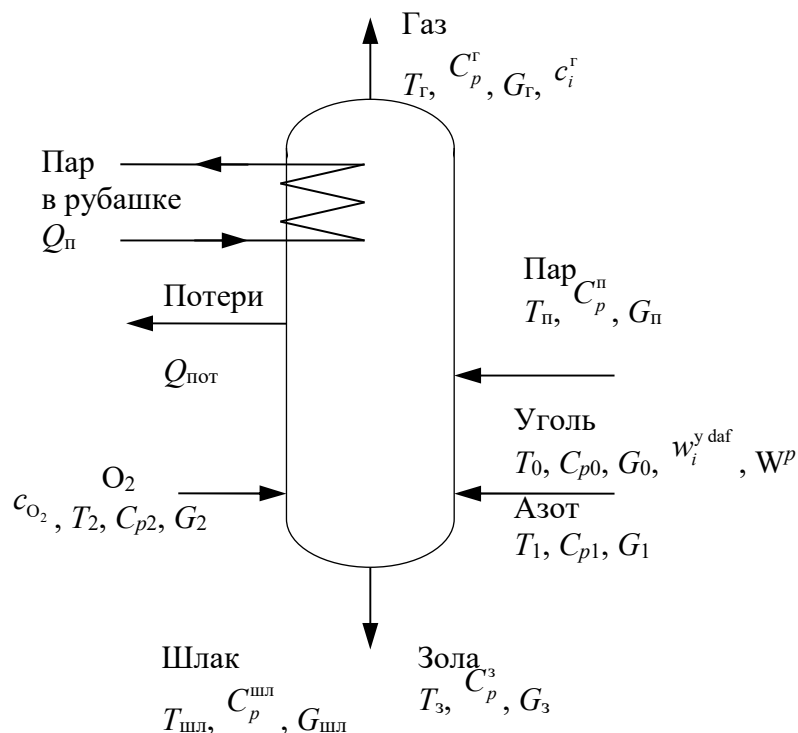
Таблица 2 – Исходные данные для расчета процесса

Уголь		Поток кислорода O <sub>2</sub>	
$T_0, \text{К}$	293	$T_2, \text{К}$	423
$G_0, \text{кг/ч}$	1000	$G_2, \text{кг/ч}$	655
$W^p, \%$	5	$c_{\text{O}_2}, \text{мол. \%}$	98
Элементный состав угля $w_i^y, \text{мас. \% daf}$		$c_{\text{N}_2}, \text{мол. \%}$	2
С	75	Азот (пневмотранспорт)	
О	20	$T_1, \text{К}$	293
Н	4	$G_1, \text{кг/ч}$	100
Н	1	Пар	
Шлак $G_{\text{шл}}, \text{кг/ч}$	76	$T_{\text{п}}, \text{К}$	473
Зола $G_3, \text{кг/ч}$	19	$G_{\text{п}}, \text{кг/ч}$	100

Требуется выполнить:

На основе исходных данных:

- 1) Определить расход и состав синтез-газа и температуру в зоне газификации;
- 2) Сделать выводы по работе.



**Задание №3.** Максимальная оценка за выполнение – 14 баллов.

Тема: «Математическое моделирование химико-технологических систем в программной среде ChemCad».

**Вариант 1**

**Дано:** система, состоящая из циклов Брайтона и Ренкина.

**Исходные данные:**

Таблица 3 – Исходные данные для расчета системы

	Топливо	Воздух	Вода	Рабочее тело	Вода на орошение	Вода на охлаждение
Температура, К	298	298	298	-	278	278
Давление, atm	1	1	2	30	1	5
Доля пара (Vapor fraction)	-	-	-	0	-	-
Массовый расход (Mass rate), кг/ч (kg/hr)	230	13800	1	1	10000	1
Состав, мольные доли (mole frac) или массовые доли (weight frac)	Масс.	Мольн.	Масс.	Масс.	Масс.	Масс.
Метан (Methane)	0.656	0	0	0	0	0
Этан (Ethane)	0.0756	0	0	0	0	0
Пропан (Propane)	0.134	0	0	0	0	0
Изобутан (I-Butane)	0.0723	0	0	0	0	0
Н-бутан (N-Butane)	0.0434	0	0	0	0	0
Азот (Nitrogen)	0.014	0.776 3	0	0	0	0
Диоксид углерода (Carbon Dioxide)	0.003	0.000 4	0	0	0	0
Кислород (Oxygen)	0	0.208 2	0	0	0	0
Вода (Water)	0	0.015 1	1	0	1	1
Неопентан (Neopentane)	0	0	0	1	0	0

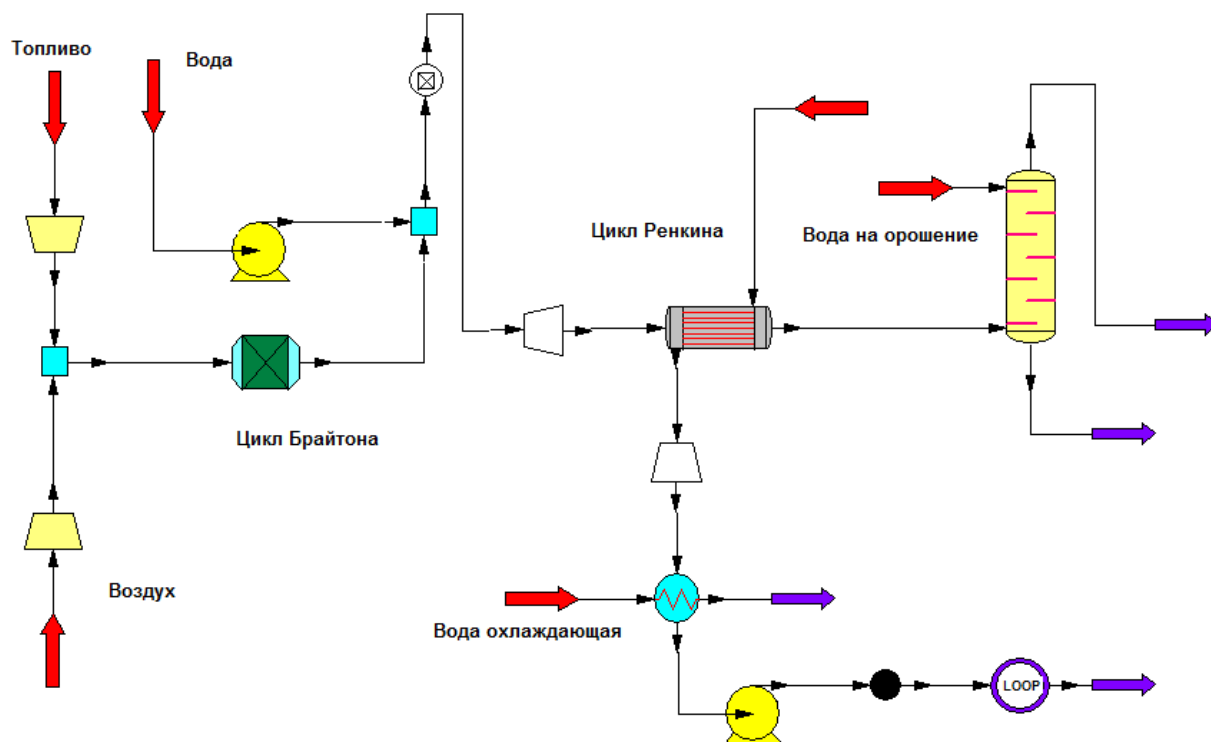


Таблица 4 – Параметры оборудования для расчета

Компрессор топлива	Давление на выходе (Pressure out), атм	30
	Эффективность (Efficiency)	0.82
	Режим (Model type)	Адиабатическое сжатие (Adiabatic compression)
Компрессор воздуха	Давление на выходе (Pressure out), атм	17.6
	Эффективность (Efficiency)	0.8
	Режим (Model type)	Адиабатическое сжатие (Adiabatic compression)
Смеситель потоков топлива и воздуха	Параметры оставить по умолчанию	
Реактор Гиббса (камера сгорания)	Режим (Thermal mode)	Адиабатический (Adiabatic)
	Фаза, в которой происходят реакции (reaction phase)	Паровая или смешанная фаза (Vapor or mixed phase)
	Инертный компонент (Inert Components)	Неопентан (Neopentane)
Насос воды	Давление на выходе (Output pressure), атм	17.6
	Эффективность (Efficiency)	1
Смеситель дымовых газов и воды (подмес воды)	Параметры оставить по умолчанию	

Контроллер	Режим расчета Controller mode	Обратный счет (Feed-backward)
	Менять переменную (Adjust Variable): для потока (Stream) ID 50, полный массовый поток (Total mass rate) в рабочих единицах массы (Units of min/max values: Mole/Mass) от 1 до 5000 кг/ч, пока для потока (Stream) ID 25 Температура (Temperature) не будет равна 1277 К в единицах температуры (Units – Temperature)	
Турбина	Давление на выходе (Pressure out), атм	1
	Эффективность (Efficiency)	0.75
Испаритель- Пароперегреватель цикла Ренкина	Опция расчета (Utility option)	Рассчитать расхода потока рабочего тела (Calculate flow of stream...)
	Температура потока 1	350 К
	Температура потока 2	450 К
Паровая турбина цикла Ренкина	Давление на выходе (Pressure out), атм	1
	Эффективность (Efficiency)	0.75
Конденсатор цикла Ренкина	Опция расчета (Utility option)	Рассчитать расхода потока охлаждающей воды (Calculate flow of stream...)
	Доля пара потока 1	1e-007
	Температура потока 2 (охлаждающая вода)	323 К
Насос цикла Ренкина	Давление на выходе (Output pressure), атм	30
	Эффективность (Efficiency)	1
Модуль для перенесения свойств потоков в цикле Ренкина	Режим (Select mode): От потока к потоку (Reference from stream to stream), Опция расчета (Select option) – перенести все свойства (Transfer all stream properties)	Задать исходный поток (Source Stream) – поток после насоса цикла Ренкина, конечный поток (Destination Stream) – поток рабочего тела.
Цикл вычислений (в цикле Ренкина)	Задать последовательное выполнение цикла аппаратов, входящих в цикл Ренкина, до достижения точности 1e-6 по всем параметрам	
Орошающая колонна	Число стадий	10



	(No. of stages)	
	Тарелка питания для верхнего потока (орошающей воды) (Feed tray for stream 1)	1
	Тарелка питания для нижнего потока (Feed tray for stream 2)	10

Требуется выполнить:

На основе исходных данных:

- 1) Произвести расчет параметров системы в программе CHEMCADc
- 2) Провести анализ схемы;
- 3) Сделать выводы по работе.

**Задание №4.** Максимальная оценка за выполнение – 14 баллов.

Тема: «Численный эксперимент по расчету эксергетического баланса ХТС».

**Вариант 1**

Дано:

Для анализа используется схема, заданная в предшествующей работе. Для расчета используется модуль «Exergy unit» совместно с пакетом CHEMCAD, который предназначен для расчета полной термической эксергии веществ.

Исходные данные:

Расчетные данные, полученные в ходе выполнения лабораторной работы №3.

Требуется выполнить:

На основе данных лабораторной работы №3:

- 1) Используя модуль «Exergy unit» используется совместно с пакетом CHEMCAD рассчитать эксергию входных и выходных потоков системы, суммарный эксергетический КПД системы;
- 2) Выполнить эксергетический анализ каждого аппарата в системе;
- 3) Представить результаты эксергетического анализа в виде графика Грассмана;
- 4) Сделать выводы по работе.

**Задание №5.** Максимальная оценка за выполнение – 14 баллов.

Тема: «Разработка математической модели колонны ректификации и проведение численных экспериментов по расчету режимов работы колонны по разработанной программе».

**Вариант 1.**

Дано:

В качестве объекта вычислительного эксперимента выберем тарельчатую колонну ректификации непрерывного действия.

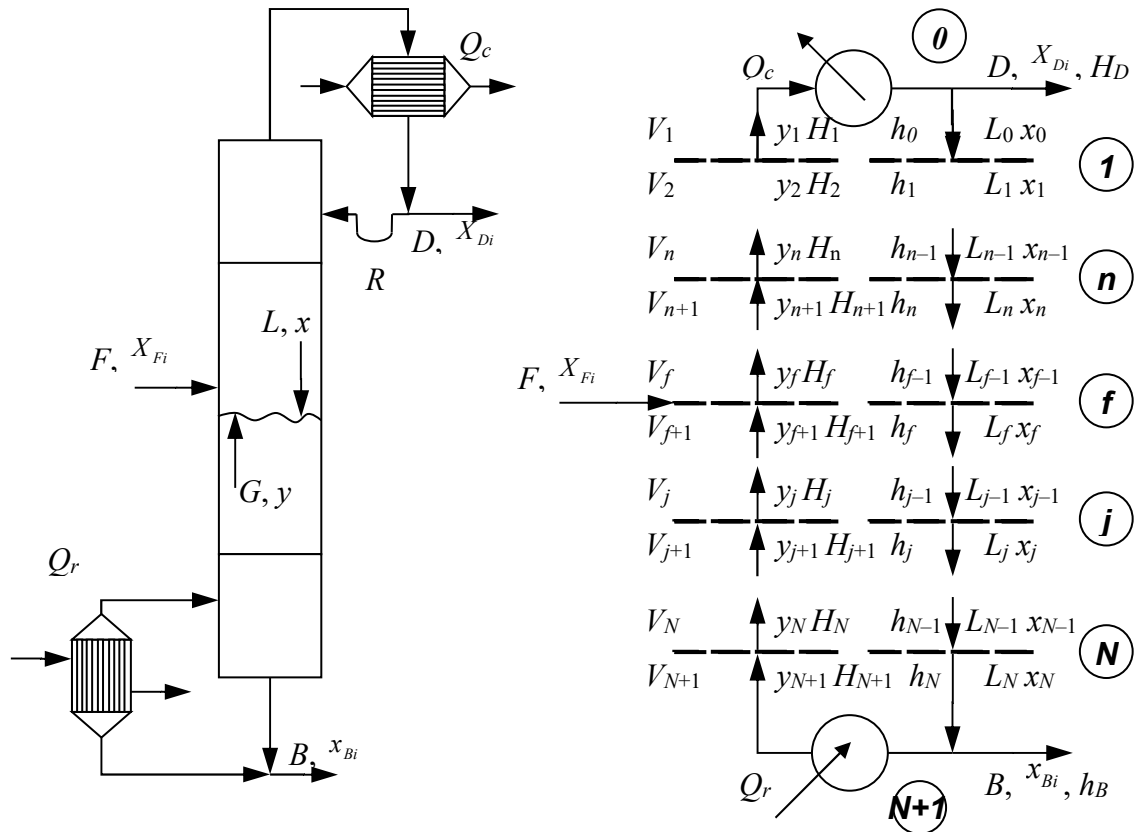
В данной постановке математическая модель колонны предполагает расчет по методике «от тарелки к тарелке».

Принятые допущения:

- эффективность тарелок равна 1 (теоретические тарелки);
- поток питания подается в виде жидкости при температуре кипения;

- дефлегматор – полный (весь пар конденсируется);
- потери теплоты в окружающую среду не рассматриваются.

Выбор тарелки питания  $f$  обычно производится так, чтобы общее число ступеней было минимальным. Когда состав жидкости, стекающей с данной ступени, близок к составу исходной смеси, то данную ступень можно принять за оптимальную тарелку питания  $f$ .



Исходные данные:

Таблица 5 – исходные данные для вычислительного эксперимента

Смесь	метанол-вода
Расход исходной смеси $F$ , кмоль/с	0,01
Содержание метанола в исходной смеси $x_{F1}$ , мольные доли	0,4
Содержание метанола в дистилляте $x_{D1}$ , мольные доли	0,99
Содержание метанола в кубовом остатке $x_{B1}$ , мольные доли	0,01
Флегмовое число $R$	0,9

Требуется выполнить:

На основе исходных данных:

- 1) На основании методики расчета «от тарелки к тарелке» рассчитать материальный и тепловой балансы процесса ректификации, определив расход дистиллята  $D$ , кубового остатка  $B$  и тепловую нагрузки на конденсатор  $Q_c$  и кипятильник  $Q_r$ ;
- 2) Определить число теоретических ступеней контакта  $N$  и положения тарелки питания  $f$ ;
- 3) Сделать выводы по работе.

### 8.3. Отчёты по лабораторным работам для текущего контроля освоения дисциплины

Задания № 1,2,5 для лабораторных работ соответствуют изучению основ построения вычислительного эксперимента. Они выполняются каждым студентом в соответствии с индивидуальным вариантом. Таким образом, каждый студент получает индивидуальный опыт при выполнении этих заданий. Поэтому написание отчётов по заданиям № 1,2,5 не является обязательным; рабочей программой дисциплины не предусмотрено выделение баллов за отчёты к этим заданиям.

По результатам выполнения лабораторных работ № 3,4 составляются отчёты, написание которого предусмотрено в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу.

Составление отчётов по лабораторным работам предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу соответствующих разделов. Максимальная оценка за выполнение каждого отчёта – 8 баллов,

#### **Примерный план отчета по лабораторной работе № 3 (8 баллов)**

Тема: «Математическое моделирование химико-технологических систем в программной среде ChemCad».

1. Цель работы;
2. Описание моделируемой схемы (какой процесс моделирует данный элемент или – в случае вспомогательных элементов LOOP, Controller, Stream reference – для чего используются эти элементы). Пример – «Компрессор топлива (элемент Compressor) используется для сжатия газообразного топлива (природного газа) до давления, достаточного для его подачи в камеру сгорания, которая моделируется в системе реактором Гиббса (Gibbs reactor)...». Написать необходимо своими словами.
3. Основную схему (скриншот из программы CHEMCAD) с указанием идентификационных номеров всех потоков и аппаратов на схеме.
4. Привести информацию об основных потоках в схеме (температура, давление, доля пара, расход, состав): поток воздуха, поток топлива, дымовые газы на выходе из системы, орошающая вода на вводе в колонну и на выходе (выходной поток внизу орошающей колонны), охлаждающая вода на входе и на выходе. Все перечисленные потоки пересекают контрольную поверхность системы.
5. Указать используемое в работе уравнение состояния для расчета газов и газовых смесей (название уравнения и его вид).
6. Для каждого аппарата на схеме (исключая вспомогательные LOOP, Controller, Stream reference) указать:
  - a. Основные используемые уравнения для расчета аппаратов (взять из курса лекций). При этом для каждой переменной необходимо привести обозначение с указанием ИД данного потока на набранной Вами схеме, к примеру: «Т<sub>вх</sub> – температура входного потока, ID 1, задается для расчета аппарата; Т<sub>вых</sub> – температура выходного потока, ID 2, вычисляется при расчете аппарата».
  - b. Количество степеней свободы (количество параметров, которое необходимо задавать). Количество должно соответствовать разности число параметров аппарата и числа уравнений (соответствие не требуется проверять для модуля реактора Гиббса, для которого решается оптимизационная задача, только указать, какие параметры программа вычисляет).
  - c. Основные рассчитанные программой параметры аппаратов. Взять из отчетов, генерируемых программой.

#### **Примерный план отчета по лабораторной работе № 4 (8 баллов)**

Тема: «Эксергетический анализ технологических систем».

1. Цель работы;
2. Перечислить составляющие эксергии, которые не являются транзитными для расчета аппаратов в ХТС.
3. Итоговая таблица для расчета КПД аппаратов и КПД системы.

#### **8.4. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (5 семестр – зачет).**

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

#### **8.5. Структура и примеры билетов для зачета (5 семестр).**

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

### **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **9.1. Рекомендуемая литература**

##### **А. Основная литература**

1. Налетов В.А., Глебов М.Б. Вычислительный эксперимент в задачах химической технологии и нанотехнологии. Учеб. пособие, – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018.–124 с., ISBN 978-5-7237-1593-6.
2. Кознов А.В., Ветохин В. Н., Бояринов А. И., Применение методов вычислительной математики в задачах химической технологии. Лабораторный практикум: учеб. пособие, – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2008. – 48 с., ISBN 978-5-7237-0688-0.
3. Нагаева, И. А. Программирование: Delphi : учебное пособие для вузов / И. А. Нагаева, И. А. Кузнецов ; под редакцией И. А. Нагаевой. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 302 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-07098-9. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/454907>

##### **Б. Дополнительная литература**

1. Процессы и аппараты химической технологии [Текст] : учебник для студ. хим.-технол. спец. вузов / Ю. И. Дытнерский. - М. : Химия. - (Для высшей школы). Ч.2: Массообменные процессы и аппараты. - 1995. - 368 с.
2. Демиденко, Н. Д. Моделирование и оптимизация тепломассообменных процессов в химической технологии [Текст] / Н. Д. Демиденко ; Красноярский вычислительный центр СО АН СССР. - М. : Наука, 1991. - 240 с. : ил. - Библиогр.: с. 228-236.
3. Кознов А.В. Математическое моделирование и расчет химико-технологических процессов и систем с использованием DESIGN-II [Электронный ресурс]: Учебное пособие / А. В. Кознов, 2013. - 91 с.
4. Расчет и анализ термодинамических процессов расширения (сжатия) неидеального газа [Текст]: примеры и задачи: Учебное пособие / сост. Н. З. Хабибова. - М. : РХТУ. Издат. центр, 2005. - 48 с : ил. - Библиогр.: с. 40. - 11.44 р.

#### **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

- Инструкции по технике безопасности в компьютерном классе.

Научно-технические журналы по тематике вычислительного эксперимента:

- Журнал «Вестник Московского университета. Серия 15: Вычислительная математика и кибернетика». ISSN: 0137-0782.
- Журнал «Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика». ISSN: 2305-9052.
- Журнал «Сибирский журнал вычислительной математики». ISSN: 1560-7526.
- Журнал «Успехи в химии и химической технологии». ISSN: 1506-2017.
- Журнал «Applied Numerical Mathematics». ISSN: 0168-9274.
- Журнал «East-West Journal of Numerical Mathematics». ISSN: 0928-0200.
- Журнал «Journal of Numerical Mathematics». ISSN: 1570-2820.
- Журнал «Numerical Linear Algebra with Applications». ISSN: 1070-5325.
- Журнал «Numerical Mathematics: Theory, Methods and Applications». ISSN: 1004-8979.
- Журнал «Numerical Algebra, Control and Optimization». ISSN: 2155-3289.

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- демонстрационные модули для расчёта процессов, математические модели которых рассматриваются в программе дисциплины;
- банк вариантов лабораторных работ – 5;
- банк вариантов контрольных работ – 30;
- предоставленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows 7, Microsoft Office 2010);
- учебное пособие: Налетов В.А., Налетов А.Ю. Основы проектирования технологии топлива и углеродных материалов. Части 1 и 2. Учеб. пособия. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2015. 208 с.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на:

- групповой чат в Skype, индивидуальные чаты в Gmail социальной сети <http://vk.com/>, групповые онлайн-конференции и индивидуальные онлайн-собеседования в Zoom или Skype.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Вычислительный эксперимент в задачах химической технологии*» проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Учебная аудитория для проведения лекций вместимостью не менее 16 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Компьютерный класс, насчитывающий не менее 16 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel) и выходом в Интернет для выполнения лабораторных работ.

Для выполнения лабораторных работ №3 и №4 требуется компьютерный класс, насчитывающий не менее 20 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel, CHEMCAD) и выходом в Интернет для проведения лабораторных занятий.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Учебные пособия по дисциплине.

Электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Демонстрационные расчётные модули по лабораторным работам.

### **11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: учебно-методические разработки в электронном виде; демонстрационные программы; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

#### 11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	10	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 47837477	10	Бессрочно
3	CHEMCAD Steady State + CC-THERM+ CC-BATCH-CC Dynamics	Контракт № 2333, Лицензия на продукт (от 15 декабря 2021 до 14 декабря 2022 года)	20	14.12.2022

#### 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Разработка математических моделей расчета кожухотрубчатых теплообменных аппаратов без изменения агрегатного состояния сред	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– постановку задачи вычислительного эксперимента, критерии энерго-ресурсосбережения, методы графического представления результатов вычисления критериев.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Сформулировать задачу по повышению эффективности системы, выбрать алгоритм решения задачи.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основными методами численного решения уравнений математических моделей процессов.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №1</p> <p>Оценка за лабораторный практикум</p>

<p><b>Раздел 2.</b> Математическое моделирование теплообмена с изменением агрегатного состояния фаз</p>	<p><i>Знает:</i> – методы моделирования теплообменных процессов и химико-технологических систем на основе применения программного продукта ChemCad и представления результатов в Excel.</p> <p><i>Умеет:</i> – программировать задачи по оценке эффективности систем на основе эксергетического КПД.</p> <p><i>Владеет:</i> – навыками анализа полученных результатов.</p>	<p>Оценка за контрольную работу №1 Оценка за лабораторный практикум</p>
<p><b>Раздел 3.</b> Основы математического моделирования процессов тепло- и массопередачи в ректификационных колоннах</p>	<p><i>Знает:</i> – методы математического моделирования реакторов для заданного кинетического описания, колонн ректификации и теплообменных аппаратов.</p> <p><i>Умеет:</i> – строить автоматизированные расчётные модули математических моделей процессов с применением Delphi, производить расчет и анализ полученных результатов.</p> <p><i>Владеет:</i> – навыками выбора и использования методов решения поставленных задач моделирования и расчёта технологических схем.</p>	<p>Оценка за контрольную работу №1 Оценка за лабораторный практикум</p>



### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_, протокол № \_\_, введенным в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_ № \_\_;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины  
«Вычислительный эксперимент в задачах химической технологии»  
основной образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата  
по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в  
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»  
Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»**

Форма обучения: Очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Гетерогенный катализ и каталитические процессы»**

**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы  
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки – «Основные процессы химических производств и  
химическая кибернетика»**

**Квалификация «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022 г.**

Программа составлена: профессором кафедры кибернетики ХТП, д.т.н. Писаренко Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «26» апреля 2022 г., протокол № 7.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Программа составлена** в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика», рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И.Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Гетерогенный катализ и каталитические процессы» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, вычислительной математики, макрокинетики химических процессов, общей и неорганической химии, органической химии.

**Цель дисциплины:** научить студентов понимать физико-химическую сущность фундаментальных основ различных теорий катализа, методологии направленного подбора и приготовления катализаторов, методам определения каталитической активности, методам исследования каталитических процессов и построения их моделей.

### **Задачи дисциплины:**

- ознакомление студентов с основными теориями гетерогенного катализа,
- изучение структуры и физико-химических свойств твердого тела, зонной теории твердого тела, каталитических свойств катализаторов-металлов, катализаторов-полупроводников, катализаторов-диэлектриков,
- изучение научных основ подбора и приготовления катализаторов, методик исследования каталитических реакций, методов построения моделей каталитических процессов,
- изучение основных крупнотоннажных каталитических процессов, используемых в промышленности катализаторов и их основных характеристик.

Дисциплина «Гетерогенный катализ и каталитические процессы» в соответствии с учебным планом подготовки бакалавра в 8-м семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Разработка и реализация проектов	УК-2 – Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.3 – Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	<p>ПК-1.5. Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для данного процесса; определить параметры оптимальной организации процесса в химическом реакторе; рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта; оценивать технологическую эффективность химико-технологического процесса</p> <p>ПК-1.6. Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах; методикой выбора реактора и расчета процесса в нем; основами анализа и синтеза химико-технологических систем; методикой расчета материально-тепловых балансов; методами расчета основных технико-экономических показателей химического производства.</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>

<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий</p>	<p>ПК-4.1. Знает методы сбора, анализа и систематизации экспериментальных данных, обобщения научно-технической информации в области профессиональной деятельности с использованием информационных компьютерных технологий</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки</p> <p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н,</p> <p>Обобщенная трудовая функция</p> <p>А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/01.5. Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований (уровень квалификации – 5).</p> <p>А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- основные положения теорий гетерогенного катализа,
- закономерности протекания каталитических и адсорбционных процессов в системах газ-твердое, жидкость-твердое,
  - методы построения кинетических моделей каталитических реакций, моделей адсорбционных процессов на гетерогенных катализаторах,
  - методы решения уравнений кинетики каталитических реакций и моделей динамики адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов, уравнений кинетики дезактивации гетерогенных катализаторов,
  - методы построения и решения уравнений модели зерна катализатора и расчета факторов эффективности его работы,
  - научные основы подбора и приготовления катализаторов,
  - методы измерения каталитической активности,
  - физико-химические свойства катализаторов-металлов, катализаторов-полупроводников и катализаторов-диэлектриков и природу их каталитической активности,
  - основные крупнотоннажные производства и промышленные катализаторы переработки нефти и газа.

*Уметь:*

- определять физико-химические свойства гетерогенных катализаторов и основные характеристики их активной поверхности,
- определять каталитическую активность гетерогенных катализаторов,
- осуществлять направленный подбор катализаторов для проведения конкретных каталитических реакций,
  - определять тип математической модели поровой структуры зерна катализатора, тип динамических моделей адсорбции и изотерм адсорбции,
  - решать уравнения кинетики каталитических реакций и модели динамики адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов,
  - численно решать уравнения модели зерна катализатора,
  - оценивать константы скоростей адсорбции, константы адсорбционно-десорбционного равновесия, коэффициенты диффузии, коэффициенты массоотдачи для реагентов,
  - объяснять физико-химическую сущность каталитического действия катализаторов - металлов, катализаторов-полупроводников, катализаторов-диэлектриков.

*Владеть:*

- методами определения каталитической активности,
- методами направленного подбора и приготовления катализаторов,
- основами теории каталитического действия катализаторов - металлов, катализаторов-полупроводников, катализаторов-диэлектриков,
  - методами построения кинетических моделей, моделей зерна катализатора и моделей адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов,
  - методами решения уравнений кинетических моделей, моделей зерна катализатора, моделей процессов адсорбции на гетерогенных катализаторах и определения их параметров,
  - основами стратегии анализа, исследования и моделирования основных крупнотоннажных процессов в области переработки нефти и газа.



### 3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,7</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Лекции	0,4	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,9	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	0,4	16	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,3</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Контактная самостоятельная работа	2,3	79,6	59,7
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		0,4	0,3
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1 семестр						
	<b>Введение</b> Общие сведения о катализе и катализаторах. История развития катализа. Физико-химическая сущность катализа. Активность, селективность и стабильность эксплуатации катализаторов. Нестационарный катализ и его роль в промышленности.	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	-	-	-
1	<b>Раздел 1. Физическая и химическая адсорбция. Адсорбция на энергетически однородных и неоднородных поверхностях катализатора.</b>	<b>37</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>20</b>
1.1.	Физическая и химическая адсорбция. Адсорбция на энергетически однородной поверхности.	9	1	5	1	2
1.2.	Адсорбция на энергетически неоднородной поверхности. Адсорбция с учетом отталкивания частиц в адсорбционном слое.	17	1	5	3	8
1.3.	Теория граничного слоя. Образование заряженного адсорбционного слоя на полупроводниках различного типа.	11	1	-	-	10
2	<b>Раздел 2. Теории катализа, кинетика многостадийных каталитических реакций.</b>	<b>38</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>20</b>

2.1.	Теории катализа – промежуточных соединений, пересыщения Рогинского, абсолютных скоростей реакций Эйринга, мультиплетная теория катализа Баландина, каталитически активных ансамблей Кобозева, формирования каталитически активной поверхности под воздействием реакционной среды Борескова.	8	1	1	1	5
2.2.	Кинетика сложных каталитических реакций. Промежуточные соединения в гетерогенном катализе. Экспериментальные методы изучения хемосорбционного слоя.	12	2	4	1	5
2.3.	Численные решения уравнений кинетики каталитических реакций и моделей динамики адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов, уравнений кинетики дезактивации катализаторов.	18	1	5	2	10
3	<b>Раздел 3. Промышленные катализаторы, их тип, способы приготовления, области применения, методы моделирования.</b>	<b>40</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>20</b>
3.1.	Методы приготовления катализаторов. Активация и дезактивация катализаторов. Методы измерения каталитической активности. Методы выявления доминирующих эффектов факторов, определяющих активность катализатора и используемые при его направленном подборе. Ранжирование катализаторов по каталитической активности с использованием статистики $T^2$ -Хотеллинга.	20	3	5	2	10
3.2.	Основные типы катализаторов: катализаторы-металлы, катализаторы-полупроводники, катализаторы-диэлектрики.	9	1	2	1	5
3.3.	Гетерогенные промышленные катализаторы: теория и методы моделирования. Численные методы решения уравнений моделей зерна катализатора (конечно-разностные и коллокационные). Оценка векторных величин факторов эффективности работы зерна промышленных катализаторов для многомаршрутных реакций и сложных фракционных составов сырьевой смеси.	11	2	3	1	5

4	<b>Раздел 4. Гетерогенно-каталитические процессы.</b>	<b>28</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>20</b>
4.1.	Катализ в переработке природного газа.	14	1	1	2	10
4.2.	Катализ в переработке нефти и газоконденсата.	14	1	1	2	10
	<b>Заключение.</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	
	<b>Всего</b>	<b>144</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>80</b>

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### Введение

Общие сведения о катализе и катализаторах. История развития катализа. Физико-химическая сущность катализа. Активность, селективность и стабильность эксплуатации катализаторов. Нестационарный катализ и его роль в промышленности. Промышленные способы производства катализаторов. Становление каталитической индустрии. Роль катализа и катализаторов при организации новых производств и интенсификации действующих.

### Раздел 1. Физическая и химическая адсорбция. Адсорбция на энергетически однородных и неоднородных поверхностях катализатора.

1.1. Физическая и химическая адсорбция. Адсорбция на энергетически однородной поверхности.

Определение физической и химической адсорбции. Идеальный адсорбированный слой. Подвижность адсорбированного слоя. Двумерное уравнение состояния для адсорбированных частиц. Термодинамика адсорбции. Кинетика адсорбционных процессов в идеальном адсорбированном слое. Основные уравнения скорости адсорбционно-десорбционных процессов. Уравнение адсорбции Лэнгмюра для мономолекулярной адсорбции. Полимолекулярная адсорбция, уравнение БЭТ. Экспериментальные методы определения удельной поверхности катализаторов.

1.2. Адсорбция на энергетически неоднородной поверхности. Адсорбция с учетом отталкивания частиц в адсорбированном слое.

Реальный адсорбированный слой. Основные характеристики реального адсорбированного слоя – энергетическая неоднородность поверхности твердого тела, взаимодействие адсорбированных частиц, изменение физико-химических свойств поверхности твердого тела при адсорбции. Изотермы адсорбции для энергетически неоднородных поверхностей – Фрейндлиха, Фрумкина-Темкина, Хила-де-Бура. Экспериментальные и математические методы определения типа динамических моделей адсорбции и изотерм адсорбции и оценка их констант – констант скоростей адсорбции, констант адсорбционно-десорбционного равновесия, коэффициентов диффузии, коэффициентов массоотдачи для реагентов, констант моделей пористой структуры адсорбентов.

1.3. Теория граничного слоя. Образование заряженного адсорбционного слоя на полупроводниках различного типа.

### Раздел 2. Теории катализа, кинетика многостадийных каталитических реакций.

2.1. Теории катализа – промежуточных соединений, пересыщения Рогинского, абсолютных скоростей реакций Эйринга, теория активных центров тейлора, мультиплетная теория катализа Баландина, каталитически активных ансамблей Кобозева, формирования каталитически активной поверхности под воздействием реакционной среды Борескова.

Роль теорий катализа в становлении науки о катализе. Экспериментальные методы исследования адсорбентов и катализаторов. Лабораторные адсорберы и каталитические реакторы. Методы планирования адсорбционного и кинетического эксперимента.

2.2. Кинетика сложных каталитических реакций. Промежуточные соединения в гетерогенном катализе.

Уравнения кинетики каталитических реакций в идеальных адсорбированных слоях. Закон действующих поверхностей, кинетические уравнения и стадийный механизм реакции. Кинетика каталитических реакций в реальных адсорбированных слоях. Закон действующих поверхностей для катализаторов с энергетически неоднородными поверхностями. Влияние термодинамических параметров процесса на кинетику реакций на неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов. Методы построения кинетических моделей, учитывающих взаимное влияние адсорбированных частиц (молекул, ионов, радикалов), изменение числа и активности активных центров при протекании на поверхности катализатора химической реакции. Компенсационный эффект в катализе. Невоспроизводимость явлений и ложные эффекты в катализе.

2.3. Численные решения уравнений кинетики каталитических реакций и моделей динамики адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов, уравнений кинетики дезактивации катализаторов.

### **Раздел 3. Промышленные катализаторы, их тип, способы приготовления, области применения, методы моделирования.**

3.1. Методы приготовления катализаторов. Активация и дезактивация катализаторов. Методы измерения каталитической активности. Методы выявления доминирующих эффектов факторов, определяющих активность катализатора и используемые при его направленном подборе. Ранжирование катализаторов по каталитической активности с использованием статистики  $T^2$ -Хотеллинга.

Основные требования к промышленным катализаторам. Пористая структура, механическая прочность, форма и размеры гранул, удельная каталитическая активность, селективность по реагентам. Приготовление катализаторов методами сухого и мокрого смешения, методом соосаждения, пропитки, ионного обмена. Приготовление полиметаллических катализаторов методами – порошковой металлургии, сплавлением в индукционных печах. Измерение каталитической активности и селективности катализаторов в лабораторных проточных и проточно-циркуляционных установках. Конструкции проточных и проточно-циркуляционных реакторов. Импульсные методы изучения в нестационарных режимах процессов адсорбции реагентов на различных адсорбентах или каталитических реакций на гетерогенных катализаторах.

3.2. Основные типы катализаторов: катализаторы-металлы, катализаторы-полупроводники, катализаторы-диэлектрики.

Активные центры катализаторов и дефекты решетки кристаллов. Точечные, одномерные и двумерные дефекты.

Катализаторы-металлы. Монолитные или нанесенные на носитель. Основные физико-химические характеристики металлов. Теория электронного строения металлов. Электронные эффекты в катализе. Влияние взаимодействия кластеров металлов между собой и с носителем на характеристики каталитических реакций. Примеры реакций каталитического гидрирования, окисления, изомеризации насыщенных и ненасыщенных углеводородов на металлах.

Катализаторы-полупроводники. Электронная теория катализа на полупроводниках. Влияние дефектов кристаллической решетки полупроводников на их каталитические свойства. Формирование активных центров каталитической реакции на поверхности полупроводников. Донорные и акцепторные уровни. Адсорбция на полупроводниках различного типа. Примеры реакций каталитического гидрирования и дегидрирования углеводородов на полупроводниковых катализаторах.

Катализаторы-диэлектрики. Каталитическая активность и строение катализаторов-диэлектриков. Диэлектрики – носители металл-оксидных кластеров, формирующих каталитические поверхности с бифункциональными и полифункциональными каталитическими свойствами. Основные характеристики катализаторов-диэлектриков с основной и кислотными свойствами поверхности. Поровая структура катализаторов-диэлектриков – регулярная и не-

регулярная, аморфная и кристаллическая. Цеолиты, классификация цеолитов и свойства цеолитов. Диэлектрики- катализаторы реакций крекинга, риформинга, алкилирования, изомеризации.

### 3.3. Гетерогенные промышленные катализаторы: теория и методы моделирования.

Численные методы решения уравнений моделей зерна катализатора (конечно-разностные и коллокационные). Оценка векторных величин факторов эффективности работы зерна промышленных катализаторов для многомаршрутных реакций и сложных фракционных составов сырьевой смеси.

## Раздел 4. Гетерогенно-каталитические процессы.

Основные тенденции развития каталитической индустрии в газовой, химической и нефтехимической промышленности.

### 4.1. Катализ в переработке природного газа.

Методы подготовки природного газа. Стадии сероочистки и предрифформинга природного газа. Получение синтез-газа паровой, углекислотной, пароуглекислотной, парокислородной, паровоздушной и парокислородуглекислотной конверсией природного газа. Эффективные катализаторы окислительной конверсии метана в синтез-газ. Получение метанола, диметилового эфира, формальдегида. Примеры использования новых бифункциональных катализаторов. Синтез Фишера-Тропша.

### 4.2. Катализ в переработке нефти и газоконденсата.

Каталитический крекинг, молекулярно-ситовое действие цеолитов. Каталитический риформинг углеводородов. Изомеризация алканов, алкилирование углеводородов, гидрокрекинг углеводородов.

## Заключение.

Обзорная лекция по основам промышленного катализа и его применению в химии и химической технологии.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	<b>Знать:</b>				
1.	Основные положения теорий гетерогенного катализа		+		
2.	Закономерности протекания каталитических и адсорбционных процессов в системах газ-твердое, жидкость-твердое	+	+		
3.	Методы построения кинетических моделей каталитических реакций, моделей адсорбционных процессов на гетерогенных катализаторах	+	+		
4.	Методы решения уравнений кинетики каталитических реакций и моделей динамики адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов, уравнений кинетики дезактивации катализаторов	+	+		
5.	Методы построения и решения уравнений модели зерна катализатора и расчета факторов эффективности его работы			+	
6.	Научные основы подбора и приготовления катализаторов			+	
7.	Методы измерения каталитической активности			+	

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
8.	Физико-химические свойства катализаторов-металлов, катализаторов-полупроводников и катализаторов-диэлектриков и природы их каталитической активности			+	
9.	Основные крупнотоннажные производства и промышленные катализаторы переработки нефти и газа				+
	<b>Уметь:</b>				
11.	Определять физико-химические свойства гетерогенных катализаторов и основные характеристики их активной поверхности			+	
12.	Определять каталитическую активность гетерогенных катализаторов			+	
13.	Осуществлять направленный подбор катализаторов для проведения конкретных каталитических реакций			+	+
14.	Определять тип математической модели поровой структуры зерна катализатора, тип динамических моделей адсорбции и изотерм адсорбции	+		+	
15.	Решать уравнения кинетики каталитических реакций и модели динамики адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях	+	+		
16.	Численно решать уравнения модели зерна катализатора			+	
17.	Оценивать константы скоростей адсорбции, константы адсорбционно-десорбционного равновесия, коэффициенты диффузии, коэффициенты массоотдачи для реагентов	+			
18.	Объяснять физико-химическую сущность каталитического действия катализаторов-металлов, катализаторов-полупроводников, катализаторов-диэлектриков			+	
	<b>Владеть:</b>				
19.	Методами определения каталитической активности			+	
20.	Методами направленного подбора и приготовления катализаторов			+	+
21.	Основами теории каталитического действия катализаторов - металлов, катализаторов-полупроводников, катализаторов-диэлектриков			+	
22.	Методами построения кинетических моделей, моделей зерна катализатора и моделей адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов	+	+	+	
23.	Методами решения уравнений кинетических моделей, моделей зерна катализатора, моделей процессов адсорбции на гетерогенных катализаторах и определения их параметров	+	+	+	
24.	Основами стратегии анализа, исследования и моделирования основных крупнотоннажных процессов в области переработки нефти и газа				+
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие универсальные компетенции и индикаторы их достижения:</b>					
	<b>Код и наименование УК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения УК</b>			

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
25.	УК-2 – Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.3 – Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности.	+	+	+	+
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>						
26.	ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ПК-1.5. Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры оптимальной организации процесса в химическом реакторе; рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта; оценивать технологическую эффективность химико-технологического процесса	+	+	+	+
		ПК-1.6. Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах; методикой выбора реактора и расчета процесса в нем; основами анализа и синтеза химико-технологических систем; методикой расчета материально-тепловых балансов; методами расчета основных технико-экономических показателей химического производства.	+	+	+	+
27.	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий	К-4.1. Знает методы сбора, анализа и систематизации экспериментальных данных, обобщения научно-технической информации в области профессиональной деятельности с использованием информационных компьютерных технологий	+	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1	Практическое занятие 1 Оценка констант уравнения изотермы адсорбции, учитывающей взаимодействие адсорбированных реагентов на поверхности адсорбента по результатам эксперимента, проведенного в проточно-циркуляционном реакторе. Определить тип трехступенчатого, прямоугольной формы индикаторного сигнала для заданной $T$ длительности подачи индикатора с целью получения констант с заданной точностью (для заданного объема эксперимента).	2
2	1.2	Практическое занятие 2 Адсорбированный на поверхности газ подчиняется уравнению состояния двумерного реального газа. Оценка констант уравнения изотермы адсорбции газового реагента, учитывающей электростатическую природу сил взаимодействия частиц адсорбата на поверхности адсорбента, по результатам адсорбционного эксперимента, проведенного в проточно-циркуляционном реакторе. Определение типа трехступенчатого прямоугольной формы индикаторного сигнала для заданной $T$ длительности подачи индикатора с целью получения констант с заданной точностью (для заданного объема эксперимента)	4
3	1.2-1.3	Практическое занятие 3 Оценка констант уравнения изотермы адсорбции газового реагента на поверхности адсорбента с логарифмическим распределением активных центров по теплотам адсорбции по результатам эксперимента проведенного в проточно-циркуляционном реакторе. Определение типа трехступенчатого прямоугольной формы индикаторного сигнала для заданной $T$ длительности подачи индикатора с целью получения констант с заданной точностью (для заданного объема эксперимента)	4
4	1.1, 2.1	Практическое занятие 4 Оценка констант уравнения изотермы адсорбции Лэнгмюра и коэффициента диффузии индикатора в сферическом зерне катализатора для квазигомогенной модели зерна по результатам эксперимента проведенного в проточно-циркуляционном реакторе. Определение типа трехступенчатого прямоугольной формы индикаторного сигнала для заданной $T$ длительности подачи индикатора с целью получения констант с наибольшей точностью (для заданного объема эксперимента)	2
5	2.1, 2.2	Практическое занятие 5 Определение активности катализатора никель-Ренея в реакции гидрирования этилена. Построение кинетической модели и оценка констант модели реакции гидрирования этилена на ка-	4



		тализаторе никель-Ренея по экспериментальным данным, полученным в проточном реакторе. Задан стадийный механизм реакции гидрирования этилена.	
6	2.1, 2.4	Практическое занятие 6 <i>Определение силы кислотных центров индикаторным методом на сульфокатионитных катализаторах.</i> Определение числа активных центров на сульфокатионитных катализаторах титрованием.	2
7	2.1, 2.3, 2.4	Практическое занятие 7 <i>Определение силы кислотных центров индикаторным методом на цеолитах типа Y (или медноцинковых катализаторах).</i> Определением числа активных центров титрованием на катализаторах цеолитах типа Y или медноцинковых катализаторах.	2
8	1.3, 2.1, 3.1, 4.1.-4.2.	Практическое занятие 8 <i>Определение активности катализатора – фосфорной кислоты на кизельгуре</i> в реакции алкилирования бензола пропиленом. Построение кинетической модели реакции алкилирования бензола пропиленом на катализаторе - фосфорная кислота на кизельгуре и оценка констант кинетической модели по экспериментальным данным, полученным в проточном реакторе идеального вытеснения. Задан стадийный механизм реакции алкилирования бензола пропиленом.	6
9	1.3, 2.1, 2.2, 3.2, 4.1.-4.2.	Практическое занятие 9 <i>Определение активности катализатора- модифицированного никель - Ренея</i> в реакции гидрирования н-масляного альдегида в н-бутиловый спирт. Построение кинетической модели реакции гидрирования н-масляного альдегида в н-бутиловый спирт на катализаторе – модифицированный никель- Ренея и оценка констант кинетической модели по экспериментальным данным, полученным в проточном реакторе идеального вытеснения. Задан стадийный механизм гидрирования н-масляного альдегида в н-бутиловый спирт.	6
		<b>ИТОГО:</b>	<b>32</b>

## 6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Гетерогенный катализ и каталитические процессы», а также способствует приобретению теоретических и практических навыков определения активности каталитических систем в проточных и проточно-циркуляционных реакторах с использованием приближенных и точных интегральных и дифференциальных методов, исследованию кинетики адсорбции газов на поверхностях гетерогенных катализаторов с целью оценки констант моделей, численного решения уравнений моделей динамики адсорбции веществ на поверхностях различных адсорбентов, моделей зерна катализатора и определения вектора факторов эффективности работы зерна для многомаршрутных каталитических реакций и реагентов для заданной кинетической модели сложной многомаршрутной химической реакции и численных значений констант модели.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 15 баллов (максимально по 5 баллов за первую лабораторную работу и по 10 баллов за вторую лабораторную работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры тем лабораторных работ и разделы, которые они охватывают:

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1.1-1.3, 2.2.-2.3	Моделирование адсорбционных процессов в проточно-циркуляционных реакторах.	8
2	3.1.-3.3, 4.1-4.2	Гетерогенные катализаторы: теория и методы моделирования. Моделирование сложного многомаршрутного процесса в зерне катализатора.	8
		<b>ИТОГО</b>	<b>16</b>

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению практических работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня,
- использование тестов промежуточного контроля знаний для проверки знаний по отдельным разделам дисциплины,
- подготовку к сдаче зачета с оценкой и лабораторного практикума по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимую для изучения дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка \_45\_ баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка \_15\_ баллов) и устного опроса на зачете с оценкой (40 баллов).

### 8.1. Темы и примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины

#### РАЗДЕЛ 1.

**Контрольная работа №1** Решение типовых задач по разделу «Физическая и химическая адсорбция газов на энергетически однородных и неоднородных поверхностях катализатора» дисциплины «Гетерогенный катализ и каталитические процессы».

Контрольная работа № 1 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 1. Максимальная оценка – **15 баллов**.

Контрольная работа № 1 состоит из 3 заданий. Задание № 1 оценивается 5 баллами, задание № 2 – 5 баллами, задание № 3 – 5 баллами

## РАЗДЕЛ 2.

### Контрольная работа №2

Решение типовых задач по разделу «Теории катализа, кинетика многостадийных каталитических реакций дисциплины «Гетерогенный катализ и каталитические процессы».

Контрольная работа № 2 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 2. Максимальная оценка – 15 баллов.

Контрольная работа № 2 состоит из 2 заданий. Задание № 1 оценивается 10 баллами, задание № 2 – 5 баллами.

## РАЗДЕЛ 3

### Контрольная работа №3

Решение типовых задач по разделу «Промышленные катализаторы, способы их приготовления, активации и регенерации, методы измерения каталитической активности и селективности гетерогенных катализаторов» дисциплины «Гетерогенный катализ и каталитические процессы».

Контрольная работа № 3 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 3. Максимальная оценка – 15 баллов.

Контрольная работа № 3 состоит из 2 заданий. Задание № 1 оценивается 8 баллами, задание № 2 – 7 баллами.

## Примеры контрольных работ

**Контрольная работа № 1.** Решение типовых задач по разделу «Физическая и химическая адсорбция газов на энергетически однородных и неоднородных поверхностях катализатора» дисциплины «Гетерогенный катализ и каталитические процессы».

### Вариант 1

Задание 1.1 (5 баллов)

На поверхности адсорбента происходит недиссоциативная адсорбция газов А и В. Заданы парциальные давления компонентов реакционной смеси и численные значения констант скоростей адсорбции и десорбции веществ с поверхности адсорбента:  $P_A = 1.5 \text{ атм}$ ,  $P_B = 1.8 \text{ атм}$ ,  $k_{a1} = 0.6 \text{ с}^{-1} \text{ атм}^{-1}$ ,  $k_{a2} = 1.5 \text{ с}^{-1} \text{ атм}^{-1}$ ,  $k_{d1} = 0.2 \text{ с}^{-1}$ ,  $k_{d2} = 0.7 \text{ с}^{-1}$ .

Построить кинетическую модель многокомпонентной адсорбции газов и представить ее в матричной форме. Решить систему дифференциальных уравнений модели аналитически и построить графики зависимости степени заполнения поверхности веществами А и В от времени. Рассчитать долю поверхности, занятой веществами А и В в стационарном состоянии.

Задание 1.2. (5 баллов)

При адсорбции газов на энергетически неоднородной поверхности изотерма адсорбции по Зельдовичу представима в виде:

$$\Theta = \int_{b_{\max}}^{b_{\min}} \frac{1}{b+p} \rho(b) db$$

. Пусть аппроксимация ядра интеграль-

ного уравнения представима в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Theta = \frac{p}{b} \quad \text{при} \quad 0 \leq p \leq b \\ \Theta = 1 \quad \text{при} \quad p > b. \end{array} \right.$$

Найти плотность распределения центров адсорбции по теплотам адсорбции.

Задание 1.3. (5 баллов)

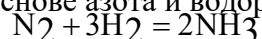
Рассмотреть экспериментальные и математические методы определения типа динамических моделей адсорбции и изотерм адсорбции и оценки констант моделей.

**Контрольная работа №2** Решение типовых задач по разделу «Теории катализа, кинетика многостадийных каталитических реакций» дисциплины «Гетерогенный катализ и каталитические процессы».

Вариант 1.

Задание 2.1. (10 баллов)

Задана реакция синтеза аммиака на основе азота и водорода:



Равновесная концентрация аммиака равна 10.61 % об. при давлении 9.8 МПа и температуре 500 °С, а при давлении 9.8 МПа и температуре 400 °С равна 25.1 % об. Определить константу равновесия и тепловой эффект этой реакции. Рассчитать равновесный состав продуктов реакции при T=450 °С и давлении 9.8 МПа при условии, что состав исходной смеси (% об.): N<sub>2</sub> - 40, H<sub>2</sub> - 60.

Задание 2.2. (5 баллов)

Рассмотреть мультиплетную теория А.А. Баландина. Принцип геометрического и энергетического соответствия. Достоинства и недостатки теории мультиплетов.

**Контрольная работа №3** Решение типовых задач по разделу «Промышленные катализаторы, способы их приготовления, активации и регенерации, методы измерения каталитической активности и селективности гетерогенных катализаторов» дисциплины «Гетерогенный катализ и каталитические процессы».

Вариант 1.

Задание 3.1. (8 баллов)

Классификация каталитических систем. Рассмотреть катализаторы-металлы. Монолитные и нанесенные на носитель. Показать взаимосвязь строения твердого тела и его каталитической активности на практических примерах реакций каталитической изомеризации насыщенных и ненасыщенных углеводородов.

Задание 3.2. (7 баллов)

Рассмотреть приготовление катализаторов методом соосаждения. Основные технологические операции. Активация катализаторов. Дезактивация катализаторов в процессе эксплуатации и механизмы их регенерации.

## 8.2. Примеры вариантов лабораторных работ для закрепления знаний по дисциплине

### 1. Лабораторная работа 1 Моделирование адсорбционных процессов в проточно-циркуляционных реакторах (Максимальная оценка –5 баллов.)

Подготовка к лабораторной работе 1 включает:

- Изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 1.1-1.3, 2.2-2.3, 3.1.

Оформление отчета по лабораторной работе 1 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.

2. Содержание.

3. Цель работы, задание.

4. Теоретическая часть. Привести конструкции проточно-циркуляционных реакторов для проведения кинетических и адсорбционных экспериментов – Карберри, Берти, Харшоу с неподвижной и падающей корзиной, Кэлдвелла. Указать преимущества и недостатки различных методов определения каталитической активности - статических и динамических (точных/приближенных интегральных или точных/приближенных дифференциальных). Рассмотреть численные методы решения уравнений кинетики каталитических реакций и моделей динамики адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях. Проанализировать методы оценки неизвестных параметров моделей по экспериментальным данным (констант скоростей адсорбции, констант адсорбционно-десорбционного равновесия, коэффициентов диффузии реагентов, коэффициентов массоотдачи для реагентов).

5. Практическая часть.

#### Вариант №1

Для моделирования процесса адсорбции пропилена в проточно-циркуляционном реакторе используется модель:

$$(V_p - V_k) \frac{dc}{dt} = qc_{вх} - qc + S_k [K_m (c - c_{п|_R})] \quad (1)$$

$$\beta \frac{\partial c_{п}}{\partial t} = D_{эф} \left( \frac{\partial^2 c_{п}}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial c_{п}}{\partial r} \right) - N \quad (2)$$

$$N = k_a \left( c_{п} - \frac{n}{K_a} \right) = S_k \frac{\partial n}{\partial t} \quad (3)$$

Начальные условия:

$$\begin{aligned} t = 0 \quad 0 \leq r \leq R & \quad c(0) = 0 \quad c_{п}(0) = 0 \quad n(0) = 0 \quad q(0) = q_0 \\ 0 \leq t \leq t_0 & \quad c = c_0(t) \end{aligned} \quad (4)$$

Граничные условия:

$$\begin{aligned} r = 0 & \quad \frac{\partial c_{п}}{\partial r} = 0 \\ r = R & \quad D_{эф} \frac{\partial c_{п}}{\partial r} \Big|_{r=R} = K_m (c - c_{п|_R}) \end{aligned} \quad (5)$$

где  $V_k$  – объем катализатора,  $V_p$  – объем реактора,  $c$ ,  $c_{п}$ ,  $c_{вх}$  – соответственно концентрации индикатора в объеме реактора, в объеме пор катализатора, на входе в реактор,  $n$  – концентрация индикатора на поверхности катализатора,  $t$  – время пребывания в реакторе,  $r$ ,  $R$  – радиальная координата и радиус гранулы катализатора,  $k_a$  и  $K_a$  – константа скорости адсорбции и константа адсорбционного равновесия,  $D_{эф}$  – эффективный коэффициент диффузии,  $\beta$ ,  $\rho_k$  – порозность и плотность гранулы,  $S_k$  – площадь внешней поверхности гранул в единице объема каталитического слоя,  $q$  – объемная скорость потока инертного газа,  $t_0$  – длительность подачи импульса.

Исходные данные:  $V_p = 60$  мл;  $V_k = 20$  мл;  $q_0 = 7.5$  см<sup>3</sup>/с (расход индикатора, пропилен);  $k_a = 1.5$  с<sup>-1</sup>;  $K_a = 0.85$  см;  $\beta = 0.2$  (порозность гранулы);  $\rho_k = 3.8$  г/см<sup>3</sup> (плотность гранулы);  $S_{уд} = 30$  м<sup>2</sup>/г (удельная площадь поверхности);  $d_{пор} = 40$  Å (средний радиус пор);  $R = 3$  мм;  $Sh = 0.2$  (критерий Шервуда);  $D_{эф} = 0.4$  см<sup>2</sup>/с (эффективный коэффициент диффузии)

#### Вариант №2

Задана упрощенная модель процесса адсорбции индикатора в проточно-циркуляционном реакторе:

$$(V_p - V_k) \frac{dc_{\text{вых}}}{dt} = \mathcal{G}_{\text{ex}} c_{\text{ex}} - \mathcal{G}_{\text{ex}} c_{\text{вых}} - V_k k_a \left( c_{\text{вых}} - \frac{n}{K_a} \right) \quad (6)$$

$$V_k \frac{dn}{dt} = V_k k_a \left( c_{\text{вых}} - \frac{n}{K_a} \right) \quad (7)$$

Начальные условия:

$$\begin{aligned} t = 0 & \quad c_{\text{вых}}(0) = 0 & \quad n(0) = 0 & \quad \mathcal{G}_{\text{вх}}(0) = \mathcal{G}_{\text{вх}} \\ t > 0 & \quad c_{\text{ex}} = A \sin(t - \alpha) & \quad \alpha = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

где  $V_k$  – объем катализатора,  $V_p$  – объем реактора,  $c_{\text{ex}}$ ,  $n$ ,  $c_{\text{вых}}$  – соответственно концентрации индикатора на входе в реактор, в катализаторе, на выходе из реактора,  $t$  – время пребывания в реакторе,  $k_a$ ,  $K_a$  – соответственно констант скорости адсорбции и константа адсорбционного равновесия,  $\mathcal{G}_{\text{вх}}$  – объемная скорость потока на входе (считаем, что расход остается постоянным).

Исходные данные:  $V_p = 20$  мл;  $V_k = 5$  мл;  $\mathcal{G}_{\text{вх}0} = 500$  ч<sup>-1</sup>;  $K_a = 0,1$ ;  $k_a = 10$  с<sup>-1</sup>  
 $c_{\text{ex}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \sin(t)$  моль/л

**Задание:**

- 1) Решить уравнение модели численными методами и построить графики зависимости концентрации индикатора на выходе из реактора от времени и концентрации индикатора в порах катализатора от времени.
- 2) Проанализировать полученные зависимости  $c_{\text{вых}}(t)$  и  $n(t)$ .
  6. Листинг программы.
  7. Выводы по работе.
  8. Библиографический список.

К защите представить отчет в печатной форме и в электронном виде в формате PDF.

## 2. Лабораторная работа 2. (Максимальная оценка –10 баллов.)

### Гетерогенные катализаторы: теория и методы моделирования.

Изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 3.1.-3.3, 4.1-4.2

Оформление отчета по лабораторной работе 3 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Цель работы, задание.
4. Теоретическая часть. Рассмотреть неявные конечно-разностные схемы и метод ортогональных коллокаций решения уравнений нестационарной квазигомогенной модели зерна катализатора на примере простой мономолекулярной реакции 1 порядка. Структурировать информацию по эффективным каталитическим системам проведения реакции паровой конверсии метанола. Рассмотреть способы приготовления медно-цинковых катализаторов паровой конверсии метанола на основании результатов проведенного патентного поиска. Сопоставить и обобщить результаты анализа научно-информационных источников, теоретических и экспериментальных исследований в области получения водорода паровой конверсией метанола.

5. Практическая часть.

#### Задание:

1. Построить нестационарную квазигомогенную (вариант №2 бидисперсную, вариант №3 капиллярную) модель зерна катализатора для заданной кинетики химической реакции.
2. Рассчитать эффективные коэффициенты диффузии реагентов.
3. Записать алгоритм решения уравнений модели зерна катализатора неявными конечно-разностными методами (вариант №1) и методом ортогональных коллокаций (вариант №2).

4. Реализовать алгоритм расчета нестационарной квазигомогенной модели зерна катализатора на ЭВМ.
5. Построить профили изменения концентраций и температуры по радиусу гранулы катализатора.

#### Вариант 1.

В каталитическом реакторе протекает химическая реакция паровой конверсии метанола:



Кинетическая модель [Tesser et al.] реакции паровой конверсии метанола представима в виде:

$$r = \frac{k_1 \cdot K_{\text{CH}_3\text{OH}} \cdot P_{\text{CH}_3\text{OH}}}{1 + K_{\text{CH}_3\text{OH}} \cdot P_{\text{CH}_3\text{OH}} + K_{\text{H}_2\text{O}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}} + K_{\text{H}_2} \cdot P_{\text{H}_2}} \quad (2)$$

$r$  – скорость реакции, *моль·кг<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup>*;

$k_1$  – константа скорости реакции, *моль/кг·с*;

$K_i$  – константа адсорбционного равновесия вещества  $i$ , *бар<sup>-1</sup>*;

$$K_i = \exp\left(\frac{p_i}{R} \left(\frac{\Delta S_i}{T} - \frac{\Delta H_i}{RT}\right)\right) \quad (3)$$

Численные значения кинетических параметров модели:

$k_0 = (1,3 \pm 0,3) \cdot 10^9$	$E_a = 100,0 \pm 0,6$
$\Delta S_{\text{CH}_3\text{OH}} = -22,9 \pm 0,9$	$\Delta H_{\text{CH}_3\text{OH}} = -33 \pm 1$
$\Delta S_{\text{H}_2\text{O}} = -30 \pm 2$	$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} = -18,1 \pm 0,9$
$\Delta S_{\text{H}_2} = -79 \pm 7$	$\Delta H_{\text{H}_2} = -57 \pm 5$

6. Листинг программы.

7. Выводы по работе.

8. Библиографический список.

К защите представить отчет в печатной форме и в электронном виде в формате PDF.

### 8.4. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой, 8 семестр)

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – **40 баллов**. Билет содержит два теоретических вопроса, относящихся к разным разделам дисциплины. Максимальная оценка за каждый теоретический вопрос – **20 баллов**.

Примеры вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Задачи исследования гетерогенно-каталитических процессов. Роль катализа и катализаторов при организации новых производств и интенсификации действующих. (20 баллов)
2. Становление каталитической индустрии. История развития катализа. (20 баллов)
3. Физико-химическая сущность катализа. Активность, селективность и стабильность эксплуатации гетерогенных катализаторов. Определения длительности межрегенерационного пробега гетерогенных катализаторов и числа циклов их регенерации. (20 баллов)
4. Нестационарный катализ и его роль в промышленности. (20 баллов)
5. Компенсационный эффект в катализе. (20 баллов)

6. Невоспроизводимость явлений и ложные эффекты в катализе. (20 баллов)
7. Отравление, промотирование и модифицирование катализаторов. Каталитические яды, промоторы, модифицирующие добавки. (20 баллов)
8. Дезактивация катализаторов в процессе эксплуатации и регенерация дезактивированных катализаторов. (20 баллов)
9. Кислотно-основный катализ. Катализаторы кислотно-основного взаимодействия. Примеры. (20 баллов)
10. Окислительно-восстановительный катализ. Катализаторы окислительно-восстановительного взаимодействия. Примеры. (20 баллов)
11. Полифункциональные катализаторы в реакциях кислотно-основного и окислительно-восстановительного взаимодействия. Примеры. (20 баллов)
12. Пористая структура катализаторов. Требования к пористости и удельной поверхности катализаторов. Моно- и полидисперсные структуры. (20 баллов)
13. Силы адсорбции. Физическая и химическая адсорбция. (20 баллов)
14. Термодинамика адсорбции (тепловой эффект, свободная энергия Гельмгольца, константа адсорбционного равновесия, химический потенциал, энтропия) (20 баллов)
15. Изотермы адсорбции на энергетически однородных поверхностях. (20 баллов)
16. Изотермы адсорбции на энергетически неоднородных поверхностях. Плотность распределения центров адсорбции по теплотам адсорбции для ядра интегрального уравнения, представленного аппроксимацией Рогинского. (20 баллов)
17. Изотерма адсорбции на энергетически неоднородных поверхностях. Плотность распределения центров адсорбции по теплотам адсорбции для ядра интегрального уравнения, представленного аппроксимацией Зельдовича. (20 баллов)
18. Взаимодействие частиц в хемосорбционных слоях. Изотерма адсорбции с учетом отгаливания частиц в адсорбционном слое. (20 баллов)
19. Теория граничного слоя. Образование заряженного адсорбированного слоя на полупроводниках различного типа. (20 баллов)
20. Кинетические модели многокомпонентной адсорбции на однородных поверхностях. Матричное представление. (20 баллов)
21. Определение удельной поверхности катализаторов и сорбентов. (20 баллов)
22. Модель двумерного газа. Двумерное давление и поверхностное натяжение. Уравнение адсорбции Гиббса. (20 баллов)
23. Экспериментальные методы изучения свойств катализаторов и сорбентов. (20 баллов)
24. Экспериментальные статические методы определения каталитической активности катализаторов. Их преимущества и недостатки. (20 баллов)
25. Экспериментальные динамические *приближенные интегральные* методы определения каталитической активности катализаторов. Их преимущества и недостатки (20 баллов)
26. Экспериментальные динамические *точные интегральные* методы определения каталитической активности катализаторов. Их преимущества и недостатки (20 баллов)
27. Экспериментальные динамические *приближенные дифференциальные* методы определения каталитической активности катализаторов. Их преимущества и недостатки (20 баллов)
28. Экспериментальные динамические *точные дифференциальные* методы определения каталитической активности катализаторов. Их преимущества и недостатки (20 баллов)
29. Импульсные методы изучения в нестационарных режимах процессов адсорбции реагентов на различных адсорбентах или каталитических реакций на гетерогенных катализаторах. (20 баллов)
30. Конструкции проточных и проточно-циркуляционных реакторов для проведения кинетических исследований на гетерогенных катализаторах. (20 баллов)
31. Конструкция проточно-циркуляционного реактора Карберри для проведения кинетических исследований. (20 баллов)
32. Конструкция проточно-циркуляционного реактора Берти для проведения кинетических исследований. (20 баллов)



33. Конструкция проточно-циркуляционного реактора Харшоу с неподвижной корзиной для проведения кинетических исследований. (20 баллов)
34. Конструкция проточно-циркуляционного реактора Харшоу с падающей корзиной для проведения кинетических исследований. (20 баллов)
35. Конструкция проточно-циркуляционного реактора Кэлдвелла с неподвижной корзиной для проведения кинетических исследований. (20 баллов)
36. Конструкции проточных реакторов для проведения кинетических исследований. Реактор Темкина. (20 баллов)
37. Методики экспериментального определения безградиентности проточно-циркуляционного реактора. (20 баллов)
38. Химическая кинетика сложных каталитических реакций. Условия квазистационарного протекания реакции. Медленные и квазиравновесные стадии. (20 баллов)
39. Кинетические уравнения для процессов, протекающих на энергетически однородных поверхностях катализаторов. (20 баллов)
40. Кинетические уравнения для процессов, протекающих на энергетически неоднородных поверхностях катализаторов. (20 баллов)
41. Методы построения кинетических моделей каталитических реакций, моделей адсорбционных процессов на гетерогенных катализаторах. (20 баллов)
42. Методы решения уравнений моделей динамики адсорбции на энергетически однородных поверхностях гетерогенных катализаторов. (20 баллов)
43. Методы решения уравнений моделей динамики адсорбции на энергетически неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов. (20 баллов)
44. Методы решения уравнений кинетики каталитических реакций на энергетически однородных поверхностях гетерогенных катализаторов. (20 баллов)
45. Методы решения уравнений кинетики каталитических реакций на энергетически неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов. (20 баллов)
46. Методы оценки констант скоростей адсорбции, констант адсорбционно-десорбционного равновесия, коэффициентов массоотдачи для реагентов и коэффициентов диффузии реагентов. (20 баллов)
47. Каталитические реакции в нестационарном режиме. Температурно-программируемая реакция. Температурно-программируемая десорбция. (20 баллов)
48. Массопередача в порах катализаторов. Коэффициент эффективной диффузии. (20 баллов)
49. Активные центры катализаторов и дефекты решетки кристаллов, точечные или 0-мерные дефекты в кристаллах. Дефекты по Шоттки, дефекты по Френкелю. F- и V-центры. (20 баллов)
50. Активные центры катализаторов и дефекты решетки кристаллов, одномерные дефекты в кристаллах. Краевая и винтовая дислокации. (20 баллов)
51. Активные центры катализаторов и дефекты решетки кристаллов, двумерные дефекты в кристаллах. (20 баллов)
52. Катализаторы-металлы. Монолитные или нанесенные на носитель. *Примеры реакций каталитического гидрирования на металлах.*
53. Катализаторы-металлы. Монолитные или нанесенные на носитель *Примеры реакций каталитической изомеризации насыщенных и ненасыщенных углеводородов на металлах.* (20 баллов)
54. Катализаторы-металлы. Электронные эффекты при катализе на малых частицах. Влияние взаимодействия кластеров металлов между собой и с носителем на характеристики каталитических реакций. (20 баллов)
55. Катализаторы-полупроводники. Влияние дефектов кристаллической решетки полупроводников на их каталитические свойства. Формирование активных центров каталитической реакции на поверхности полупроводников. (20 баллов)

56. Катализаторы–полупроводники. Электронная теория катализа на полупроводниках. Связь каталитических свойств полупроводника с уровнем Ферми. Недостатки электронной теории катализа. (20 баллов)
57. Катализаторы–полупроводники. Примеры реакций каталитического гидрирования и дегидрирования углеводородов на полупроводниковых катализаторах. (20 баллов)
58. Катализаторы-полупроводники. Донорные и акцепторные уровни. Адсорбция на полупроводниках различного типа. (20 баллов)
59. Каталитическая активность и строение катализаторов-диэлектриков. Примеры использования катализаторов-диэлектриков в реакциях алкилирования, крекинга, изомеризации. (20 баллов)
60. Катализаторы-диэлектрики. Диэлектрики – носители металл-оксидных кластеров, формирующих каталитические поверхности с бифункциональными и полифункциональными каталитическими свойствами. (20 баллов)
61. Катализаторы-диэлектрики. Основные характеристики диэлектриков с основными и кислотными свойствами поверхности. Поровая структура диэлектриков – регулярная и нерегулярная, аморфная и кристаллическая. (20 баллов)
62. Каталитический крекинг, молекулярно-ситовое действие цеолитов. (20 баллов)
63. Методика выявления доминирующих эффектов факторов при направленном подборе состава катализатора. Ранжирование катализаторов по каталитической активности с использованием статистики  $T^2$ -Хотеллинга. (20 баллов)
64. Приготовление катализаторов методами сухого и мокрого смешения. (20 баллов)
65. Приготовление катализаторов методом соосаждения. (20 баллов)
66. Приготовление катализаторов методом пропитки готового носителя. (20 баллов)
67. Приготовление катализаторов методом ионного обмена. (20 баллов)
68. Приготовление полиметаллических катализаторов методами порошковой металлургии, сплавлением в индукционных печах. (20 баллов)
69. Основные требования к промышленному катализатору (пористая структура катализаторов, форма и размер гранул, механическая прочность) (20 баллов)
70. Методы определения кислотных и основных центров поверхности катализаторов. (20 баллов)
71. Метод ионообменной адсорбции для определения общей кислотности поверхности катализатора. (20 баллов)
72. Метод адсорбции оснований из газовой фазы для определения общей кислотности поверхности катализатора. (20 баллов)
73. Ранние теории катализа – теория промежуточных соединений, пересыщения Рогинского, абсолютных скоростей реакций Эйринга (20 баллов)
74. Теория активных центров Тейлора. (20 баллов)
75. Мультиплетная теория Баландина. Принцип *геометрического* соответствия (20 баллов)
76. Мультиплетная теория Баландина. Принцип *энергетического* соответствия (20 баллов)
77. Теория ансамблей Кобозева. Закон распределения активного вещества на носителе. Определение состава активного ансамбля и областей миграции различными методами. (20 баллов)
78. Теория Борескова о формировании активной поверхности катализатора под влиянием реакционной среды. (20 баллов)
79. Методы построения и решения уравнений модели зерна катализатора и расчета векторных величин факторов эффективности работы зерна промышленных катализаторов для многомаршрутных реакций и сложных фракционных составов сырьевой смеси. (20 баллов)
80. Моделирование процессов в зерне катализатора с использованием неявных конечно-разностных схем. (20 баллов)
81. Моделирование процессов в зерне катализатора с использованием метода ортогональных коллокаций. (20 баллов)

82. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы риформинга бензиновых углеводородов нефти и используемые катализаторы. (20 баллов)
83. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы крекинга углеводородов нефти и используемые катализаторы. (20 баллов)
84. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы гидроизомеризации углеводородов пентан-гексановой фракции газового конденсата. Эффективные каталитические системы. (20 баллов)
85. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы очистки этан-этиленовой фракции газов пиролиза от ацетиленовых углеводородов. Эффективные каталитические системы. (20 баллов)
86. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы окислительного и неокислительного дегидрирования пропана. Эффективные каталитические системы. (20 баллов)
87. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы двухступенчатой сероочистки природного газа, используемые катализаторы и адсорбенты. (20 баллов)
88. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы паровой конверсии метана в производстве водорода. Эффективные каталитические системы. (20 баллов)
89. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы паровоздушной конверсии метана в производстве аммиака. Эффективные каталитические системы. (20 баллов)
90. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы среднетемпературной паровой конверсии оксида углерода (HTS) в производстве аммиака. Эффективные каталитические системы. (20 баллов)
91. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы низкотемпературной паровой конверсии оксида углерода (LTS) в производстве аммиака. Эффективные каталитические системы. (20 баллов)
92. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы парокислородной конверсии метана. Эффективные каталитические системы. (20 баллов)
93. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы парокислородуглекислотной конверсии метана. Эффективные каталитические системы. (20 баллов)
94. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы пароуглекислотной конверсии метана. Эффективные каталитические системы. (20 баллов)
95. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы получения метанола. Эффективные каталитические системы в производстве метанола. (20 баллов)
96. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы получения формальдегида окислением метанола и используемые катализаторы. (20 баллов)
97. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы получения олефинов из метанола (МТО). Эффективные каталитические системы. (20 баллов)
98. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы получения аммиака. Эффективные каталитические системы. (20 баллов)
99. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы получения диметилового эфира из метанола. Эффективные каталитические системы. (20 баллов)
100. Новые гетерогенно-каталитические процессы получения диметилового эфира из синтез-газа в реакторах с суспендированным слоем катализатора. Эффективные каталитические системы. (20 баллов)

Полный перечень оценочных средств приведён в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

#### **8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой**

Зачет с оценкой по дисциплине «Гетерогенный катализ и каталитические процессы» включает контрольные задания по разделам учебной программы дисциплины. Билет включает 2 теоретических задания (по 20 баллов).

Максимальная оценка – 40 баллов.

Пример билета для зачёта с оценкой:

«Утверждаю» зав. кафедрой Глебов М.Б.  <small>(Подпись) (И. О. Фамилия)</small> «__» _____ 20__ г.	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра кибернетики химико-технологических процессов</b>
	18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»
	<b>ГЕТЕРОГЕННЫЙ КАТАЛИЗ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ</b>
<b>Билет № 10</b>	
1. Приготовление катализаторов методом пропитки готового носителя. (20 баллов)	
2. Теория Борескова о формировании активной поверхности катализатора под влиянием реакционной среды. (20 баллов)	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература.

1. В.Н. Писаренко, Е.В. Писаренко. Процессы адсорбции веществ на гетерогенных катализаторах: теория и методы моделирования. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. – 72 с.

Б) Дополнительная литература.

2. Е.В. Писаренко. Современные промышленные процессы переработки природного газа и расчет реакторов. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2022. – 260 с.
3. Е.В. Писаренко. Промышленные каталитические процессы. Структуры и свойства твердых катализаторов. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. – 136 с.
4. О.В. Крылов Гетерогенный катализ. Учебное пособие для вузов. М.: «Академкнига», 2004. – 679 с.
5. Катализ в промышленности. Том 1. Ред. Б. Лич, М.: Мир, 1986. – 324 с.
6. Катализ в промышленности. Том 2. Ред. Б. Лич, М.: Мир, 1986. – 291 с.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;

### 6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Средства обеспечения освоения дисциплины.

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- конспекты лекций в формате \*.pdf – 9;
- компьютерные презентации интерактивных лекций – 9, (общее число слайдов – 300);
- банк вариантов контрольной работы № 1 – 50;
- банк вариантов контрольной работы № 2 – 50;
- банк вариантов контрольной работы № 3 – 50;
- банк вариантов лабораторной работы №1 – 25;
- банк вариантов лабораторной работы №2 – 25;
- банк билетов для зачета с оценкой – 50;
- демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows 7, Microsoft Office 2010).

Имеются дополнительные средства для изучения дисциплины: электронные учебные пособия, библиотека программ для решения уравнений моделей, задания к практическим занятиям (50 задач), задания к самостоятельным работам (50 задач).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом данный список дополняется следующим разделом:

- тематическая группа в социальной сети Вконтакте, доступ к групповым чатам (Discord, WhatsApp, Viber), к вебинарам (Discord, Zoom, webinar.ru), групповой электронной почте, онлайн-конференции в Skype.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В соответствии с учебным планом занятия проводятся в форме лекций, практических, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе**

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Компьютерный класс, насчитывающий не менее 10 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel) и выходом в Интернет для проведения практических и лабораторных занятий.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия**

Учебные пособия по дисциплине.

Электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5. При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки. Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы**

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим и лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; инновационный учебно-методический комплекс по проблемам химической безопасности и биологической безопасности; специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения, используемые при проведении научных исследований и при изучении соответствующих разделов дисциплины.

### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения**

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> <li>• InfoPath</li> </ul>	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Физическая и химическая адсорбция. Адсорбция на энергетически однородных и неоднородных поверхностях катализатора.	<p><b>Знает:</b> Закономерности протекания каталитических и адсорбционных процессов в системах газ-твердое, жидкость-твердое, методы построения моделей адсорбционных процессов на гетерогенных катализаторах, методы решения уравнений моделей динамики адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов.</p> <p><b>Умеет:</b> Определять тип математической модели поровой структуры зерна катализатора, тип динамических моделей адсорбции и изотерм адсорбции, решать уравнения модели динамики адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях, оценивать константы скоростей адсорбции, константы адсорбционно-десорбционного равновесия, коэффициенты диффузии, коэффициенты массоотдачи для реагентов.</p> <p><b>Владеет:</b> Методами решения уравнений моделей процессов адсорбции на гетерогенных катализаторах и определения их параметров,</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 1 по разделу 1 (наивысший балл 15).</p> <p>Оценка на Зачете с оценкой.</p>

<p><b>Раздел 2.</b> Теории катализа, кинетика многостадийных каталитических реакций.</p>	<p><b>Знает:</b> Основные положения теорий гетерогенного катализа, закономерности протекания каталитических и адсорбционных процессов в системах газ-твердое, жидкость-твердое, методы построения кинетических моделей каталитических реакций на гетерогенных катализаторах, методы решения уравнений кинетики каталитических реакций и моделей динамики адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов, уравнений кинетики дезактивации катализаторов.</p> <p><b>Умеет:</b> Решать уравнения кинетики каталитических реакций и модели динамики адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях.</p> <p><b>Владеет:</b> Методами построения кинетических моделей и моделей адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях, Методами решения уравнений кинетических моделей и моделей процессов адсорбции на гетерогенных катализаторах и определения их параметров.</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 2 по разделу 2. (наивысший балл 15).</p> <p>Оценка за лабораторную работу № 1 по разделам 1-2. (наивысший балл 5).</p> <p>Оценка на Зачете с оценкой.</p>
<p><b>Раздел 3.</b> Промышленные катализаторы, их тип, способы приготовления, области применения, методы моделирования.</p>	<p><b>Знает:</b> Научные основы подбора и приготовления катализаторов, методы измерения каталитической активности, физико-химические свойства катализаторов-металлов, катализаторов-полупроводников и катализаторов-диэлектриков и природу их каталитической активности, методы построения и решения уравнений модели зерна катализатора и расчета факторов эффективности его работы.</p> <p><b>Умеет:</b> Определять физико-химические свойства гетерогенных катализаторов и основные характеристики их активной поверхности, определять каталитическую активность гетерогенных катализаторов, осуществлять направленный подбор катализаторов для проведения конкретных каталитических реакций, определять тип математической модели поровой структуры зерна катализатора, тип динамических моделей адсорбции и изотерм адсорбции, численно решать уравнения модели зерна катализатора, объяснять физико-химическую сущность каталитического действия катализаторов - металлов, катализаторов-полупроводников, катализаторов-диэлектриков.</p> <p><b>Владеет:</b> Методами определения каталитической активности, методами направленного подбора и приготовления катализаторов, основами теории каталитического действия катализаторов - металлов, катализаторов-полупроводников, катализаторов-диэлектриков, методами построения кинетических моделей, моделей зерна катализатора и моделей адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях, методами решения уравнений кинетических моделей, моделей зерна катализатора, моделей процессов адсорбции на гетерогенных катализаторах и определения их параметров.</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 3 по разделу 3 (наивысший балл 15).</p> <p>Оценка на Зачете с оценкой.</p>



<p><b>Раздел 4.</b> Гетерогенно-каталитические процессы.</p>	<p><b>Знает:</b> Основные крупнотоннажные производства и промышленные катализаторы переработки нефти и газа.  <b>Умеет:</b> Осуществлять направленный подбор катализаторов для проведения конкретных каталитических реакций.  <b>Владеет:</b> Методами направленного подбора и приготовления катализаторов. Основами стратегии анализа, исследования и моделирования основных крупнотоннажных процессов в области переработки нефти и газа.</p>	<p>Оценка за лабораторную работу № 2 по разделам 3-4. (наивысший балл 10).  Оценка на Зачете с оценкой.</p>
--	---	---

### 13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_, протокол № \_\_, введенным в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_ № \_\_;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

основной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата  
 по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»  
 Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»  
 Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		протокол заседания кафедры №_____от «_____»___20__г.
		протокол заседания кафедры №_____от «_____»___20__г.
		протокол заседания кафедры №_____от «_____»___20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

«25» мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Интегрированные системы управления химическими  
производствами»**

**Направление подготовки – 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки – «Основные процессы химических производств и  
химическая кибернетика»**

**Квалификация «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022**

## Программа составлена

д.т.н., профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов  
А.Ф. Егоровым,  
к.т.н., доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов  
П.Г. Михайловой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева «26» апреля 2022 г., протокол № 7

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, рекомендациями Методической комиссии Ученого совета и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Интегрированные системы управления химическими производствами»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору студента. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области таких дисциплин как «Информатика», «Вычислительная математика», «Методы кибернетики химико-технологических процессов», «Системы управления химико-технологическими процессами», «Современные технологии автоматизации химико-технологических процессов» и аналогичных дисциплинах других направлений подготовки бакалавров.

**Цель дисциплины** – научить студентов теоретическим знаниям в области создания автоматизированных систем управления производственными и технологическими процессами, теоретическим основам составления математических моделей и методов решения задач технико-экономического и календарного планирования.

### **Задачи дисциплины:**

- обучение студентов теоретическим основам в области разработки интегрированных систем управления химическими производствами (ИСУ ХП) и взаимодействия отдельных подсистем ИСУ ХП, находящихся в иерархической взаимосвязи;
- обучение способам словесной и математической постановки задач технико-экономического и календарного планирования;
- обучение практическим навыкам решения задач технико-экономического планирования, формулируемых как задачи линейного программирования;
- обучение теоретическим основам разработки автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) с использованием современных технологий автоматизации;
- обучение практическим навыкам проектирования АСУ ТП и имитационного моделирования автоматических систем регулирования (АСР) в среде систем сбора данных и диспетчерского управления (SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)-систем).

Дисциплина **«Интегрированные системы управления химическими производствами»** преподается в 8-м семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-
			ПК-1.7. Знает основные понятия теории управления технологическими процессами; статические и динамические характеристики объектов и звеньев управления; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; типовые системы автоматического управления в химической промышленности; методы и средства диагностики и контроля основных технологических параметров	
			ПК-1.8. Умеет определять основные статические и	

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
			динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса ПК-1.9. Владеет методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов	исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
Исследование и разработка средств и систем автоматизации и управления различного назначения, в том числе жизненным циклом продукции и ее качеством применительно к конкретным условиям производства на основе отечественных и международных	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-	ПК-5. Способен проводить расчеты и выбирать средства автоматизации и управления технологическими процессами и системами в области профессиональной деятельности	ПК-5.1. Знает основные этапы анализа и синтеза одно- и многоконтурных систем автоматического регулирования химико-технологических процессов ПК-5.2. Умеет составлять базовую схему регулирования химико-технологического процесса с использованием принятых обозначений, использовать	Профессиональный стандарт 40.057 "Специалист по автоматизированным системам управления машиностроительным предприятием" утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28.09.2020 N 658н Обобщенная трудовая функция С. Разработка АСУП.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
нормативных документов	конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		<p>современные программно-аппаратные средства автоматизированного управления</p> <p>ПК-5.3. Владеет методами расчета, сравнения и выбора оптимальных схем регулирования технологических процессов с использованием специализированного программного обеспечения.</p>	<p>С/01.6. Определение целесообразности автоматизации процессов управления в организации (уровень квалификации – 6)</p> <p>С/02.6. Разработка информационного обеспечения АСУП (уровень квалификации – 6)</p> <p>D/01.6. Обработка данных о функционировании производственных подсистем АСУП (уровень квалификации – 6)</p> <p>D/02.6. Обработка данных о состоянии материальной базы АСУП (уровень квалификации – 6).</p>



В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- основные понятия в области создания и функционирования интегрированных систем управления химическими производствами;
- математические модели и методы решения задач технико-экономического и календарного планирования;
- основные функциональные возможности, программные средства SCADA-систем.

*Уметь:*

- решать задачи технико-экономического и календарного планирования с использованием аналитических методов и программных средств;
- разрабатывать проекты АСУ ТП в среде SCADA-систем.

*Владеть:*

- навыками использования методов и средств линейного программирования для решения задач технико-экономического и календарного планирования;
- навыками использования инструментальных программных средств SCADA-систем для проектирования систем управления.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>6</b>	<b>216</b>	<b>162</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,7</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Лекции	0,45	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	32	24
Курсовая работа (практические занятия)	0,9	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,3</b>	<b>84</b>	<b>63</b>
Контактная самостоятельная работа	2,3	0.4	0.3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		83.6	62.7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0.4	0.3
Подготовка к экзамену.		35.6	26.7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Экзамен</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов									
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	Курсовая работа (практические занятия)	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
	Введение	1		0,5		-		-	-		0,5
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Структура и функциональные возможности интегрированных систем управления химическими производствами</b>	<b>37,5</b>		<b>5,5</b>		<b>2</b>		<b>-</b>	<b>-</b>		<b>30</b>
1.1	Иерархическая структура интегрированных автоматизированных систем управления химическими производствами	9,5		1,5		-		-	-		8
1.2	Автоматизированные системы управления производственными процессами (АСУ ПП)	10		2		-		-	-		8
1.3	Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП)	18		2		2		-	-		14
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Модели и методы решения задач планирования производственных процессов</b>	<b>77,5</b>		<b>8</b>		<b>14</b>		<b>-</b>	<b>32</b>		<b>23,5</b>

2.1	Математическая постановка задач технико-экономического и календарного планирования	29,5		4		6		-	14		5,5
2.2	Методы решения задач технико-экономического и календарного планирования	48		4		8		-	18		18
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Системы сбора данных и оперативного диспетчерского управления – SCADA-системы</b>	<b>63,5</b>		<b>1,5</b>		<b>-</b>		<b>32-</b>	<b>-</b>		<b>30</b>
3.1	Основные функциональные возможности SCADA-систем	5,5		0,5		-		-	-		5
3.2	Программные средства и использование SCADA-систем для проектирования АСУ ТП	5,5		0,5		-		-	-		5
3.3	Система сбора данных и диспетчерского управления TRACE MODE 6	52,5		0,5		-		32	-		20
	Заключение	0,5		0,5		-		-	-		
	<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>		<b>16</b>		<b>16</b>		<b>32</b>	<b>32</b>		<b>120</b>
	<b>Экзамен</b>	<b>36</b>									
	<b>ИТОГО</b>	<b>216</b>									

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

**Введение.** Цели и задачи курса. Краткий исторический очерк создания. Основные понятия, определения, терминология.

**Раздел 1. Структура и функциональные возможности интегрированных систем управления химическими производствами**

**1.1. Иерархическая структура интегрированных систем управления химическими производствами.** Структура и функциональные возможности интегрированных систем управления крупнотоннажными непрерывными и многоассортиментными гибкими химическими производствами.

**1.2. Автоматизированные системы управления производственными процессами (АСУ ПП).** Основные функциональные возможности АСУ ПП. Сбор и хранение данных; управление производственными процессами, ресурсами и фондами; оперативное планирование; управление качеством продукции и др. Примеры реализации АСУ ПП в химической промышленности.

**1.3. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).** Этапы развития. Архитектура, функции, режимы работы. Технические средства АСУ ТП: классификация, функциональные, технологические, метрологические и конструктивные требования к выбору. Контроллеры ввода/вывода: структура, назначение модулей аналогового и дискретного ввода/вывода. Программируемые логические контроллеры (ПЛК): функции, обобщенная архитектура, классификация; языки программирования, основные производители. Промышленные сети передачи данных: понятие, виды, сравнительная характеристика основных топологий, протоколы обмена информацией, уровни организации взаимодействия, стандарты промышленных сетей. Промышленные компьютеры: особенности исполнения, функции, используемые операционные системы, основные производители. Реализация функций АСУ ТП с использованием веб-технологий.

**Раздел 2. Модели и методы решения задач планирования производственных процессов**

**2.1. Математическая постановка задач технико-экономического и календарного планирования.**

Классификация задач планирования. Основные уровни и задачи планирования работы химических производств: долгосрочный (прогнозирование и технико-экономическое планирование), среднесрочный (оптимальное календарное планирование). Словесная формулировка и математическая постановка задач технико-экономического и календарного планирования химических производств. Экономико-математические модели.

**2.2. Методы решения задач технико-экономического и календарного планирования.**

Расчет оптимальной производственной программы – задача линейного программирования. Графический, аналитический и численные методы решения задач технико-экономического планирования. Методы решения задач линейного программирования при одном критерии оптимизации, в условиях неопределенности и в многокритериальной постановке.

**Раздел 3. Системы сбора данных и оперативного диспетчерского управления – SCADA-системы**

**3.1. Основные функциональные возможности SCADA-систем.** SCADA-системы: определение и основные функции. Человекомашинный интерфейс: понятие, особенности и этапы разработки, маркировка и обозначения органов управления и контрольных устройств, правила кодирования информации. Мнемосхема технологического объекта: общие эргономические требования. Технические и эксплуатационные характеристики для оценки функциональности SCADA-систем.

**3.2. Программные средства и использование SCADA-систем для проектирования АСУ ТП.** Основные этапы проектирования АСУ ТП с использованием SCADA-систем. Управление через сеть Интернет. Обзор наиболее распространенных отечественных и зарубежных SCADA-систем.

**3.3. Система сбора данных и диспетчерского управления TRACE MODE 6.** Интегрированная информационная система для управления промышленным производством TRACE MODE 6. Основные понятия. Функциональная структура. Основные характеристики, состав и назначение отдельных модулей. Опыт использования в различных областях промышленности. Структура проекта в TRACE MODE 6. Компоненты проекта: узел, канал, атрибут. Аргументы. Создание каналов в узлах проекта, связь с источниками/приемниками данных. Автопостроение. Математический аппарат TRACE MODE 6: языки программирования алгоритмов управления, особенности применения. Редактор программ. Редактор аргументов. Переменные, константы, функции. Типы данных. Редактор графических экранов TRACE MODE 6: экраны, слои, графические элементы, графические объекты.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>			
1.	– основные понятия в области создания и функционирования интегрированных систем управления химическими производствами;	+		
2.	– математические модели и методы решения задач технико-экономического и календарного планирования;		+	
3.	– основные функциональные возможности, программные средства SCADA-систем.			+
	<b>Уметь:</b>			
4.	– решать задачи технико-экономического и календарного планирования с использованием аналитических методов программных средств;		+	
5.	– разрабатывать проекты АСУ ТП в среде SCADA-систем.			+
	<b>Владеть:</b>			
6.	– навыками использования методов и средств линейного программирования для решения задач технико-экономического и календарного планирования;		+	
7.	– навыками использования инструментальных программных средств SCADA-систем для проектирования системы управления.			+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения</u> :				
	<b>Код и наименование ПК (перечень из п.2)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)</b>		
8.	ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	+	+
ПК-1.7. Знает основные понятия теории управления технологическими процессами; статические и динамические характеристики объектов и звеньев управления; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; типовые системы автоматического управления в химической промышленности; методы и средства диагностики и контроля основных технологических параметров		+	+	
ПК-1.8. Умеет определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для		+	+	

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
		диагностики химико-технологического процесса		
		ПК-1.9. Владеет методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов		
9.	ПК-5. Способен проводить расчеты и выбирать средства автоматизации и управления технологическими процессами и системами в области профессиональной деятельности	ПК-5.1. Знает основные этапы анализа и синтеза одно- и многоконтурных систем автоматического регулирования химико-технологических процессов		
ПК-5.2. Умеет составлять базовую схему регулирования химико-технологического процесса с использованием принятых обозначений, использовать современные программно-аппаратные средства автоматизированного управления				
ПК-5.3. Владеет методами расчета, сравнения и выбора оптимальных схем регулирования технологических процессов с использованием специализированного программного обеспечения.				

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.3	Разработка функциональной схемы автоматизации на примере регулирования температурного режима в ректификационной колонне	2
2	2.1	Постановка и решение задачи технико-экономического планирования для выпуска двух продуктов с использованием графического метода	6
3	2.2	Постановка и решение задачи технико-экономического планирования для выпуска пяти продуктов с использованием симплекс-метода	8

### 6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «**Интегрированные системы управления химическими производствами**», а также дает знания о разработке и моделировании алгоритмов управления установками химических производств с использованием интегрированной среды разработки TRACE MODE 6.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 45 баллов (максимально по 15 балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	3.3	Изучение основных функций интегрированной среды разработки TRACE MODE 6. Создание структуры проекта, разработка графического интерфейса (мнемосхемы) операторских станций. Создание аргументов экрана. Изучение процедуры автопостроения каналов	12
2		Разработка управляющих программ на языке Techno FBD (Function Block Diagram – функциональных блок-диаграмм) (реализации математической модели АСР). Создание модели объекта. Создание FBD-программы регулятора. Создание аргументов программы. Организация вызова программ, автопостроение каналов с помощью редактора аргументов, автоматическая привязка аргументов к атрибутам каналов	10
3		Имитационное моделирование работы синтезированной в TRACE MODE 6 АСР и подбор оптимальных параметров настройки регуляторов по показателям качества переходных процессов. Выбор технических средств (первичных средств автоматизации, контроллеров ввода/вывода и ПЛК)	10



## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Интегрированные системы управления химическими производствами» предусмотрена самостоятельная работа студента бакалавриата в объеме 120 часов (подготовка к экзамену – 36 часов). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению лабораторных работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- оформление отчетов по лабораторным и курсовой работе;
- подготовку к сдаче экзамена и лабораторного практикума по дисциплине.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

По дисциплине «Интегрированные системы управления химическими производствами» предусмотрены следующие баллы текущего контроля освоения дисциплины:

- Лабораторная работа №1 (раздел 3) – 15 баллов;
- Лабораторная работа №2 (раздел 3) – 15 баллов;
- Лабораторная работа №3 (раздел 3) – 15 баллов;
- Реферат – 15 баллов.

Формой контроля выполнения курсовой работы является зачет с оценкой. Максимальная сумма баллов, которые могут быть набраны в семестре, составляет 60 баллов в соответствии с принятой в РХТУ им. Д.И. Менделеева рейтинговой системой оценки. В целом, отчет по курсовой работе оценивается, исходя из максимально возможных 60 баллов. Предусмотрены следующие баллы текущего контроля:

- Теоретическая часть – 15 баллов;
- Практическая часть – 35 баллов;
- Выводы – 4 балла;
- Оформление отчета – 6 баллов.

### 8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Максимальная оценка за реферат – 15 баллов.

1. Современное состояние в области разработки автоматизированных систем управления технологическими процессами (химическая и смежные отрасли промышленности).
2. Обзор программно-технических комплексов, предназначенных для создания автоматизированных систем управления технологическими процессами.
3. Обзор аппаратно-программных средств Arduino и их использования для создания систем автоматики.
4. Интеллектуальные датчики. Понятие и обзор.
5. Современные технические средства реализации систем противоаварийной защиты промышленных установок.
6. Резервированные контроллеры для автоматизации непрерывных технологических процессов.
7. Обзор производителей запорной и регулирующей трубопроводной арматуры

для нефтяной, газовой, химической промышленности.

8. Обзор отечественных производителей контрольно-измерительных приборов (КИП).

9. Тенденции развития промышленных контроллеров.

10. Обзор отечественных организаций, занимающихся промышленной автоматизацией производства.

11. Индустрия 4.0. Понятие и современное состояние на предприятиях химического комплекса РФ.

12. Промышленный Internet вещей – основа четвертой промышленной революции.

13. Современные промышленные сетевые архитектуры в нефтехимической, химической, газовой промышленности.

14. Современное состояние технологии Industrial Ethernet.

15. Обзор функциональных возможностей программного продукта AllFusion Process Modeler 7 (Bpwin) для анализа и моделирования бизнес-процессов в стандарте IDEF0 (Integrated DEFinition), IDEF3, DFD.

16. Примеры практического использования программы AllFusion Process Modeler 7 (Bpwin) для моделирования бизнес-процессов в химической и смежных отраслях промышленности.

17. Обзор программного обеспечения для моделирования бизнес-процессов.

18. CALS-технологии (Continuous Acquisition and Life cycle Support — непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла) и их использование в химической промышленности.

19. ERP-системы (Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия). Функции и программные продукты.

20. Современные тенденции развития ERP-систем.

21. Обзор функциональных возможностей интегрированной системы управления предприятием Галактика ERP и примеры её практического использования в химической и смежных отраслях промышленности.

22. 1С:ERP Управление предприятием – обзор функциональных возможностей и опыт внедрения.

23. MES-системы (Manufacturing Execution System – производственная исполнительная система). Функции и программные продукты.

24. Обзор отечественных и зарубежных SCADA-систем.

25. Опыт внедрения SCADA-системы Trace Mode в различных отраслях промышленности.

26. MasterSCADA – обзор функциональных возможностей и опыт внедрения в различных отраслях промышленности.

27. Обзор функциональных возможностей инструментального программного комплекса промышленной автоматизации CODESYS (*Controller Development System*).

28. Обзор отечественных и зарубежных лабораторных информационных менеджмент-систем (ЛИМС).

29. Опыт практического использования ЛИМС в химической и смежных отраслях промышленности.

30. Plant Information System (PI System) – информационная система предприятия. Функции и программные продукты.

31. Интегрированные информационные системы управления процессами нефтепереработки.

32. Информационные системы для технического обслуживания и ремонта в химической промышленности.

33. Информационные системы управления складами.

34. Применение методологии ARIS (Architecture of Integrated Information Systems - Архитектура интегрированных информационных систем) для моделирования бизнес-

процессов организации.

35. Методология структурного анализа и проектирования сложных систем (бизнес-процессов организации) SADT (Structured Analysis and Design Technique – Технология структурного анализа и проектирования).

36. Методы реинжиниринга бизнес-процессов.

37. Примеры решения задач технико-экономического планирования в различных отраслях промышленности.

38. SVT (Substance Volume Tracking) – контроль веществ в поставках. Понятие и реализация в модуле SAP EHS.

39. Системы усовершенствованного управления технологическими процессами. Понятие и примеры практических разработок.

40. Обзор программных средств разработки и моделирования систем автоматического и автоматизированного управления.

## **8.2. Примеры лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины**

**Раздел 3.** Комплекс лабораторных работ «Моделирование алгоритмов управления установками химических производств с использованием интегрированной среды разработки TRACE MODE 6»

*Лабораторная работа 1.* Изучение основных функций интегрированной среды разработки TRACE MODE 6. Создание структуры проекта, разработка графического интерфейса (мнемосхемы) операторских станций. Создание аргументов экрана. Изучение процедуры автопостроения каналов. Максимальная оценка – 15 баллов.

*Лабораторная работа 2.* Разработка управляющих программ на языке Techno FBD (Function Block Diagram – функциональных блок-диаграмм) (реализации математической модели АСР). Создание модели объекта. Создание FBD-программы регулятора. Создание аргументов программы. Организация вызова программ, автопостроение каналов с помощью редактора аргументов, автоматическая привязка аргументов к атрибутам каналов. Максимальная оценка – 15 баллов.

*Лабораторная работа 3.* Имитационное моделирование работы синтезированной в TRACE MODE 6 АСР и подбор оптимальных параметров настройки регуляторов по показателям качества переходных процессов. Выбор технических средств (первичных средств автоматизации, контроллеров ввода/вывода и ПЛК). Максимальная оценка – 15 баллов.

### **Типовые задания по лабораторным работам**

*Комплекс лабораторных работ «Моделирование алгоритмов управления установками химических производств с использованием интегрированной среды разработки TRACE MODE 6»*

#### **Вариант №2.**

1. Изучить назначение, основные функциональные возможности и технические характеристики SCADA -системы TRACE MODE.

2. Разработать автоматическую систему регулирования (АСР) температуры куба в деэтанализаторе 1К-301 установки стабилизации конденсата (УСК) и соответствующие математические модели для расчета статических и динамических характеристик объекта управления:

– провести анализ технологического процесса деэтанализации и ректификации нестабильного конденсата с получением стабильного, который осуществляется в деэтанализаторе 1К-301, как объекта управления;

– выбрать структуру АСР и законы регулирования;

– рассчитать параметры настроек регулятора(ов), обеспечивающих устойчивую работу системы и оптимальные показатели качества работы АСР.

Передаточная функция по каналу регулирования температуры куба:

$$W_{об}(p) = \frac{2,7}{(7p + 1) \cdot (4p + 1)} * e^{-3p}$$

3. В SCADA-системе TraceMode разработать проект АСУ ТП:
  - мнемосхему блока ректификации нестабильного конденсата (деэтанализатор 1К-301) установки стабилизации конденсата (изобразить основные аппараты, материальные потоки и средства КИПиА);
  - управляющую программу (реализация математической модели АСР) на языке Techno FBD (Function Block Diagram – функциональных блок-диаграмм).
4. Провести имитационное моделирование разработанной АСР.
5. Провести анализ работы синтезированной АСР и подобрать оптимальные параметры настройки регулятора(ов) по показателям качества переходных процессов.
6. Подобрать технические средства автоматизации распределенной АСУ ТП.
7. Разработать функциональную схему автоматизации и составить спецификацию технических средств автоматизации.

### 8.3. Примеры заданий для выполнения курсовой работы

Максимальная оценка – 60 баллов – текущий контроль

**Формулировка и решение задач технико-экономического планирования с использованием средств Microsoft Excel, Mathcad и онлайн сервиса по высшей математике**

#### *Вариант № 1.*

**Цель работы:** овладение навыками решения задач линейного программирования, умение правильно формулировать словесную и математическую постановку задач линейного программирования, а также применение для решения навыков владения стандартными пакетами программ (Mathcad, Excel и онлайн сервиса по высшей математике ([http://www.math-pr.com/zlp\\_1.php](http://www.math-pr.com/zlp_1.php))).

**Задание:** Пусть имеется  $m$  видов ресурсов для производства  $n$  видов продукции. Количество имеющегося  $i$ -го вида ресурса составляет  $b_i$  в соответствующих единицах измерения. Количество  $i$ -го вида ресурса, используемого для выпуска одной единицы  $j$ -го вида продукции, составляет  $a_{ij}$ . Требуется определить, сколько продукции каждого вида необходимо произвести, чтобы принятый критерий оптимизации был наилучшим для конкретной задачи.

**Постановка задачи:** Предприятие производит пять видов продукции: А, В, С, D, Е. На выпуск каждого вида продукции требуется определенное количество ресурсов четырех видов: трудовых (рабочие часы), материальных (сырье и материалы), финансовых (затраты) и информационных. Согласно рабочему плану предприятия общее количество трудовых, финансовых, материальных и информационных ресурсов не более  $b_i$ . Данные о затратах ресурсов на единицу продукции приведены в таблице 1.

*Таблица 1*

*Необходимые затраты ресурсов на производство единицы продукции  $j$ -го вида.*

Ресурсы	Вид продукции					Запас ресурса ( $b_i$ )
	А	В	С	Д	Е	
Трудовые, ч	12	7	13	8	10	5690
Материальные, т	14	6	10	3	6	3750
Финансовые, тыс. руб.	13	4	7	14	9	7260
Информационные	7	10	11	6	11	6870

Данные по минимальным объемам производств каждого вида продукции приведены в таблице 2.

Таблица 2

*Минимальные объемы производства продукции каждого вида.*

	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>С</b>	<b>Д</b>	<b>Е</b>
<b>Минимальное количество, т</b>	13	21	23	15	12

Величина стоимости единицы готовой продукции каждого вида приведена в таблице 3.

Таблица 3

*Стоимость единицы готовой продукции.*

	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>С</b>	<b>Д</b>	<b>Е</b>
<b>Стоимость, тыс.руб.</b>	7	9	8	12	11

**Определить:** оптимальный объем производства каждого вида продукции (в тоннах) в месяц с целью получения максимального дохода.

## **8.4. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины.**

### **8.4.1. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен).**

**Максимальное количество баллов за экзамен – 40. 1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2– 20 баллов.**

1. Структура и основные функции интегрированных автоматизированных систем управления химическими производствами.
2. Основные принципы создания интегрированных автоматизированных систем управления.
3. Основные функциональные возможности автоматизированных систем управления производственными процессами (АСУ ПП). Примеры реализации АСУ ПП в химической промышленности.
4. Функционально-ориентированные автоматизированные системы.
5. Структура и функциональные возможности автоматизированных систем обучения.
6. Структура и функциональные возможности автоматизированных систем научных исследований.
7. Функциональные возможности лабораторных информационных менеджмент-систем.
8. Понятие АСУ ТП. Основные функции. Технические требования к распределенным АСУ ТП.
9. Иерархическая структура распределенной АСУ ТП. Технические средства и задачи, решаемые на разных уровнях.
10. Виды обеспечения функционирования АСУ ТП. Системотехнические принципы разработки технических средств автоматизации.
11. Рабочая станция оператора. Состав, характеристики аппаратных и программных средств.
12. Программируемый контроллер. Назначение, место в структуре АСУ ТП. Языки программирования.
13. Контроллеры ввода/вывода. Назначение, структура.
14. Типы и характеристики модулей ввода/вывода.
15. Первичные измерительные преобразователи. Состав и основные характеристики.
16. Классификация датчиков.
17. Функциональные, технологические, метрологические и конструктивные

требования к выбору датчиков.

18. Исполнительные органы. Состав и основные характеристики.
19. Классификация исполнительных механизмов и требования к выбору.
20. Промышленные сети передачи данных: понятие, виды, основные топологии, преимущества и недостатки использования в системах промышленной автоматизации.
21. Модели взаимодействия устройств в промышленных сетях.
22. Полевые шины. Стандарты, технические требования, типы.
23. Промышленные сети верхнего уровня. Преимущества использования, стандарты, технические требования.
24. Иерархия задач планирования и управления многоассортиментными химическими производствами.
25. Основные этапы формулировки задач технико-экономического планирования.
26. Основные методы решения задач технико-экономического планирования. Привести примеры.
27. Основные трудности при решении задач технико-экономического планирования.
28. Формулировка задач оптимальной загрузки мощностей как задачи линейного программирования.
29. Постановка задач оптимального календарного планирования.
30. Математические модели для сетевого анализа и планирования проектов.
31. Словесная и математическая постановка задачи технико-экономического планирования для производства, выпускающего  $n$  продуктов с использованием  $m$  ресурсов ( $n=m=3$ ;  $n=2, m=3$ ;  $n=3, m=2$ ). Методы решения сформулированных задач.
32. SCADA-системы. Основные понятия, требования и функциональные возможности.
33. Человекомашинный интерфейс: понятие, особенности и этапы разработки, маркировка и обозначения органов управления и контрольных устройств, правила кодирования информации.
34. Мнемосхема технологического объекта: общие эргономические требования.
35. Основные этапы проектирования АСУ ТП с использованием SCADA-систем. Основные отечественные и зарубежные SCADA-системы.
36. Автоматизированные системы, использующие Интернет.
37. SCADA-система Trace Mode. Назначение, основные функции, этапы разработки проекта АСУ ТП.
38. Компоненты проекта АСУ ТП в SCADA-системе Trace Mode.
39. Математический аппарат TRACE MODE 6: языки программирования алгоритмов управления, особенности применения.
40. Математический аппарат TRACE MODE 6: Переменные, константы, функции. Типы данных.

#### **8.4.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой).**

**Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40. 1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2– 20 баллов.**

##### **1. Записать математическую постановку задачи ТЭП.**

Предприятие производит  $n$  видов продукции. На выпуск каждого вида продукции требуется определенное количество ресурсов  $m$  видов. Согласно рабочему плану предприятия общее количество ресурсов каждого вида не более  $b_i$ . Данные о затратах ресурсов на единицу продукции приведены в таблице 1.

Таблица 1

Необходимые затраты ресурсов на производство единицы продукции  $j$ -го вида.

Ресурсы	Вид продукции					Запас ресурса ( $b_i$ )
	1	2	$j$	...	$n$	
1	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{1j}$	...	$a_{1n}$	$b_1$
2	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{2j}$	...	$a_{2n}$	$b_2$
$i$	$a_{i1}$	$a_{i2}$	$a_{ij}$	...	$a_{in}$	$b_i$
...	...	...	...	...		...
$m$	$a_{m1}$	$a_{m2}$	$a_{mj}$	...	$a_{mn}$	$b_m$

Данные по минимальным объемам производств каждого вида продукции приведены в таблице 2.

Таблица 2

Минимальные объемы производства продукции каждого вида.

	1	2	$j$	...	$n$
Минимальное количество, т					

Величина стоимости единицы готовой продукции каждого вида приведена в таблице 3.

Таблица 3

Стоимость единицы готовой продукции.

	1	2	$j$	...	$n$
Стоимость, тыс.руб.					

**Определить:** оптимальный объем производства каждого вида продукции (в тоннах) в месяц с целью получения максимального дохода.

2. Предприятие производит  $n$  видов продукции. На выпуск каждого вида продукции требуется определенное количество ресурсов  $m$  видов. Согласно рабочему плану предприятия общее количество ресурсов каждого вида не более  $b_i$ . Данные о затратах ресурсов на единицу продукции приведены в таблице 1.

Таблица 1

Необходимые затраты ресурсов на производство единицы продукции  $j$ -го вида.

Ресурсы	Вид продукции					Запас ресурса ( $b_i$ )
	1	2	$j$	...	$n$	
1	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{1j}$	...	$a_{1n}$	$b_1$
2	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{2j}$	...	$a_{2n}$	$b_2$
$i$	$a_{i1}$	$a_{i2}$	$a_{ij}$	...	$a_{in}$	$b_i$
...	...	...	...	...		...
$m$	$a_{m1}$	$a_{m2}$	$a_{mj}$	...	$a_{mn}$	$b_m$

Записать систему ограничений на имеющиеся ресурсы через выделенные переменные решения задачи. Для случая  $m=n$ ,  $x_j$  – объем  $j$ -го вида продукции.

Решить полученную систему методом Крамера в MS Excel (или обратной матрицы в зависимости от варианта).

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

## 8.5. Структура и примеры билетов

### 8.5.1. Структура и примеры билетов для экзамена

Экзамен по дисциплине «**Интегрированные системы управления химическими производствами**» проводится в 8 семестре и включает контрольные вопросы по разделам рабочей программы дисциплины. Билет для *экзамена* состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы экзамена оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 20 баллов, второй – 20 баллов.

Пример билета для *экзамена*.

<p>«<i>Утверждаю</i>» Зав. каф. КХТП (Должность, название кафедры)  Глебов М.Б. (Подпись) (И. О. Фамилия)  «__» _____ 20__ г.</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра кибернетики химико-технологических процессов</b>
	<b>18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»</b>
	<b>Дисциплина «Интегрированные системы управления химическими производствами»</b>
<b>Билет № 1</b>	
1. Понятие АСУ ТП. Основные функции. Технические требования к распределенным АСУ ТП.	
2. Основные методы решения задач технико-экономического планирования. Привести примеры.	

### 8.5.2. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по дисциплине «**Интегрированные системы управления химическими производствами**» проводится в 8 семестре и включает практические задания по разделу 2 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанному разделу. Ответы на вопросы зачета с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первое задание – 20 баллов, за второе – 20 баллов.

Пример билета для *зачета с оценкой*.



<p align="center"><i>«Утверждаю»</i> Зав. каф. КХТП (Должность, название кафедры)</p> <p align="center">Глебов М.Б. (Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p align="center">«__» _____ 20__ г.</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра кибернетики химико-технологических процессов</b>
	<b>18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</b>
	<b>Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»</b>
	<b>Дисциплина «Интегрированные системы управления химическими производствами»</b>

**Билет № 1**

**1. Записать математическую постановку задачи ТЭП.**

Предприятие производит  $n$  видов продукции. На выпуск каждого вида продукции требуется определенное количество ресурсов  $m$  видов. Согласно рабочему плану предприятия общее количество ресурсов каждого вида не более  $b_i$ . Данные о затратах ресурсов на единицу продукции приведены в таблице 1.

*Таблица 1*

*Необходимые затраты ресурсов на производство единицы продукции  $j$ -го вида.*

Ресурсы	Вид продукции					Запас ресурса ( $b_i$ )
	A	B	C	D	E	
Трудовые, ч	10	7	13	8	12	1230
Материальные, т	9	4	7	14	13	3896
Финансовые, тыс. руб.	6	6	10	3	14	6841
Информационные	11	10	11	6	7	4587

Данные по минимальным объемам производств каждого вида продукции приведены в таблице 2.

*Таблица 2*

*Минимальные объемы производства продукции каждого вида.*

	A	B	C	D	E
<b>Минимальное количество, т</b>	31	21	32	51	12

Величина стоимости единицы готовой продукции каждого вида приведена в таблице 3.

*Таблица 3*

*Стоимость единицы готовой продукции.*

	A	B	C	D	E
<b>Стоимость, тыс.руб.</b>	71	90	83	12	11

**Определить:** оптимальный объем производства каждого вида продукции (в тоннах) в месяц с целью получения максимального дохода.

2. Предприятие производит  $n$  видов продукции. На выпуск каждого вида продукции требуется определенное количество ресурсов  $m$  видов. Согласно рабочему плану предприятия общее количество ресурсов каждого вида не более  $b_i$ . Данные о затратах ресурсов на единицу продукции приведены в таблице.

Таблица

Необходимые затраты ресурсов на производство единицы продукции  $j$ -го вида.

Ресурсы	Вид продукции				Запас ресурса ( $b_i$ )
	1	2	3	4	
1	5	8	1	4	1230
2	8	9	9	9	3625
3	6	7	8	5	2993
4	9	4	7	3	3302

Записать систему ограничений на имеющиеся ресурсы через выделенные переменные решения задачи. Для случая  $m=n$ ,  $x_j$  – объем  $j$ -го вида продукции.

Решить полученную систему методом Крамера в MS Excel.

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А) Основная литература:

1. Егоров А. Ф. Интегрированные автоматизированные системы управления химическими производствами и предприятиями: учебное пособие для вузов / А. Ф. Егоров. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 248 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13871-9. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/496604> (дата обращения: 21.04.2022).

2. Дубровский И. И. Проектирование автоматизированных систем управления химико-технологическими процессами и системами [Текст]: учебное пособие / И. И. Дубровский, В. Л. Лукьянов. — М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. — 211 с.

3. Карпов, К. А. Основы автоматизации производств нефтегазохимического комплекса: учебное пособие / К. А. Карпов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 108 с. — ISBN 978-5-8114-4187-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206414> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Пьявченко, Т. А. Автоматизированные информационно-управляющие системы с применением SCADA-системы TRACE MODE: учебное пособие / Т. А. Пьявченко. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-1885-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212153> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Тугов, В. В. Проектирование автоматизированных систем управления: учебное пособие для вузов / В. В. Тугов, А. И. Сергеев, Н. С. Шаров. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 172 с. — ISBN 978-5-8114-8987-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/186064> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Б) Дополнительная литература:

1. Михайлова П. Г., Егоров А. Ф. Проектирование систем управления с использованием интегрированной среды разработки приложений TRACE MODE [Текст]: лабораторный практикум: учеб. пособие. — М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. — 70 с.

2. Плюто В. П. Типовые решения по автоматизации технологических процессов в химической промышленности [Текст]: учебное пособие / В. П. Плюто, И. И. Дубровский, В. Л. Лукьянов. — М.: РХТУ. Издат. центр, 2008. — 128 с.

3. Деменков Н.П. SCADA-системы как инструмент проектирования АСУТП: учеб. пособие – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 328 с.
4. Беспалов А.В., Харитонов Н.И. Системы управления химико-технологическими процессами. – М. : Академкнига, 2007. – 696 с.
5. Моделирование систем автоматического управления с использованием программной среды MATLAB/Simulink. Лабораторный практикум: учеб. пособие / П. Г. Михайлова, А. Ф. Егоров. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016. – 76 с.
6. Плютто В. П. Микропроцессорные системы управления [Текст] : учебное пособие / В. П. Плютто, И. И. Дубровский, В. Л. Лукьянов. – М. : РХТУ. Издат. центр, 2008. – 196 с.
7. Шайкин А.Н. Практические основы линейной оптимизации: учеб. пособие / под ред. А.Ф. Егорова. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. – 144 с.
8. Перов В.Л., Егоров А.Ф., Фам Куанг Баг. Календарное планирование в многопродуктовых периодических химических производствах. Модели, методы и алгоритмы решения: учеб. пособие. – М. : МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1992. – 40 с.
9. Федотов, А. В. Компьютерное управление в производственных системах : учебное пособие для вузов / А. В. Федотов, В. Г. Хомченко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 620 с. — ISBN 978-5-8114-8065-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171424> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

### *Научно-технические журналы:*

1. «Проблемы управления» ISSN печатной версии: 1819-3161.
2. «Автоматизация в промышленности» ISSN печатной версии: 1819-5962;
3. «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика» ISSN печатной версии: 2073-0004;
4. «СТА: современные технологии автоматизации» ISSN печатной версии: 0206-975X;
5. «Программные продукты и системы» ISSN печатной версии: 0236-235X, ISSN онлайн-версии: 2311-2735.

### *Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:*

1. ООО АдАстра Рисерч Груп (AdAstra Research Group, Ltd) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.adastra.ru> (дата обращения: 22.04.2022).
2. Высшая Математика. Решение задач и примеров – OnLine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.math-pr.com/index.html> (дата обращения: 22.04.2022).

## 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- электронные конспекты лекций, материалы для выполнения лабораторных работ (цель и задачи, варианты заданий, методические указания, требования к отчетам), перечень тем рефератов и заданий на курсовые работы в соответствии с программой дисциплины, банк тестовых заданий для текущего и итогового контроля освоения дисциплины, реализованных в системе дистанционного обучения Moodle (общее число вопросов – 61);
- варианты заданий для выполнения лабораторных работ, направленных на приобретение студентами навыков разработки АСУ ТП в среде разработки SCADA-системы TRACE MODE;
- перечни критериев оценки лабораторных работ, реферата и курсовой работы;

список рекомендуемой литературы; дополнительные источники информации; глоссарий основных понятий, определений.

Указанные информационно-образовательные ресурсы размещены на выделенном сервере кафедры КХТП в Междисциплинарной автоматизированной системе обучения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cis.muctr.ru/alk> (дата обращения: 20.04.2022) (доступны из локальной сети кафедры КХТП).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн с использованием LMS Moodle, включая обмен сообщениями, новостной форум и др., и платформы проведения видеоконференций Pruffme.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 г. 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Интегрированные системы управления химическими производствами»* проводятся в форме лекций, практических, лабораторных занятий, курсовой работы и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе**

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеется 2 компьютерных класса с 17 компьютерами (2 для работы преподавателей, 15 для работы студентов) и 1 выделенный сервер. Все компьютеры имеют доступ к сети Интернет.

Для проведения практических занятий по дисциплине имеются: многофункциональная лаборатория, оборудованная мультимедийным оборудованием, имеющая 10 персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Интернет, и одно многофункциональное устройство; компьютерный класс, оборудованный 9 компьютерами, объединенными в локальную сеть с выходом в Интернет, и одним принтером.

Кафедра обладает стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5.

Для реализации информационно-образовательных ресурсов дисциплин вариативной части программы на выделенном сервере кафедры КХТП под управлением Microsoft Windows Server Standart 2008 развернуты веб-сервер Apache 2.2.17, Hypertext Preprocessor (php) 5.3.18, система управления базами данных (СУБД) MySQL 5, система дистанционного обучения (СДО) Moodle 2.6.1. Для доступа к Moodle используется веб-браузер Google Chrome или Mozilla FireFox.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия**

Слайды презентации для выполнения лабораторных работ по разработке проекта АСУ ТП в SCADA-системе TRACE MODE 6, фрагменты технологических регламентов производств.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

На кафедре КХТП для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5.

При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях или при проведении лабораторных работ на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; специализированное программное обеспечение.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на образовательном сайте междисциплинарной АСО <http://cis.muotr.ru/alk/>, разработанном на кафедре компьютерно-интегрированных систем в химической технологии с 2014 по 2021 г., поддерживаемом в настоящее время, сотрудниками кафедры КХТП.

### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

При выполнении лабораторного практикума по дисциплине используется программное обеспечение:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	Интегрированная среда разработки приложений TRACE MODE 6	Доступна на сайте разработчика по ссылке <a href="http://www.adastra.ru/products/dev/scada/">http://www.adastra.ru/products/dev/scada/</a>	-	Бессрочно
2.	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent	Государственный контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10, Акт № Tr048787, накладная № Tr048787 от 20.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	Бессрочно

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
	Licenses (per License)			
3.	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
4.	PTC Mathcad Express	Доступна на сайте разработчика по ссылке <a href="https://www.ptc.com/ru/products/mathcad-express-free-download">https://www.ptc.com/ru/products/mathcad-express-free-download</a>	-	30-дневная полнофункциональная версия. По истечении 30 дней автоматически – неограниченный срок доступа к PTC Mathcad Express, облегченной версии PTC Mathcad Prime
5.	Math. Высшая Математика Решение задач и примеров - OnLine	Доступна на сайте разработчика по ссылке <a href="http://www.math-pr.com/zlp_1.php">http://www.math-pr.com/zlp_1.php</a>	-	—
6.	Неисключительная лицензия на использование O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word Excel PowerPoint Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	5 лицензий для профессорско-преподавательского состава ВУЗа. Соглашение Microsoft OVS-ES № V6775907	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
7.	Неисключительная лицензия на использование O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	25 лицензий для студентов ВУЗа. Соглашение Microsoft OVS-ES № V6775907	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую)

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
	Academic Student STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word Excel PowerPoint Microsoft Teams			версию продукта)

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Структура и функциональные возможности интегрированных автоматизированных систем управления химическими производствами	<b>Знает</b> – основные понятия в области интегрированных систем управления химическими производствами (понятия АСУ ПП, АСУ ТП, ERP, MES, SCADA-систем); современные технические средства автоматизации ТП. <b>Умеет</b> – осуществлять процедуры декомпозиции сложных химических производств на ряд управляемых подсистем. <b>Владеет</b> – навыками выбора технических средств автоматизации технологических процессов (первичных средств, контроллеров ввода/вывода, ПЛК)	Оценка за реферат. Оценка на экзамене.
<b>Раздел 2.</b> Модели и методы решения задач планирования производственных процессов	<b>Знает</b> – постановку, модели и методы решения задач планирования производственных процессов <b>Умеет</b> – решать задачи технико-экономического и календарного планирования производственных процессов <b>Владеет</b> – навыками использования специализированного программного обеспечения для решения задач технико-экономического и	Оценка за курсовую работу – зачет с оценкой. Оценка на экзамене

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	календарного планирования	
<b>Раздел 3.</b> Системы сбора данных и оперативного диспетчерского управления – SCADA-системы	<p><b>Знает</b> – основные функциональные возможности SCADA-систем; этапы проектирования АСУ ТП с использованием SCADA-систем; наиболее распространенные отечественные и зарубежные SCADA-системы.</p> <p><b>Умеет</b> – создавать проект АСУ ТП в SCADA-системе TRACE MODE; разрабатывать мнемосхему технологического объекта; разрабатывать управляющие программы на языке Techno FBD.</p> <p><b>Владеет</b> – навыками использования программного обеспечения для решения задач проектирования АСУ ТП и АСУ ХТП</p>	<p>Оценка за лабораторные работы.</p> <p>Оценка на экзамене</p>

### 13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_, протокол № \_\_, введенным в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_ № \_\_;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).



**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РПД**  
**по дисциплине «Интегрированные системы управления химическими**  
**производствами»**  
**основной образовательной программы высшего образования – программы**  
**бакалавриата**  
**по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в**  
**химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»**  
**Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»**  
**Квалификация - бакалавр**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Макрокинетика химических процессов»**

**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы  
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки – «Основные процессы химических производств и  
химическая кибернетика»**

**Квалификация «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022 г.**

Программа составлена: профессором кафедры кибернетики ХТП, д.т.н. Писаренко Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «26» апреля 2022 г., протокол № 7.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Программа составлена** в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика», рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д. И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Макрокинетика химических процессов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, информатики, общей и неорганической химии, органической химии и аналогичных дисциплинах других направлений подготовки бакалавров.

**Цель дисциплины:** научить студентов методам анализа и моделирования химических процессов, обеспечивающих резкое сокращение сроков проведения научно-технических исследований при одновременном увеличении их надежности; способам создания новых производств и интенсификации действующих.

При изучении дисциплины студенты приобретают практические навыки построения кинетических моделей сложных гетерогенно-каталитических реакций; моделей зерна катализатора и моделей каталитических реакторов, а также осваивают аналитические и численные методы решения уравнений математических моделей и проверку их адекватности экспериментальным данным. В рамках данной дисциплины предусматривается, что студенты приобретают знания о современном реакторном оборудовании производств синтез-газа, метанола, водорода, диметилового эфира, аммиака, формальдегида, бутиловых спиртов, причем особое внимание уделяется совмещенным процессам.

### **Задачи дисциплины:**

- формирование опыта и навыков построения кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций;
- освоение основных методов оценки неизвестных параметров кинетических моделей и проверки их адекватности экспериментальным данным;
- формирование опыта и навыков анализа процессов массо-, теплопереноса в зерне гетерогенного катализатора, построения моделей зерна катализатора для гранул различных форм, расчета факторов эффективности работы зерна катализатора для различных реакций и реагентов;
- освоение методик построения моделей тепло- и массопереноса в газожидкостных системах и расчета величин межфазовых потоков и коэффициента ускорения абсорбции вследствие химической реакции;
- формирование опыта и навыков построения моделей реакторов с одно- и многофазными химическими процессами;
- приобретение практических навыков расчета конструктивных параметров химических реакторов с однофазными и многофазными потоками, определение ресурсо-, энергосберегающих режимов их эксплуатации;
- проведение практических работ с применением современных средств вычислительной техники.

Дисциплина «Макрокинетика химических процессов» в соответствии с учебным планом подготовки бакалавра преподается в 5-м семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Разработка и реализация проектов	УК-2 – Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.3 – Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ПК-1.5. Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры оптимальной организации процесса в химическом реакторе; рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта; оценивать технологическую эффективность химико-технологического процесса  ПК-1.6. Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах; методикой выбора реактора и расчета процесса в нем; основами анализа и синтеза химико-технологических систем; методикой расчета материально-тепловых балансов; методами расчета основных технико-экономических показателей химического производства.	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).

<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий</p>	<p>ПК-4.1. Знает методы сбора, анализа и систематизации экспериментальных данных, обобщения научно-технической информации в области профессиональной деятельности с использованием информационных компьютерных технологий</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки</p> <p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н,</p> <p>Обобщенная трудовая функция</p> <p>А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы.</p> <p>А/01.5. Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований (уровень квалификации – 5).</p> <p>А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- основные принципы системного анализа химических процессов,
- основные методы построения математических моделей – кинетической, межфазового переноса газ-жидкость, химических реакторов с однофазными и многофазными потоками химических реагентов,
- математические методы решения уравнений моделей реакторов и физико-химических процессов в них протекающих,
- основные способы организации энерго-, ресурсосберегающих процессов в химических реакторах,
- способы интенсификации промышленных химических процессов,
- основные типы промышленных высокоэффективных химических реакторов и способы организации крупнотоннажных химических процессов.

*Уметь:*

- провести системный анализ новых химических процессов и интенсифицировать по целевым продуктам действующие производства,
- вывести уравнения химических инвариантов для заданной системы реагентов, установить минимальное число реагентов, измерение концентраций которых обеспечивает возможность оценки макрокинетических параметров моделей реакторов,
- осуществить по результатам лабораторного и стендового эксперимента построение кинетических и реакторных моделей,
- выбрать модель межфазового переноса тепла и массы для заданной системы газ-жидкость, оценить концентрации переходящего компонента в газе и жидкости, рассчитать коэффициент ускорения абсорбции переходящего компонента вследствие химической реакции,
- анализировать и моделировать режимы работы промышленных реакторов с трехфазными системами газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов,
- произвести расчеты по установлению оптимальной конструкции реактора и режимов его эксплуатации, обеспечивающих его заданную годовую производительность по целевому продукту,
- определить способы дальнейшего повышения рентабельности работы моделируемого реактора.

*Владеть:*

- информацией по конструкциям высокопроизводительных химических реакторов, способам пуска реакторов, режимам их непрерывной эксплуатации и останова,
- методами анализа и моделирования химических процессов,
- способами расчета макрокинетических констант модели по результатам промышленного эксперимента,
- основными методами решения уравнений квазигомогенных и многофазных моделей реакторов,
- методами расчета – для заданного химического процесса - конструкции промышленного реактора и режимов его эксплуатации,
- основными способами интенсификации промышленных процессов.



### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,3</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,4	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,4	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,4	16	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,7</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,7	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	44,85
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1 семестр						
	<b>Введение.</b> Системный анализ реакторных процессов. Иерархические уровни анализа и исследования химических процессов. Закономерности протекания сложной химической реакции в гомогенных и гетерогенных физико-химических системах. Классификация математических методов моделирования промышленных процессов.	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	-	-	-
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Теоретические основы. Статика и кинетика химически реагирующих систем. Построение кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций.</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>20</b>
1.1	Определение механизма многостадийной химической реакции. Стехиометрический анализ реагирующей химической системы.	6,5	0,5	0,5	0,5	5
1.2	Меры завершенности реакций. Химические варианты и инварианты. Основная система кинетических уравнений.	7	0,5	0,5	1	5

1.3	Типы моделей кинетики химических реакций. Закон действующих масс и закон действующих поверхностей.	6	0,5	-	0,5	5
1.4	Построение кинетических моделей гетерогенно-каталитических реакций со сложным механизмом протекания.	10,5	0,5	3	2	5
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Методы моделирования химических процессов в двухфазных системах газ(жидкость)-твердое, газ-жидкость.</b>	<b>23</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
2.1	Области протекания каталитических реакций в системах газ - твердое. Экспериментальные методы определения областей протекания реакций.	3	0,5	1	0,5	1
2.2	Процессы переноса массы и тепла в зерне катализатора.	3	0,5	1	0,5	1
2.3	Математические модели гранул катализаторов различной формы – квазигомогенные, капиллярные, глобулярные, бидисперсные.	3	0,5	1	0,5	1
2.4	Уравнения диффузионной стехиометрии для изотермических и неизотермических процессов. Единственность и множественность стационарных состояний работы зерна. Основные способы интенсификации его работы.	4	0,5	1	0,5	2
2.5	Оценка внешнего и внутреннего факторов эффективности работы зерна катализатора для реагентов и итоговых реакций по маршрутам. Уравнения инвариантов для расчета факторов эффективности для неключевых веществ и независимых реакций.	3	0,5	1	0,5	1
2.6	Анализ процессов тепло- и массопереноса на границе раздела фаз газ-жидкость. Гидродинамика газожидкофазных систем. Пограничные слои при движении газового пузыря в жидкости. Газовые пузыри в стоковом потоке жидкости, при умеренных и больших числах Рейнольдса. Тепло- массоперенос на границах раздела газ-жидкость.	2	0,5	-	0,5	1
2.7	Модели массо- теплопереноса на границе раздела фаз газ-жидкость (пленочная, Хигби, Данквертса). Расчет величин межфазовых потоков и коэффициента ускорения абсорбции вследствие химической реакции. Оценка величин скоростей массопе-	5	1	-	1	3

	реноса при различных гидродинамических режимах движения фаз.					
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Моделирование процессов в однофазных и многофазных реакторах.</b>	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
3.1	Классификация моделей каталитических реакторов с аксиальным и радиальным направлением потока реагентов. Уравнения реакторных инвариантов. Квазигомогенные и двухфазные одно- и двух параметрические модели реакторов с аксиальным и/или радиальным направлением потока реагентов.	5	1	1	1	2
3.2	Изотермические, адиабатические, политропические реакторы. Реакторы с горизонтальными и вертикальными слоями катализатора и различной организацией движения сплошной фазы.	4	0,5	1	0,5	2
3.3	Трехфазные системы газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов. Режимы течения потоков в трехфазных системах. Перепад давления в трехфазных системах. Процессы переноса тепла и массы в трехфазных системах. Методы моделирования промышленных трехфазных реакторов.	4	1	-	1	2
3.4	Алгоритмы и численные методы решения уравнений моделей каталитических реакторов (явный и полунеявный методы Рунге-Кутты, метод ортогональных коллокаций).	5	1	1	1	2
3.5	Стационарные и нестационарные режимы работы реакторов. Методы расчета и анализа режимов работы квазигомогенных и многофазных каталитических реакторов с целью установления энерго- и ресурсосберегающих режимов их эксплуатации.	4	0,5	1	0,5	2
<b>4</b>	<b>Раздел 4. Конструкции каталитических реакторов в нефте- и газопереработке и режимы их эксплуатации.</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>10</b>
4.1	Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах синтез-газа, метанола, диметилового эфира, бутиловых спиртов.	2,5	0,5	1	-	1

4.2	Реакторы с радиальными слоями катализатора и реакторы с комбинированными слоями аксиально-радиального типа в производстве аммиака.	2	0,5	-	0,5	1
4.3	Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах метанола и формальдегида.	2,5	0,5	1	-	1
4.4	Комбинированные реакторы с трубчатой и полочной секциями в производстве формальдегида.	2	0,5	-	0,5	1
4.5	Реакторы с трехфазными потоками.	5	-	-	1	4
4.6	Реакторы с движущимся слоем катализатора получения оксидов мономеров.	2,5	0,5	-	1	1
4.7	Новые типы химических реакторов, перспективы их использования в различных отраслях промышленности.	1,5	0,5	-	-	1
<b>5</b>	<b>Раздел 5. Современные проблемы создания энерго- ресурсосберегающих промышленных процессов. Интенсификация работы химических реакторов.</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
5.1	Основные крупнотоннажные промышленные процессы химической и нефтехимической промышленности. Тенденции их развития и основные направления их интенсификации.	3	0,5	-	0,5	2
5.2	Способы эффективной организации в каталитических реакторах процессов конверсии природного газа в синтез-газ, водород, метанол, диметиловый эфир, моторные топлива.	3	0,5	0,5	-	2
5.3	Конструкции каталитических реакторов ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования.	5	0,5	-	0,5	4
5.4	Интенсификация работы химических реакторов на основе принципов совмещения химических и тепло-массообменных процессов, как в реакторном узле, так и в отдельном химическом реакторе.	3	0,5	0,5	-	2
	<b>Заключение.</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
	<b>Всего</b>	<b>108</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>60</b>

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

##### Введение

Системный анализ реакторных процессов. Иерархические уровни анализа и исследования химических процессов. Закономерности протекания сложной химической реакции в гомогенных и гетерогенных физико-химических системах. Основные подходы к построению кинетических моделей, моделей зерна катализатора и каталитического реактора и к решению проблемы моделирования одно- и многофазных химических процессов. Структурная и параметрическая идентификация моделей. Классификация математических методов моделирования промышленных процессов. Одно, двух и трехфазные химические системы и процессы. Гидродинамика однофазных и многофазных потоков. Основные закономерности протекания процессов переноса тепла и массы в многофазных системах при протекании в них или на поверхности раздела их фаз химических реакций.

### **Раздел 1. Теоретические основы. Статика и кинетика химически реагирующих систем. Построение кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций.**

1.1. Определение механизма многостадийной химической реакции. Стехиометрический анализ реагирующей химической системы. Структурная и стехиометрическая матрицы. Независимые химические реакции. Стехиометрическое правило Гиббса. Базисные решения основной стехиометрической системы уравнений. Методика расчета независимых реакций.

1.2. Меры завершенности реакций. Химические варианты и инварианты. Основная система кинетических уравнений.

1.3. Типы моделей кинетики химических реакций. Закон действующих масс и закон действующих поверхностей. Медленные и быстрые стадии механизма химической реакции.

1.4. Построение кинетических моделей гетерогенно-каталитических реакций со сложным механизмом протекания. Методы Боденштейна и Хориути. Принцип квазистационарности Боденштейна - Семенова. Боденштейновские и небоденштейновские вещества. Стехиометрические числа, маршруты реакций, стехиометрические матрицы итоговых уравнений маршрутов. Правило Хориути. Кинетические модели многостадийных химических реакций и их основные свойства.

### **Раздел 2. Методы моделирования химических процессов в двухфазных системах газ(жидкость)-твердое, газ-жидкость.**

2.1. Области протекания каталитических реакций в системах газ - твердое – внешне-диффузионная, внутридиффузионная, кинетическая. Экспериментальные методы определения областей протекания реакций.

2.2. Процессы переноса массы и тепла в зерне катализатора.

Молекулярная, кнудсеновская, поверхностная диффузия. Пуазейлевский, стефановский потоки. Нестационарные и стационарные режимы работы зерна.

2.3. Математические модели гранул катализаторов различной формы – квазигомогенные, капиллярные, глобулярные, бидисперсные.

2.4. Уравнения диффузионной стехиометрии для изотермических и неизотермических процессов. Единственность и множественность стационарных состояний работы зерна. Основные способы интенсификации его работы.

2.5. Оценка внешнего и внутреннего факторов эффективности работы зерна катализатора для реагентов и итоговых реакций по маршрутам. Уравнения инвариантов для расчета факторов эффективности для неключевых веществ и независимых реакций.

2.6. Анализ процессов тепло- и массопереноса на границе раздела фаз газ-жидкость. Гидродинамика газожидкофазных систем. Пограничные слои при движении газового пузыря в жидкости. Газовые пузыри в стоковом потоке жидкости, при умеренных и больших числах Рейнольдса. Тепло- массоперенос на границах раздела газ-жидкость.

2.7. Модели массо- теплопереноса на границе раздела фаз газ-жидкость (пленочная, Хигби, Данквертса). Расчет величин межфазовых потоков и коэффициента ускорения абсорбции вследствие химической реакции. Оценка величин скоростей массопереноса при различных гидродинамических режимах движения фаз.

### **Раздел 3. Моделирование процессов в однофазных и многофазных реакторах.**

3.1. Классификация моделей каталитических реакторов с аксиальным и радиальным направлением потока реагентов. Уравнения реакторных инвариантов. Квазигомогенные и двухфазные одно- и двух параметрические модели реакторов с аксиальным и/или радиальным направлением потока реагентов.

3.2. Изотермические, адиабатические, политропические реакторы. Реакторы с горизонтальными и вертикальными слоями катализатора и различной организацией движения сплошной фазы.

3.3. Трехфазные системы газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов. Режимы течения потоков в трехфазных системах. Перепад давления в трехфазных системах. Процессы переноса тепла и массы в трехфазных системах. Методы моделирования промышленных трехфазных реакторов.

3.4. Алгоритмы и численные методы решения уравнений моделей каталитических реакторов (явный и полунявный методы Рунге-Кутты, метод ортогональных коллокаций).

3.5. Стационарные и нестационарные режимы работы реакторов. Методы расчета и анализа режимов работы квазигомогенных и многофазных каталитических реакторов с целью установления энерго- и ресурсосберегающих режимов их эксплуатации.

#### **Раздел 4. Конструкции каталитических реакторов в нефте- и газопереработке и режимы их эксплуатации.**

4.1. Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах синтез-газа, метанола, диметилового эфира, бутиловых спиртов.

4.2. Реакторы с радиальными слоями катализатора и реакторы с комбинированными слоями аксиально-радиального типа в производстве аммиака.

4.3. Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах метанола и формальдегида.

4.4. Комбинированные реакторы с трубчатой и полочной секциями в производстве формальдегида.

4.5. Реакторы с трехфазными потоками.

Реакторы со стационарными слоями катализатора и нисходящим двухфазным газожидкостным потоком. Реакторы с суспендированным слоем катализатора и восходящим газожидкостным потоком. Реакторы с восходящим газожидкостным потоком и нисходящим рециркуляционным потоком катализатора.

4.6. Реакторы с движущимся слоем катализатора получения оксидов мономеров.

4.7. Новые типы химических реакторов, перспективы их использования в различных отраслях промышленности.

#### **Раздел 5. Современные проблемы создания энерго- ресурсосберегающих промышленных процессов. Интенсификация работы химических реакторов.**

5.1. Основные крупнотоннажные промышленные процессы химической и нефтехимической промышленности. Тенденции их развития и основные направления их интенсификации.

5.2. Способы эффективной организации в каталитических реакторах процессов конверсии природного газа в синтез-газ, водород, метанол, диметиловый эфир, моторные топлива.

5.3. Новые высокоэффективные каталитические системы конверсии метана в синтез-газ, метанол, диметиловый эфир, моторные топлива.

5.4. Конструкции каталитических реакторов ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования.

5.5. Интенсификация работы химических реакторов на основе принципов совмещения химических и тепло-массообменных процессов, как в реакторном узле, так и в отдельном химическом реакторе.

**Заключение.** Заключительная лекция по подведению итогов дисциплины.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ КОМПЕТЕНЦИЯМ БАКАЛАВРА

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
<b>Знать:</b>						
1.	Основные принципы системного анализа химических процессов.	+				
2.	Основные методы построения математических моделей – кинетической, межфазового переноса газ-жидкость, химических реакторов с однофазными и многофазными потоками химических реагентов.	+	+	+		
3.	Математические методы решения уравнений моделей реакторов и физико-химических процессов в них протекающих.			+		
4.	Основные способы организации энерго-, ресурсосберегающих процессов в химических реакторах.					+
5.	Способы интенсификации промышленных химических процессов.					+
6.	Основные типы промышленных высокоэффективных химических реакторов и способы организации крупнотоннажных химических процессов.				+	+
<b>Уметь:</b>						
7.	Провести системный анализ новых химических процессов и интенсифицировать по целевым продуктам действующие производства.					+
8.	Вывести уравнения химических инвариантов для заданной системы реагентов, установить минимальное число реагентов, измерение концентраций которых обеспечивает возможность оценки макрокинетических параметров моделей реакторов.	+				
9.	Осуществить по результатам лабораторного и стендового эксперимента построение кинетических и реакторных моделей.	+		+		
10.	Выбрать модель межфазового переноса тепла и массы для заданной системы газ-жидкость, оценить концентрации переходящего компонента в газе и жидкости, рассчитать коэффициент ускорения абсорбции переходящего компонента вследствие химической реакции.		+			
11.	Анализировать и моделировать режимы работы промышленных реакторов с трехфазными системами газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов.			+		
12.	Произвести расчеты по установлению оптимальной конструкции реактора и режимов его эксплуатации, обеспечивающих его заданную годовую производительность по целевому продукту.			+		
13.	Определить способы дальнейшего повышения рентабель-				+	+

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	ности работы моделируемого реактора.					
	<b>Владеть:</b>					
14.	Информацией по конструкциям высокопроизводительных химических реакторов, способам пуска реакторов, режимам их непрерывной эксплуатации и останова.			+	+	
15.	Методами анализа и моделирования химических процессов.	+	+	+		
16.	Способами расчета макрокинетических констант модели по результатам промышленного эксперимента.		+			
17.	Основными методами решения уравнений квазигомогенных и многофазных моделей реакторов.			+		
18.	Методами расчета – для заданного химического процесса - конструкции промышленного реактора и режимов его эксплуатации.			+	+	+
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие универсальные компетенции и индикаторы их достижения:</b>						
	<b>Код и наименование УК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения УК</b>				
19.	УК-2 – Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.3 – Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности.	+	+	+	+
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>						
20.	ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ПК-1.5. Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры оптимальной организации процесса в химическом реакторе; рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбрать рациональную схему производства заданного продукта; оценивать технологическую эффективность химико-технологического процесса	+	+	+	+
		ПК-1.6. Владеет методами расчета и анализа процессов	+	+	+	+
						20.



№	Требования к освоению дисциплины и компетенции		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
		в химических реакторах; методикой выбора реактора и расчета процесса в нем; основами анализа и синтеза химико-технологических систем; методикой расчета материально-тепловых балансов; методами расчета основных технико-экономических показателей химического производства.					
21.	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий	К-4.1. Знает методы сбора, анализа и систематизации экспериментальных данных, обобщения научно-технической информации в области профессиональной деятельности с использованием информационных компьютерных технологий	+	+	+	+	2 1.

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1-1.3	<p>Практическое занятие 1</p> <p><i>Стехиометрический анализ реагирующей химической системы.</i></p> <p>Для заданной системы реагентов выбрать структурные виды, построить матрицу структурных коэффициентов и матрицу стехиометрических коэффициентов. Рассчитать возможные системы независимых реакций. Показать, что они удовлетворяют закону сохранения массы и условиям электронейтральности.</p> <p><i>Построение уравнений химических инвариантов для заданной основной системы кинетических уравнений и решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений с заданными начальными условиями численными методами.</i></p> <p>Для заданной последовательности элементарных химических реакций записать основную систему кинетических уравнений (ОСУ). Построить уравнения химических инвариантов по структурной и стехиометрической матрицам. Для заданных значений кинетических констант и начальных условий решить основную систему кинетических уравнений методом Рунге-Кутты. Показать, что уравнения химических инвариантов не противоречат полученному численному решению ОСУ.</p>	2

2	1.4	<p>Практическое занятие 2</p> <p><i>Построение кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций.</i></p> <p>Для заданной последовательности элементарных стадий построить кинетические модели по методу Боденштейна. Сравнить с моделью, полученной по методу Хориути на лабораторной работе 1. Показать эквивалентность – по прогнозирующим возможностям – двух построенных моделей.</p>	2
3	2.1-2.5	<p>Практическое занятие 3</p> <p><i>Построение модели зерна катализатора и расчет факторов эффективности его работы.</i></p> <p>Для заданной системы итоговых уравнений по маршрутам для сферического зерна катализатора получить уравнения диффузионной стехиометрии для граничных условий Дирихле и Неймана. Вычислить внешний и внутренний факторы эффективности для независимых и ключевых веществ.</p>	2
4	2.6-2.7	<p>Практическое занятие 4</p> <p><i>Двухфазные системы газ-жидкость.</i></p> <p>Для заданной системы переходящих компонентов и системы химических реакций рассчитать величины межфазовых потоков и коэффициенты ускорения абсорбции вследствие химической реакции для независимых ключевых веществ по пленочной модели, модели Хигби, модели Данквертса.</p>	3
5	3.1-3.2, 3.4-3.5	<p>Практическое занятие 5</p> <p>Анализ и моделирование процессов в однофазных химических реакторах с радиальным направлением потока реагентов. Квазигомогенные модели каталитических реакторов. Решение уравнений моделей.</p>	2
6	3.1-3.2, 3.4-3.5 5.2-5.4	<p>Практическое занятие 6</p> <p>Анализ и моделирование процессов в однофазных химических реакторах с аксиальным направлением потока реагентов. Квазигомогенные однопараметрические модели. Решение уравнений моделей.</p>	3
7	3.3, 3.4- 3.5 4.1-4.2	<p>Практическое занятие 7</p> <p><i>Анализ и моделирование процессов в многофазных химических реакторах.</i> Гетерогенные модели каталитических реакторов. Решение уравнений моделей.</p>	2
		<b>ИТОГО</b>	16

## 6.2. Лабораторные работы

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Макрокинетика химических процессов», а также способствует приобретению практических навыков анализа результатов экспериментов, построения и решения уравнений кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций, моделей систем газ-жидкость, моделей каталитических реакторов, проверке их адекватности экспериментальным данным, а также расчету конструкций аппаратов, обеспечивающих интенсивные режимы их промышленной эксплуатации.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 15 баллов (максимально по 5\_ баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры тем лабораторных работ и разделы, которые они охватывают:

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1.1-1.4	<i>Построение кинетической модели</i> для заданного механизма сложной многомаршрутной химической реакции с использованием метода <i>Хориути</i> . <i>Раздел 1</i>	4
2	2.6-2.7	<i>Моделирование химических процессов в двухфазных системах газ-жидкость</i> . <i>Раздел 2</i> . Для заданной системы переходящих компонентов и системы химических реакций рассчитать величины межфазовых потоков и коэффициенты ускорения адсорбции вследствие химической реакции для независимых ключевых веществ по пленочной модели/или модели Хигби или модели Данквертса.	4
3	3.1-3.5 4.1-4.7 5.1-5.4	<i>Моделирование химических процессов в однофазных и многофазных реакторах</i> . <i>Разделы 3-5</i> . Задан проточный изотермический реактор с охлаждаемой теплоносителем стенкой, в котором протекает реакция получения простых эфиров. Задана кинетическая модель и ее кинетические константы, а также тепловой эффект реакции. Задан фактор эффективности работы зерна катализатора. Рассчитать длину каталитического реактора, на котором достигается требуемая конверсия исходного метанола. Задан секционный реактор гидрирования альдегидов в бутиловые спирты на никель-хромовом катализаторе. Задана кинетическая модель реакции гидрирования и ее кинетические константы. Заданы факторы эффективности для ключевых веществ. Задано мольное отношение водород: альдегиды (1 : 4). Задано содержание альдегидов в исходном сырье (30 % масс.), мольное отношение н-масляный альдегид: и-масляный альдегид (5 : 1). В промышленном реакторе реализован нисходящий газожидкостной поток. Определить объем катализатора в реакторе, число секций в реакторе, режим эксплуатации реактора, объемную скорость потока, обеспечивающую заданную производительность реактора по целевым продуктам – бутиловым спиртам. Задан секционный реактор алкилирования бензола этиленом на цеолитном катализаторе типа Y. Задана кинетическая модель этой реакции и ее кинетические константы, а также тепловой эффект реакции. Модель реактора однопараметрическая диффузионная модель с аксиальным перемешиванием потока. Рассчитать объем катализатора в реакционных секциях, число секций реактора, состав исходного сырья и режим эксплуатации реактора, обеспечивающим заданную производительность реактора по целевому продукту (этилбензолу) при условии, что количество побочных веществ (полиэтилбензолов) не должно превышать 3% масс.	8
		<b>ИТОГО</b>	16

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и

предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению практических работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня,
- использование тестов промежуточного контроля знаний для проверки знаний по отдельным разделам дисциплины,
- подготовку к сдаче зачета и лабораторного практикума по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимую для изучения дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 45 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 15 баллов) и устного опроса на зачете (40 баллов).

### РАЗДЕЛ 1.

**Контрольная работа №1** Решение задач по разделу дисциплины – построение кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций. Для заданного стадийного механизма реакции вывести с использованием метода Боденштейна или Хориути соответствующую ему кинетическую модель. Определить уравнения итоговых реакций по маршрутам, ключевые вещества и записать уравнения химических инвариантов для небоденштейновских веществ.

Максимальная оценка –15 баллов.

### РАЗДЕЛ 2.

**Контрольная работа №2** Решение задач по разделу дисциплины – моделирование процесса в зерне катализатора. Для заданной модели зерна катализатора в котором протекает химическая реакция, вывести уравнения диффузионной стехиометрии, определяющие зависимости концентраций независимых веществ от концентраций ключевых веществ. Выразить факторы эффективности работы зерна катализатора для неключевых веществ и итоговых реакций по маршрутам через факторы эффективности для ключевых веществ.

Максимальная оценка –15 баллов.

### РАЗДЕЛЫ 3-5.

**Контрольная работа №3** Решение типовых задач по разделу дисциплины – моделирование химических процессов в однофазных и многофазных реакторах.

Решить заданную систему уравнений модели реактора, в котором протекает химическая реакция с известной кинетической моделью. Определить уравнения реакторных инвари-

антов. Построить профиль концентраций реагентов и определить производительность процесса по целевому продукту.

Контрольная работа № 3 состоит из 2 заданий. Задание № 1 оценивается 10 баллами, задание № 2 – 5 баллами.

Максимальная оценка – 15 баллов.

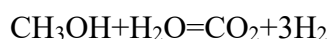
### Примеры контрольных работ

**Контрольная работа № 1.** Решение типовых задач по построению кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций по дисциплине «Макрокинетика химических процессов».

#### Вариант 1

Представлен стадийный механизм реакции паровой конверсии метанола:

1.  $\text{CH}_3\text{OH} + \Theta \leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH} \cdot \Theta$
2.  $\text{CH}_3\text{OH} \cdot \Theta + 5 \Theta + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow 6\text{H} \cdot \Theta + \text{CO}_2$  (лимитирующая)
3.  $2\text{H} \cdot \Theta \leftrightarrow \text{H}_2 + 2\Theta$



Для заданного стадийного механизма реакции вывести с использованием метода *Боденштейна* соответствующую ему кинетическую модель. Указать число индивидуальных констант и число комплексов констант, подлежащих оценке.

**Контрольная работа №2** Решение типовых задач по построению моделей зерна катализатора, выводу уравнений диффузионной стехиометрии и уравнений инвариантов для расчета факторов эффективности работы зерна катализатора для неключевых веществ и реакций по маршрутам по дисциплине «Макрокинетика химических процессов».

#### Вариант 1.

В каталитическом реакторе протекают следующие химические реакции:

- (1)  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2$
- (2)  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$
- (3)  $2\text{CH}_4 + \text{O}_2 = 2\text{CO} + 4\text{H}_2$

Записать уравнения *квазигомогенной* модели зерна катализатора с *граничными условиями Дирихле*. Определить количество ключевых и неключевых веществ. Вывести уравнения диффузионной стехиометрии (инвариантных соотношений для расчета концентраций неключевых веществ и температуры как функций концентраций ключевых веществ). Записать соотношения для расчета факторов эффективности работы зерна катализатора для всех веществ и химических реакций. Выразить факторы эффективности работы зерна катализатора для неключевых веществ и реакций по маршрутам через факторы эффективности для ключевых веществ.

**Контрольная работа №3** Решение типовых задач по разделу моделирование химических процессов в однофазных и многофазных каталитических реакторах по дисциплине «Макрокинетика химических процессов».

#### Вариант 1.

Задание 1. (10 баллов)

В каталитическом реакторе протекает реакция диспропорционирования толуола:  $2C_6H_5CH_3 = C_6H_6 + C_6H_4(CH_3)_2$ . Реактор заполнен сферическим, цеолитным катализатором.

Упрощенная кинетическая модель реакции имеет вид:  $W = kc_{\text{Тол}}^2$ ,

где  $W$  – скорость химической реакции [моль/л·с]. Причем при  $T=450$  °С,  $k=0.071$  л·моль<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup>. Реактор адиабатический *односекционный*.

Модель адиабатического реактора:

$$-u \frac{dc_{\text{Тол}}}{dl} = k_m S (c_{\text{Тол}} - c_{\text{Тол}}^{\text{пов}})$$

$$k_m S (c_{\text{Тол}} - c_{\text{Тол}}^{\text{пов}}) = 2\eta \cdot W (c_{\text{Тол}}^{\text{пов}})$$

Начальные условия:

$$l=0 \quad c_{\text{Тол}}(0) = 0.01 \text{ моль/л}, \quad c_{\text{бенз}}(0) = 0, \quad c_{\text{ксил}}(0) = 0$$

Численные значения параметров модели:  $S=82.5$  дм<sup>2</sup>/дм<sup>3</sup>,  $k_m = 1.5 \cdot 10^{-3}$  дм/с. Диаметр реактора 0.5 м, длина каталитического слоя 5 м, температура в реакционной зоне 450 °С, линейная скорость потока при нормальных условиях  $u = 0.5$  м/с, давление в реакторе 1.0 МПа. Фактор эффективности работы зерна катализатора  $\eta=0.9$ .

Вывести уравнения реакторных инвариантов. Рассчитать *профили концентраций реагентов по длине реактора и производительность работы реактора* в кг/ч по бензолу.

*Задание 2. (5 баллов)*

В каталитическом проточном реакторе протекают следующие химические реакции:

1.  $CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$
2.  $CH_4 + CO_2 = 2CO + 2H_2$
3.  $CO + H_2O = CO_2 + H_2$

Записать уравнения *гетерогенной двухфазной одномерной модели реактора идеального вытеснения с радиальным направлением потока реагентов*, в котором протекают реакции (1)-(3). Определить количество ключевых и неключевых веществ. Вывести уравнения реакторных инвариантов.

## 8.2. Темы и примеры заданий для лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины

### Лабораторная работа 1

#### Построение кинетической модели с использованием метода Хориути.

Подготовка к лабораторной работе 1 включает:

Изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 1.1-1.7.

Оформление отчета по лабораторной работе 1 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Цель работы, задание.

Построить для заданного механизма сложной многомаршрутной химической реакции кинетическую модель с использованием метода Хориути.

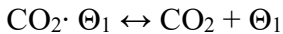
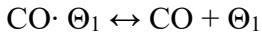
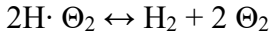
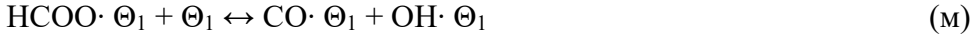
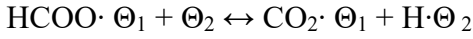
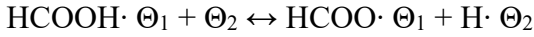
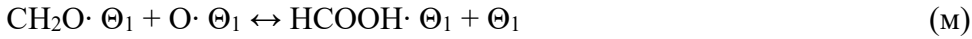
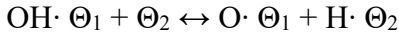
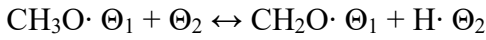
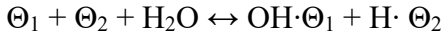
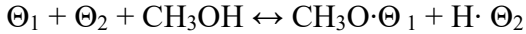
4. Теоретическая часть.

Рассмотреть метод Хориути, основные понятия и определения: стехиометрические числа Хориути, матрица стехиометрических чисел Хориути, маршруты реакций, стехиометрические матрицы итоговых уравнений маршрутов. Правило Хориути.

5. Практическая часть.

### Вариант 1

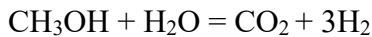
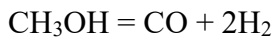
Задан стадийный механизм реакции паровой конверсии метанола и обратной реакции паровой конверсии оксида углерода (RWGS) на двух типах активных центров катализатора, предложенный Patel:



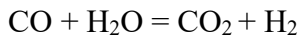
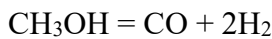
Задание:

По методу Хориути показать, что количество возможных маршрутов протекания реакции равно двум. Рассмотреть три различных набора стехиометрических чисел Хориути, дающие разные итоговые уравнения реакций по маршрутам для заданного механизма реакции.

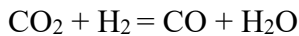
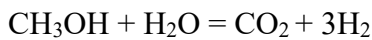
№1.



№ 2.



№ 3.



Построить кинетическую модель реакции паровой конверсии метанола с использованием метода Хориути для третьего набора стехиометрических чисел Хориути по следующей схеме:

I.) Разбить стехиометрическую матрицу  $B$  разбить на две подматрицы  $B = [B_{nb} | B_b]$ .

II) Записать основную систему кинетических уравнений:

$$\frac{dn_{nb}}{dt} = B_{nb}^T \cdot W \quad \text{и} \quad \frac{dn_b}{dt} = B_b^T \cdot W$$

III) Определить ранг матрицы стехиометрических коэффициентов для боденштейновских веществ  $r(B_b)$ .

IV) Определить число химических инвариантов для боденштейновских веществ

V) Найти матрицу стехиометрических чисел Хориути, решая систему линейных алгебраических уравнений:  $B_b^T \cdot v = 0$ .

VI) Рассчитать элементы матрицы стехиометрических коэффициентов итоговых реакций по маршрутам:  $B_f^T = B_{nb}^T \cdot v$ .

VII) Определить ранг матрицы  $B_f$ , число ключевых небоденштейновских веществ и независимых итоговых реакций по маршрутам.

VIII) Определить число химических инвариантов для небоденштейновских веществ:  $n_{инв, nb} = N_{nb} - r(B_f)$

IX) Определить вектор скоростей итоговых реакций по маршрутам  $\vec{r}^{(p)}$ .

X) Выразить концентрации беденштейновских веществ через концентрации небоденштейновских веществ:  $\bar{c}_b = \Psi(\bar{c}_{nb}, k)$

XI) Выразить скорости итоговых реакций по маршрутам через скорости медленных стадий механизма химической реакции:  $\bar{r}^{(p)} = f(\bar{W}_{rls})$

XII) Записать основную систему кинетических уравнений для ключевых небоденштейновских веществ и уравнения химических инвариантов для небоденштейновских веществ  $\frac{dc_{nb}}{dt} = B_f \cdot \bar{r}(\bar{c}_{nb}, \Psi(\bar{c}_{nb}, k), k)$ .

XIII) Указать число индивидуальных констант и число комплексов констант, подлежащих оценке.

6. Выводы по работе.

7. Библиографический список.

К защите представить отчет в печатной форме и в электронном виде в формате PDF.

## Лабораторная работа 2

### Моделирование химических процессов в двухфазных системах газ- жидкость

Подготовка к лабораторной работе 2 включает:

-Изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 2.1-2.7

Оформление отчета по лабораторной работе 2 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.

2. Содержание.

3. Цель работы, задание.

4. Теоретическая часть. Рассмотреть математические модели - пленочную, Хигби и Данквертса при условии отсутствия химической реакции в жидкой фазе и при протекании химической реакции в жидкой фазе. Коэффициент ускорения абсорбции. Численные методы решения уравнений моделей (конечно-разностные и ортогональных коллокаций).

5. Практическая часть.

#### Вариант 1.

В газожидкостной системе происходит абсорбция компонента А в жидком растворителе В. Для расчета скорости абсорбции газа А использовать модель Данквертса. Функция распределения возраста элементов в пограничном слое жидкости имеет вид:  $\psi = s \cdot \exp(-st)$

Модель процесса абсорбции:

$$\frac{\partial c_A}{\partial t} = D_L \frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2}$$

Начальные условия:  $t = 0 \quad x > 0 \quad c_A(x, 0) = 0,01$  моль/см<sup>3</sup>

Граничные условия:

$$t > 0 \quad x = 0 \quad c_A(0, t) = c_A^* = 0,08 \text{ моль/см}^3.$$

$$x \rightarrow \infty \quad c_A \rightarrow 0,01 \text{ моль/см}^3.$$

Параметры модели:  $D_L = 1,0 \cdot 10^{-5}$  см<sup>2</sup>/сек.

Средняя скорость абсорбции  $V_{cp} = 7 \cdot 10^{-5}$  моль/см<sup>3</sup>\*сек.

Оценить параметр  $s$  модели Данквертса, при условии, что средняя скорость абсорбции определяется по уравнению:

$$V_{cp} = \int_0^{\infty} \sqrt{\frac{D_L}{\pi t}} (c_A - c_{A\infty}) \psi(t) dt$$

где  $\psi(t)dt$  – доля общей поверхности, занимаемая элементами возраста от  $t$  до  $t+dt$ .

Показать, что функция распределения возраста элементов  $\psi = s \cdot \exp(-st)$  удовлетворяет условию нормировки:



$$\int_0^{\infty} \psi(t) dt = 1$$

Выводы по работе.

### Лабораторная работа № 3.

#### Моделирование процессов в однофазных и многофазных реакторах.

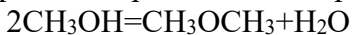
Лабораторная работа № 3 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по разделам 3-5.

Рассмотреть конструкции каталитических реакторов в производствах диметилового эфира из метанола и из синтез-газа, способы интенсификации промышленных химических процессов получения диметилового эфира. Привести алгоритмы и численные методы решения уравнений моделей каталитических реакторов: полуявный метод Рунге-Кутты 4 порядка и метод ортогональных коллокаций.

#### Вариант 1.

Моделирование процесса в каталитическом реакторе синтеза диметилового эфира из метанола.

В трубчатом реакторе при атмосферном давлении и температуре 550 К протекает реакция синтеза диметилового эфира из метанола на катализаторе  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  (фактор эффективности работы зерна катализатора принять равным 1):



Уравнение скорости реакции синтеза диметилового эфира и кинетические параметры модели (Рив) описаны следующими уравнениями (полученные Бердик и Левек):

$$r = \frac{k_S K_M (C_M - C_W C_E / K)}{(1 + 2\sqrt{K_M C_M + K_W C_W})} \quad (1)$$

$$k_S = 5.35 \cdot 10^{13} \exp(-17280/T) \quad (2)$$

$$K_M = 5.39 \cdot 10^{-4} \exp(8487/T) \quad (3)$$

$$K_W = 8.47 \cdot 10^{-2} \exp(5070/T) \quad (4)$$

Необходимые данные для расчета зависимости константы равновесия химической реакции от температуры взять из справочника Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. «Свойства газов и жидкостей»:

$$c_{p,i} = (A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3) \cdot 4,1868, \quad \text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad (5)$$

$$\Delta H_u(T) = \sum_{i=1}^N \mathcal{G}_i \cdot \Delta H_{298,i} + \sum_{i=1}^N \int_{298}^T \mathcal{G}_i \cdot c_{p,i} dT$$

$$\Delta S_u(T) = \sum_{i=1}^N \mathcal{G}_i \cdot \Delta S_{298,i} + \sum_{i=1}^N \int_{298}^T \mathcal{G}_i \cdot c_{p,i} \frac{dT}{T} \quad (6)$$

$$\Delta G_u(T) = \Delta H_u(T) - T \cdot \Delta S_u(T) \quad (7)$$

$$K_u^e(T) = \exp\left(\frac{-\Delta G_u(T)}{R \cdot T}\right) \quad (8)$$

$$(9)$$

Задание:

– Записать уравнение квазигомогенной модели каталитического реактора синтеза диметилового эфира из метанола (РИВ).

– Определить число ключевых веществ и построить уравнения реакторных инвариантов.

- Записать алгоритм решения уравнений модели каталитического реактора.
  - Построить графики зависимости концентрации метанола и температуры от длины каталитического слоя реактора.
  - Определить при какой длине каталитического слоя достигается степень превращения метанола 80%.
    6. Листинг программы.
    7. Выводы по работе.
    8. Библиографический список.
- К защите представить отчёт в печатной форме и в электронном виде в формате PDF.

### **8.3. Составление отчётов по лабораторным работам для текущего контроля освоения дисциплины**

По результатам выполнения каждой из трех лабораторных работ составляется отчёт, написание которого предусмотрено в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Защита отчётов по лабораторным работам предусмотрена во время аудиторных занятий.

Составление отчётов по лабораторным работам предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу соответствующих разделов.

Максимальная оценка за выполнение и защиту каждого отчёта – **5 баллов** (за 3 отчёта – **15 баллов**).

#### **Лабораторная работа №1.**

##### **Построение кинетической модели с использованием метода Хориути.**

Составление отчёта по лабораторной работе № 1 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу раздела 1. Максимальная оценка за выполнение и защиту – **5 баллов**.

Подготовка к лабораторной работе №1 включает изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 1.1-1.7.

Оформление отчета по лабораторной работе №1 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Цель работы, задание.
4. Теоретическая часть.

Рассмотреть метод Хориути, основные понятия и определения: стехиометрические числа Хориути, матрица стехиометрических чисел Хориути, маршруты реакций, стехиометрические матрицы итоговых уравнений маршрутов. Правило Хориути.

5. Практическая часть.

Построить для заданного механизма сложной многомаршрутной химической реакции кинетическую модель с использованием метода Хориути.

6. Выводы по работе.
7. Библиографический список.

К защите представить отчёт в печатной форме и в электронном виде в формате PDF.

#### **Лабораторная работа № 2.**

##### **Моделирование химических процессов в двухфазных системах газ- жидкость.**

Составление отчёта по циклу лабораторных работ № 2 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу раздела 2. Максимальная оценка за выполнение и защиту – **5 баллов**.

Подготовка к лабораторной работе № 2 включает изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 2.1-2.7

Оформление отчета по лабораторной работе №2 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Цель работы, задание.
4. Теоретическая часть.

Рассмотреть математические модели - пленочную, Хигби и Данквертса при условии отсутствия химической реакции в жидкой фазе и при протекании химической реакции в жидкой фазе. Коэффициент ускорения абсорбции. Численные методы решения уравнений моделей (конечно-разностные и ортогональных коллокаций).

5. Практическая часть.

Моделирование процесса в системах газ-жидкость. Рассчитать коэффициент ускорения абсорбции при протекании химической реакции в жидкой фазе.

6. Листинг программы.
7. Выводы по работе.
8. Библиографический список.

К защите представить отчёт в печатной форме и в электронном виде в формате PDF.

### **Лабораторная работа №3.**

#### **Моделирование процессов в однофазных и многофазных реакторах.**

Составление отчёта по лабораторной работе № 3 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическим материалам разделов 3-5. Максимальная оценка за выполнение и защиту – **5 баллов**.

Подготовка к лабораторной работе № 3 включает изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 3.1-3.5, 4.1, 5.1-5.3

Оформление отчета по лабораторной работе № 3 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Цель работы, задание.
4. Теоретическая часть.

Рассмотреть конструкции каталитических реакторов в производствах диметилового эфира из метанола и из синтез-газа, способы интенсификации промышленных химических процессов получения диметилового эфира. Привести алгоритмы и численные методы решения уравнений моделей каталитических реакторов: полунявный метод Рунге-Кутты 4 порядка и метод ортогональных коллокаций.

5. Практическая часть.

Моделирование режимов работы каталитических реакторов со стационарными слоями катализатора.

6. Листинг программы.
7. Выводы по работе.
8. Библиографический список.

К защите представить отчёт в печатной форме и в электронном виде в формате PDF.

#### **8.4. Вопросы для контроля освоения дисциплины (зачёт, 5 семестр)**

Максимальное количество баллов за зачёт в форме устного опроса по теоретическим разделам дисциплины – **40 баллов**. Опрос включает два теоретических вопроса из разных тем, относящихся к разным разделам дисциплины. Максимальная оценка за каждый теоретический вопрос – **20 баллов**.

Примеры вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Системный анализ реакторных процессов. Основные этапы и задачи исследования реакторных процессов. (20 баллов)
2. Классификация математических методов моделирования промышленных процессов. Одно-, двух- и трехфазные химические системы и процессы. (20 баллов)
3. Значение и роль кинетических исследований при моделировании промышленного каталитического процесса. (20 баллов)
4. Основные понятия стехиометрического анализа химических реагирующих систем: структурные и молекулярные виды, матрицы структурных коэффициентов, матрицы стехиометрических коэффициентов. Их свойства. (20 баллов)
5. Стехиометрический анализ химически реагирующих систем. Сложные, стехиометрически простые, элементарные химические реакции как элементы линейных векторных пространств. (20 баллов)
6. Равновесные химические реакции. Прямая и обратная задачи химических равновесий. (20 баллов)
7. Использование независимых химических реакций при расчете равновесных составов сложных реагирующих химических систем. Принципы выбора оптимальной совокупности независимых реакций. (20 баллов)
8. Матричная запись закона сохранения массы и условий электронейтральности реагирующей химической системы. Стехиометрическое правило Гиббса. Построение матрицы стадийного механизма химической реакции. (20 баллов)
9. Химическое сродство реакции. Определение направления протекания химических реакций по значениям их констант равновесия для заданных величин термодинамических переменных и исходных концентраций реагентов. (20 баллов)
10. Определение меры завершенности химической реакции. Векторные концентрационные и молярные меры завершенности химических реакций. Установление функциональной зависимости мер завершенности химических реакций от концентраций реагентов. Интегральные уравнения изменения концентраций реагентов в пространстве и во времени как функции концентраций ключевых веществ. (20 баллов)
11. Принцип детального равновесия. Закон действующих масс. Формулировка закона действующих масс для элементарных гомогенных газовых, элементарных жидкофазных реакций, для элементарных реакций газов и жидкостей на твердых поверхностях. Константы равновесия элементарных реакций, константы скорости прямой и обратной элементарной реакции, их зависимость от термодинамических переменных. (20 баллов)
12. Основная система кинетических уравнений, ее свойства. Закон действующих масс и закон действующих поверхностей. (20 баллов)
13. Химические инварианты, определение и свойства. Оценка общего числа химических инвариантов. (20 баллов)
14. Построение уравнений химических инвариантов по структурной матрице. (20 баллов)
15. Построение уравнений химических инвариантов по стехиометрической матрице. (20 баллов)
16. Нестационарная, квазистационарная и стационарная области протекания химических реакций. (20 баллов)
17. Построение кинетической модели сложной многостадийной химической реакции с использованием метода Боденштейна. (20 баллов)
18. Определение боденштейновских и небоденштейновских веществ. Расчет их концентраций для различного времени протекания реакции. (20 баллов)
19. Стехиометрическая определенность химических реагирующих систем. Построение уравнений химических инвариантов для *боденштейновских* и веществ. (20 баллов)
20. Стехиометрическая определенность химических реагирующих систем. Построение уравнений химических инвариантов для *небоденштейновских* веществ. (20 баллов)

21. Построение кинетической модели сложной многостадийной химической реакции с использованием метода Хориути. (20 баллов)
22. Стехиометрические числа Хориути. Правило Хориути. Определение максимального числа линейно независимых векторов стехиометрических чисел Хориути. Матрица стехиометрических чисел Хориути. (20 баллов)
23. Построение стехиометрической матрицы итоговых реакций по маршрутам по методу Хориути. Расчет вектора скоростей итоговых реакций по маршрутам, выведенных по методу Хориути. (20 баллов)
24. Структурная и параметрическая идентификация моделей. (20 баллов)
25. Области протекания гетерогенно-каталитических процессов и экспериментальные способы их определения. (20 баллов)
26. Квазигомогенная модель зерна катализатора. Граничные условия Дирихле. (20 баллов)
27. Квазигомогенная модель зерна катализатора. Граничные условия Неймана. (20 баллов)
28. Бидисперсная модель зерна катализатора. Граничные условия для модели зерна. (20 баллов)
29. Глобулярная модель зерна катализатора. Граничные условия для модели зерна. (20 баллов)
30. Капиллярная модель зерна катализатора. Граничные условия для модели зерна. (20 баллов)
31. Потоки реагентов в зерне катализатора. Молекулярная диффузия, зависимость коэффициентов молекулярной диффузии от термодинамических переменных. (20 баллов)
32. Потоки реагентов в зерне катализатора. Кнудсеновская и поверхностная диффузия. Зависимость коэффициентов кнудсеновской и поверхностной диффузии от термодинамических переменных. (20 баллов)
33. Потоки реагентов в зерне катализатора. Пуазейлевский поток. Зависимость коэффициентов пуазейлевской диффузии от термодинамических переменных. (20 баллов)
34. Уравнения диффузионной стехиометрии для изотермических процессов. (20 баллов)
35. Уравнения диффузионной стехиометрии для неизотермических процессов. (20 баллов)
36. Фактор эффективности работы зерна катализатора для реагентов и итоговых реакций по маршрутам. (20 баллов)
37. Уравнения инвариантов для расчета факторов эффективности неключевых веществ и независимых химических реакций (20 баллов)
38. Основные закономерности протекания процессов переноса тепла и массы в многофазных системах при протекании в них или на поверхности раздела фаз химических реакций. (20 баллов)
39. Массоперенос на границе раздела фаз газ-жидкость. Пленочная модель при отсутствии химической реакции в жидкой фазе. (20 баллов)
40. Массоперенос на границе раздела фаз газ-жидкость. Пленочная модель при протекании химической реакции в жидкой фазе. Коэффициент ускорения абсорбции реагентов вследствие химической реакции. Методы его оценки. (20 баллов)
41. Массоперенос на границе раздела фаз газ-жидкость. Модель Хигби при отсутствии химической реакции в жидкой фазе. (20 баллов)
42. Массоперенос на границе раздела фаз газ-жидкость. Модель Хигби при протекании химической реакции в жидкой фазе. Коэффициент ускорения абсорбции реагентов вследствие химической реакции. Методы его оценки. (20 баллов)
43. Расчет коэффициента ускорения абсорбции переходящего компонента вследствие протекания химической реакции в жидкой фазе в системах газ-жидкость. (20 баллов)
44. Массоперенос на границе раздела фаз газ-жидкость. Модель Данквертса при отсутствии химической реакции в жидкой фазе. (20 баллов)
45. Массоперенос на границе раздела фаз газ-жидкость. Модель Данквертса при протекании химической реакции в жидкой фазе. Коэффициент ускорения абсорбции реагентов вследствие химической реакции. Методы его оценки. (20 баллов)

46. Контактно-каталитические реакции. Квазигомогенные модели. Области применения подобных моделей. (20 баллов)
47. Контактно-каталитические реакции. Многофазные модели. Области применения подобных моделей. (20 баллов)
48. Уравнения реакторной стехиометрии квазигомогенных адиабатических реакторов. Их роль в моделировании химических процессов. (20 баллов)
49. Уравнения реакторной стехиометрии квазигомогенных политропических реакторов. Их роль в моделировании химических процессов. (20 баллов)
50. Квазигомогенная диффузионная модель с продольным перемешиванием потока. (20 баллов)
51. Квазигомогенная диффузионная модель с радиальным перемешиванием потока (20 баллов).
52. Квазигомогенная диффузионная модель с продольным и радиальным перемешиванием потока. (20 баллов)
53. Основные типы двухфазных, гетерогенных моделей. Методы их решения. (20 баллов)
54. Трехфазные системы газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов. Режимы течения трехфазных потоков. (20 баллов)
55. Перепад давления в трехфазных системах. (20 баллов)
56. Процессы переноса тепла и массы в трехфазных системах. (20 баллов)
57. Трехфазные модели реакторов со стационарными слоями катализаторов и двухфазным газо-жидкостным потоком. Численные методы их решения. (20 баллов)
58. Трехфазные модели реакторов с суспендированным слоем катализатора и двухфазным газо-жидкостным потоком. Численные методы их решения. (20 баллов)
59. Основные принципы расчета однофазных реакторов. (20 баллов)
60. Основные принципы расчета многофазных реакторов. (20 баллов)
61. Стационарные и нестационарные режимы работы реакторов. (20 баллов)
62. Математические методы решения уравнений моделей реакторов. (20 баллов)
63. Принципы построения кинетических и реакторных моделей по результатам лабораторного и стендового эксперимента. (20 баллов)
64. Методы расчета и анализа режимов работы квазигомогенных и многофазных каталитических реакторов с целью установления энерго- и ресурсосберегающих режимов их эксплуатации. (20 баллов)
65. Конструкции каталитических реакторов в производстве синтез-газа. Комбинированные автотермические риформеры метана. (20 баллов)
66. Шахтные реакторы в производстве синтез-газа. Режимы эксплуатации (20 баллов)
67. Трубчатые печи в производстве синтез-газа. Режимы эксплуатации. Остаточное содержание метана в продуктовом потоке синтез-газа. (20 баллов)
68. Двухступенчатая паровая конверсия метана. Использование реакторов-теплообменников в производстве синтез-газа. (20 баллов)
69. Одноступенчатая паровая конверсия метана. Конструкции каталитических реакторов получения синтеза-газа. (20 баллов)
70. Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве метанола. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
71. Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве метанола. Конструкции реакторов, используемые теплоносители и режимы эксплуатации. (20 баллов)
72. Адиабатические сферические реакторы в производстве метанола, режимы эксплуатации. (20 баллов)
73. Радиальные реакторы синтеза метанола. Направление потока реагентов, используемые теплоносители, режимы эксплуатации. (20 баллов)
74. Горизонтальные колонны синтеза метанола. Преимущество конструкции. Режимы эксплуатации. (20 баллов)

75. Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве диметилового эфира из метанола. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
76. Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве бутиловых спиртов. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
77. Реакторы с радиальными слоями катализатора в производстве аммиака. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
78. Реакторы паровой конверсии оксида углерода с радиальными и аксиальными слоями катализатора в производстве аммиака. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
79. Реакторы с комбинированными слоями аксиально-радиального типа в производстве аммиака. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
80. Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве формальдегида. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
81. Комбинированные реакторы с трубчатой и полочной секциями в производстве формальдегида. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
82. Реакторы со стационарными слоями катализатора и нисходящим двухфазным газожидкостным потоком. Примеры. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
83. Реакторы с суспендированным слоем катализатора и восходящим газожидкостным потоком. Примеры. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
84. Реакторы с восходящим газожидкостным потоком и нисходящим рециркуляционным потоком катализатора. Примеры. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
85. Реакторы с движущимся слоем катализатора получения оксидов мономеров. Примеры. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
86. Новые типы химических реакторов, перспективы их использования в различных отраслях промышленности. (20 баллов)
87. Конструкции однофазных и многофазных реакторов в нефтепереработке. Примеры. (20 баллов)
88. Конструкции однофазных и многофазных реакторов в газопереработке. Примеры. (20 баллов)
89. Основные типы промышленных высокоэффективных каталитических реакторов. (20 баллов)
90. Новые конструкции каталитических реакторов ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования. (20 баллов)
91. Способы интенсификации промышленных химических процессов. (20 баллов)
92. Основные способы организации энерго-, ресурсосберегающих процессов в химических реакторах. (20 баллов)
93. Интенсификация работы каталитических реакторов на основе принципов совмещения химических и тепло-массообменных процессов, как в реакторном узле, так и в отдельном химическом реакторе. (20 баллов)
94. Основные крупнотоннажные промышленные процессы нефтехимической промышленности. Тенденции их развития и основные направления их интенсификации. (20 баллов)
95. Основные крупнотоннажные промышленные процессы химической промышленности. Тенденции их развития и основные направления их интенсификации. (20 баллов)

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 9.1. Рекомендуемая литература

### А) Основная литература.

1. Писаренко Е.В. Кинетика и макрокинетика химических процессов. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018. 132 с.
2. Писаренко В.Н., Писаренко Е.В. Процессы адсорбции веществ на гетерогенных катализаторах: теория и методы моделирования. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. – 72 с.
3. Писаренко Е.В., Писаренко В.Н. Теория планирования эксперимента. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. –60 с.

### Б) Дополнительная литература.

1. Писаренко Е. В. Промышленные каталитические процессы. Структуры и свойства твердых катализаторов. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. 136 с.
2. В.Н. Писаренко, Т.Б. Жукова, В.В. Кафаров. Макрокинетика химических процессов. – М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1983. – 64 с.
3. Т.Б. Жукова, В.Н. Писаренко, В.В. Кафаров. Макрокинетика химических процессов. Явления переноса. – М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1985. – 48 с.
4. О.В. Крылов Гетерогенный катализ. Учебное пособие для вузов. М.: «Академкнига», 2004 . – 679 с.

## 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;

## 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- конспекты лекций в формате \*.pdf – 16;
- компьютерные презентации интерактивных лекций – 16, (общее число слайдов – 250);
- банк вариантов контрольной работы № 1 – 50;
- банк вариантов контрольной работы № 2 – 50;
- банк вариантов контрольной работы № 3 – 50;
- банк вариантов лабораторной работы № 1– 25;
- банк вариантов лабораторной работы № 2– 25;
- банк вариантов лабораторной работы № 3– 25;
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины – 50;
- демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows 7, Microsoft Office 2010).



Имеются дополнительные средства для изучения дисциплины: электронные учебные пособия, библиотека программ для решения уравнений моделей, задания к практическим занятиям (50 задач), задания к самостоятельным работам (50 задач).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн.

- тематическая группа в социальной сети Вконтакте, доступ к групповым чатам (Discord, WhatsApp, Viber), к вебинарам (Discord, Zoom, webinar.ru), групповой электронной почте, онлайн-конференции в Skype.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

В соответствии с учебным планом занятия проводятся в форме лекций, практических, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе**

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Компьютерный класс, насчитывающий не менее 10 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel) и выходом в Интернет для проведения практических и лабораторных занятий.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия**

Учебные пособия по дисциплине.

Электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям.

### 11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5. При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки. Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

### 11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; электронные конспекты лекций; учебно-методические разработки в электронном виде; демонстрационные программы; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"><li>• Word</li><li>• Excel</li><li>• Power Point</li><li>• Outlook</li><li>• OneNote</li><li>• Access</li><li>• Publisher</li><li>• InfoPath</li></ul>	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p><b>Раздел 1.</b> Теоретические основы. Статика и кинетика химически реагирующих систем. Построение кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций.</p>	<p><b>Знает:</b> Основные принципы системного анализа химических процессов, основные методы построения кинетической модели.</p> <p><b>Умеет:</b> Вывести уравнения химических инвариантов для заданной системы реагентов, установить минимальное число реагентов, измерение концентраций которых обеспечивает возможность оценки макрокинетических параметров моделей реакторов, осуществить по результатам лабораторного и стендового эксперимента построение кинетических моделей.</p> <p><b>Владет:</b> Методами анализа и моделирования химических процессов.</p>	<p>Оценка за лабораторную работу № 1 по разделу 1 (наивысший балл 5).</p> <p>Оценка за контрольную работу № 1 (наивысший балл 15).</p> <p>Оценка на устном опросе.</p>
<p><b>Раздел 2.</b> Методы моделирования химических процессов в двухфазных системах газ (жидкость)-твердое, газ-жидкость.</p>	<p><b>Знает:</b> Основные методы построения математических моделей – кинетической, межфазового переноса газ-жидкость.</p> <p><b>Умеет:</b> Выбрать модель межфазового переноса тепла и массы для заданной системы газ-жидкость, оценить концентрации переходящего компонента в газе и жидкости, рассчитать коэффициент ускорения абсорбции переходящего компонента вследствие химической реакции.</p> <p><b>Владет:</b> Методами анализа и моделирования химических процессов, способами расчета макрокинетических констант модели по результатам промышленного эксперимента</p>	<p>Оценка за лабораторную работу № 2 по разделу 2 (наивысший балл 5).</p> <p>Оценка за контрольную работу № 2 (наивысший балл 15).</p> <p>Оценка на устном опросе.</p>
<p><b>Раздел 3.</b> Моделирование процессов в однофазных и многофазных реакторах.</p>	<p><b>Знает:</b> Основные методы построения математических моделей – кинетической, межфазового переноса газ-жидкость, химических реакторов с однофазными и многофазными потоками химических реагентов, математические методы решения уравнений моделей реакторов и физико-химических процессов в них протекающих.</p> <p><b>Умеет:</b> Осуществить по результатам лабораторного и стендового эксперимента построение кинетических и реакторных моделей, анализировать и моделировать режимы работы промышленных реакторов с трехфазными системами газ-жидкость-твердое с суспензированными и стационарными слоями катализаторов, произвести расчеты по установлению оптимальной конструкции реактора и режимов его эксплуатации, обеспечивающих его заданную годовую производительность по целевому продукту.</p> <p><b>Владет:</b> Информацией по конструкциям высокопроизводительных химических реакторов, способам пуска реакторов, режимам их непрерывной эксплуатации и останова, методами анализа и моделирова-</p>	<p>Оценка за лабораторную работу № 3 по разделам 3-5 (наивысший балл 5).</p> <p>Оценка за контрольную работу № 3 по разделам 3-5 (наивысший балл 15).</p> <p>Оценка на устном опросе.</p>

	<p>ния химических процессов, основными методами решения уравнений квазигомогенных и многофазных моделей реакторов, методами расчета – для заданного химического процесса - конструкции промышленного реактора и режимов его эксплуатации.</p>	
<p><b>Раздел 4.</b> Конструкции каталитических реакторов в нефте- и газопереработке и режимы их эксплуатации.</p>	<p><b>Знает:</b> Основные типы промышленных высокоэффективных химических реакторов и способы организации крупнотоннажных химических процессов.  <b>Умеет:</b> Определить способы дальнейшего повышения рентабельности работы моделируемого реактора.  <b>Владеет:</b> Информацией по конструкциям высокопроизводительных химических реакторов, способам пуска реакторов, режимам их непрерывной эксплуатации и останова, методами расчета – для заданного химического процесса - конструкции промышленного реактора и режимов его эксплуатации.</p>	<p>Оценка за лабораторную работу № 3 по разделам 3-5 (наивысший балл 5).  Оценка за контрольную работу № 3 по разделам 3-5 (наивысший балл 15).  Оценка на устном опросе.</p>
<p><b>Раздел 5.</b> Современные проблемы создания энерго-ресурсосберегающих промышленных процессов. Интенсификация работы химических реакторов.</p>	<p><b>Знает:</b> Основные способы организации энерго-, ресурсосберегающих процессов в химических реакторах, основные типы промышленных высокоэффективных химических реакторов и способы организации крупнотоннажных химических процессов, способы интенсификации промышленных химических процессов.  <b>Умеет:</b> Провести системный анализ новых химических процессов и интенсифицировать по целевым продуктам действующие производства, определить способы дальнейшего повышения рентабельности работы моделируемого реактора.  <b>Владеет:</b> Методами расчета – для заданного химического процесса - конструкции промышленного реактора и режимов его эксплуатации.</p>	<p>Оценка за лабораторную работу № 3 по разделам 3-5 (наивысший балл 5).  Оценка за контрольную работу № 3 по разделам 3-5 (наивысший балл 15).  Оценка на устном опросе.</p>

### 13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_. \_\_.20\_\_, протокол № \_\_, введенным в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_. \_\_.20\_\_ № \_\_;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса

(утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к РПД**  
по дисциплине «Макрокинетика химических процессов»  
основной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата  
по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»  
Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»  
Квалификация - бакалавр

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения

--	--	--

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

« 25 » мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Математическое моделирование энерго- и ресурсоэффективных  
технологических систем»**

**Направление подготовки –18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы  
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки –**

**«Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»**

**Квалификация «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**

на заседании Методической комиссии

РХТУ им. Д.И. Менделеева

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022**

Программа составлена

к.т.н., доцент, доцент кафедры кибернетики химико-технологических процессов

Ю.В. Сбоева

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им.Д.И. Менделеева

« 26 » апреля 2022 г., протокол № 7.



## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направления подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии профиля «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика» (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И.Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «Математическое моделирование энерго- и ресурсоэффективных технологических систем» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» и рассчитана на изучение в 7 семестре. Для успешного освоения дисциплины студенты должны предварительно изучить дисциплину «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов».

**Цель дисциплины** – научить студентов применению методов математического моделирования химико-технологических систем с позиций их технологической и аппаратурной энерго- и ресурсоэффективности.

### **Задачи дисциплины:**

– освоение студентами целей, принципов, общей схемы и этапов моделирования энерго- и ресурсоэффективных химико-технологических систем;

– приобретение практических навыков моделирования химико-технологических систем на ЭВМ, в том числе средствами автоматизированных систем моделирования.

### **Цель и задачи дисциплины достигаются с помощью:**

– освоения методов и алгоритмов моделирования химико-технологических систем с непрерывным и дискретным режимами работы;

– ознакомления с техническими и программными средствами автоматизированного моделирования химико-технологических систем.

Дисциплина «Математическое моделирование энерго- и ресурсоэффективных технологических систем» преподаётся в 7 семестре и заканчивается зачётом с оценкой. Контроль успеваемости студентов ведётся по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих компетенций и индикаторов их достижения:

### Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1. Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности. УК-1.2. Умеет анализировать задачу, выделяя её базовые составляющие. УК-1.5. Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатки.

### Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при	ПК-1.4. Знает основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры; функциональный состав и компоненты химического производства; основы теории химических процессов, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.

		изменении свойств сырья.	явлений переноса на всех масштабных уровнях, типовые химические процессы и их аппаратное оформление; концепции синтеза химико-технологических систем; основные химические производства.	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утверждённый приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщённая трудовая функция
			ПК-1.6. Владеет методами расчёта и анализа процессов в химических реакторах; методикой выбора реактора и расчёта процесса в нём; основами анализа и синтеза химико-технологических систем; методикой расчёта материально-тепловых балансов; методами расчёта основных технико-экономических показателей химического производства.	А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

– общую схему и этапы моделирования на основе системного подхода энерго- и ресурсоэффективных технологических систем, теоретические основы и практические приёмы построения их математических моделей, реализации модельного эксперимента;

*Уметь:*

– практически применять методы моделирования для расчёта, анализа химико-технологических систем, решения задач ресурсосбережения;

*Владеть:*

– современными технологиями автоматизации моделирования.

### 3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,34</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,67	24	18
Практические занятия (ПЗ)	0,67	24	18
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,66</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,66	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,6	44,7
<b>Вид итогового контроля:</b>		<b>Зачёт с оценкой</b>	

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Прак. занятия	Сам. работа
	<b>Введение.</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	-	-
	<b>Раздел 1. Общая схема моделирования химико-технологических систем.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	-	-
1.1	Классификация химико-технологических систем и их моделей.	1	1	-	-
1.2	Общая схема и этапы моделирования.	3	3	-	-
	<b>Раздел 2. Моделирование химико-технологических систем с непрерывным режимом работы.</b>	<b>38</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>24</b>
2.1	Статические модели химико-технологических систем.	19	3	4	12
2.2	Динамические модели химико-технологических систем.	19	3	4	12
	<b>Раздел 3. Моделирование химико-технологических систем с дискретно-непрерывным режимом работы.</b>	<b>64</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>36</b>
3.1	Структура модели. Классификация процессов.	1	1	-	-
3.2	Моделирование непрерывных процессов.	19	4	6	9
3.3	Моделирование дискретных процессов.	17	3	5	9
3.4	Имитационно-аналитическое моделирование.	10	1	-	9
3.5	Формирование расписания работы многопродуктовых систем.	17	3	5	9
	<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>60</b>

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

**Введение.** Предмет и метод дисциплины. Задачи и место дисциплины в подготовке бакалавра техники и технологии.

**Раздел 1. Общая схема моделирования химико-технологических систем.**

**1.1 Классификация химико-технологических систем и их моделей.** Определение химико-технологической системы. Классификация химико-технологических систем по способу организации технологических процессов. Определение математической модели. Классификация математических моделей по отображению сторон моделируемых систем и методам исследования. Цели моделирования. Индуктивный и системный подходы к моделированию. Автоматизация моделирования.

**1.2 Общая схема и этапы моделирования.** Моделирование как многоэтапный итерационный информационный процесс. Разработка концептуальной модели и её формализация. Модельный эксперимент. Установление адекватности модели. Структурное и параметрическое корректирование. Интерпретация результатов моделирования и прогноз.

**Раздел 2. Моделирование химико-технологических систем с непрерывным режимом работы.**

**2.1 Статические модели химико-технологических систем.** Стационарный режим – основной рабочий режим систем непрерывного действия. Структура модели. Модели технологических аппаратов и модели структуры технологической системы. Структурный анализ разомкнутых систем и систем с внешними рециклами.

**2.2 Динамические модели химико-технологических систем.** Цели изучения динамических свойств систем. Функциональные операторы. Линейность. Принципы суперпозиции. Характеристические функции.

**Раздел 3. Моделирование химико-технологических систем с дискретно-непрерывным режимом работы.**

**3.1 Структура модели. Классификация процессов.** Периодический способ организации технологических процессов. Непрерывные и дискретные процессы. Функциональные состояния аппаратов и систем. События времени и состояния.

**3.2 Моделирование непрерывных процессов.** Автономные и интерактивные процессы. Виды взаимодействия технологических аппаратов. Согласование временных режимов их работы. Оптимизация объема вспомогательных ёмкостей. Методы решения дифференциальных уравнений с разрывными функциями в правой части. Аппроксимационные экстремумы разрывных функций.

**3.3 Моделирование дискретных процессов.** Моделирование процессов смены состояний, начала и окончания коммутации аппаратов периодического действия, конфликтных ситуаций в системах. Сети Петри.

**3.4 Имитационно-аналитическое моделирование.** Системы дискретного и комбинированного моделирования. Состав, структура и функции. Языки моделирования. Алгоритмы продвижения модельного времени. Временные сети.

**3.5 Формирование расписания работы многопродуктовых систем.** Многопродуктовые технологические системы. Временные режимы работы многопродуктовых химико-технологических систем. Формирование и преобразование матриц технологических циклов. Алгоритмы вычисления логических определителей вещественнозначной логики.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>			
1	общую схему и этапы моделирования на основе системного подхода энерго- и ресурсоэффективных технологических систем, теоретические основы и практические приёмы построения их математических моделей, реализации модельного эксперимента;	+	+	+
	<b>Уметь:</b>			
2	практически применять методы моделирования для расчёта, анализа химико-технологических систем, решения задач ресурсосбережения;		+	+
	<b>Владеть:</b>			
3	современными технологиями автоматизации моделирования;		+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>универсальные, профессиональные компетенции и индикаторы их достижения</i> :				
	<b>Код и наименование УК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения УК</b>		
4	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1. Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности.	+	+
			+	+

		УК-1.2. Умеет анализировать задачу, выделяя её базовые составляющие. УК-1.5. Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатки.	+	+	+
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
5	ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья.	ПК-1.4. Знает основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры; функциональный состав и компоненты химического производства; основы теории химических процессов, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, типовые химические процессы и их аппаратное оформление; концепции синтеза химико-технологических систем; основные химические производства. ПК-1.6. Владеет методами расчёта и анализа процессов в химических реакторах; методикой выбора реактора и расчёта процесса в нём; основами анализа и синтеза химико-	+	+	+
			+	+	+

		технологических систем; методикой расчёта материально-тепловых балансов; методами расчёта основных технико-экономических показателей химического производства.			
--	--	--	--	--	--

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	2.1	Моделирование статических режимов работы технологических систем непрерывного действия	3
2	2.1	Методы структурного анализа химико-технологических систем	2
3	2.2	Динамические модели химико-технологических систем	3
4	3.2	Моделирование автономных и интерактивных процессов в химико-технологических системах с дискретно-непрерывным режимом работы	6
5	3.3	Моделирование процессов смены состояний аппаратов и их взаимодействия	3
6	3.3	Моделирование конфликтных ситуаций	2
7	3.5	Формирование и оптимизация расписания работы многопродуктовых химико-технологических систем	5

### 6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие виды:

– ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;



- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам;
- подготовку к сдаче зачёта с оценкой.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимую для изучения дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 44 балла), оценок устной промежуточной аттестации по теоретическим разделам дисциплины (максимальная оценка 16 баллов) и итогового контроля в форме *Зачёт с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

### **8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы**

Реферативно-аналитическая работа по дисциплине не предусмотрена.

### **8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины**

Для текущего контроля предусмотрены 3 контрольные работы по материалу разделов №№ 2,3. Максимальная оценка за все контрольные работы составляет 44 балла: контрольные работы №№ 1,2 – по 12 баллов за каждую работу; контрольная работа № 3 – 20 баллов.

#### **Темы и примеры контрольных работ по материалу разделов №№ 2,3**

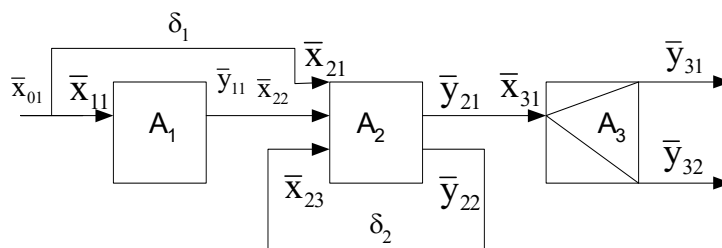
##### **Контрольная работа № 1**

Тема: «**Моделирование химико-технологических систем с непрерывным режимом работы**».

Контрольная работа № 1 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 2. Максимальная оценка – **12 баллов**.

##### **Пример варианта контрольной работы № 1**

Разработать статическую модель химико-технологической системы непрерывного действия. Определить концентрацию компонентов и объёмный расход на выходе ( $\bar{y}_{31}$ ,  $\bar{y}_{32}$ )



$A_1$  – реактор идеального вытеснения;  $A_2$  – реактор идеального смешения;  $A_3$  – идеальный сепаратор;  $A \xrightarrow{k} P$ ;  $\bar{x}_{01} = \{v_{\text{вх}0}, C_{\text{Авх}0}, 0\}$ ;  
 $L_{A1} = 5,0 \text{ м}$ ;  $F_{A1} = 0,2 \text{ м}^2$ ;  $V_{A2} = 4,0 \text{ м}^3$ ;  $k = 1,15 \text{ ч}^{-1}$ ;  $v_{\text{вх}0} = 1 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ;  
 $C_{\text{Авх}0} = 2,0 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ ;  $M_A = M_P = 98 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$ ;  $\rho = 1000 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ;  $\delta_1 = \delta_2 = 0,5$ .

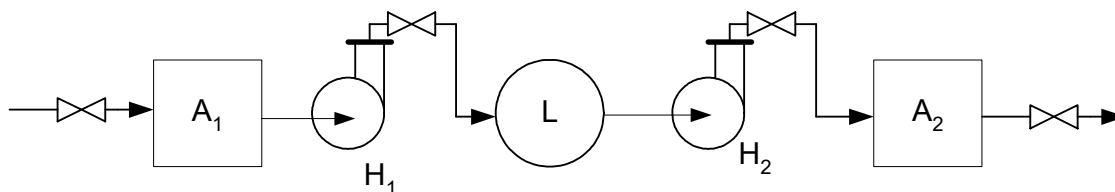
### Контрольная работа № 2

Тема: «**Моделирование химико-технологических систем с дискретно-непрерывным режимом работы**».

Контрольная работа № 2 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 3. Максимальная оценка – **12 баллов**.

#### **Пример варианта контрольной работы № 2**

Разработать математическую модель химико-технологической системы. Определить: продолжительность цикла аппарата  $A_1$  и химико-технологической системы; производительность  $v_{H2}$  насоса  $H_2$ ; производительность химико-технологической системы по целевому продукту  $R$ .



$A_1$  – реактор периодического действия;  $A_2$  – реактор идеального смешения;  $L$  – ёмкость;  $H_1, H_2$  – насосы;  $A_1: A \xrightarrow{k_1} P$ ;  $A_2: P \xrightarrow{k_2} R \xrightarrow{k_3} S$ ;  
 $C_{A0} = 2,0 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ ;  $V_{A1} = 4,0 \text{ м}^3$ ;  $v_{H1} = 10,0 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ;  $x_A = 0,9$ ;  $\varphi_{A1} = 0,8$  (коэффициент заполнения аппарата  $A_1$ );  $M_R = 100 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$ ;  $\rho = 1000 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ;  
 $k_1 = 1,15 \text{ ч}^{-1}$ ;  $k_2 = 1,4 \text{ ч}^{-1}$ ;  $k_3 = 0,8 \text{ ч}^{-1}$ ;  $V_{A2} = 1,0 \text{ м}^3$ .

### Контрольная работа № 3

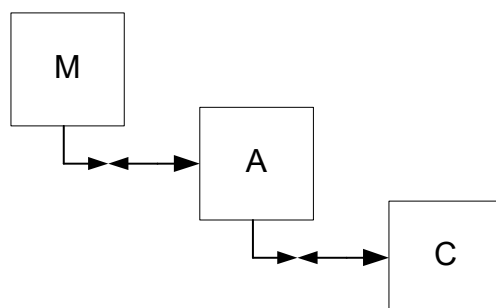
Тема: «**Моделирование ресурсосберегающих химико-технологических систем**».

Контрольная работа № 3 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделам №№ 2,3. Максимальная оценка – **20 баллов**.

Контрольная работа № 3 выполняется вне аудитории как самостоятельная работа.

#### **Пример варианта контрольной работы № 3**

Сформировать комбинированную модель цикла работы химико-технологической системы периодического действия в виде временной сети Петри, отображающей операции загрузки реагента, химического синтеза и выгрузки продукта.



A – реактор периодического действия ( $A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_2} S$ );

M – мерник; C – сборник.

Модель должна отражать:

- технологические процессы в аппаратах;
- смену их состояний и
- взаимодействие.

Исходные данные:  $c_{A0} = 1,0 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ ;  $k_1 = 1,15 \text{ ч}^{-1}$ ;  $k_2 = 0,6 \text{ ч}^{-1}$ ;

Продолжительность загрузки и выгрузки аппаратов принять равными 10% от продолжительности основной операции в реакторе периодического действия.

### 8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр – зачёт с оценкой)

Билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.

1 вопрос – 10 баллов, 2 вопрос – 30 баллов.

#### 8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр – зачёт с оценкой)

1. Химико-технологическая система. Структура и функции. Элементы и подсистемы. Материальные, энергетические и информационные взаимодействия подсистем.

2. Классификация химико-технологических систем и происходящих в них процессов.

3. Моделируемость химико-технологических систем. Принцип аналогий. Определение модели химико-технологических систем.

4. Цели моделирования химико-технологических систем. Задачи анализа.

5. Схема и этапы моделирования химико-технологических систем. Концептуальные модели и их формализация.

6. Модельный эксперимент. Оценивание адекватности и корректирование моделей. Интерпретация результатов моделирования. Прогнозирование поведения химико-технологических систем по результатам моделирования.

7. Непрерывный способ организации технологических процессов. Стационарные режимы работы.

8. Структурные типы химико-технологических систем непрерывного действия: разомкнутые и замкнутые системы.

9. Технологические аппараты непрерывного действия с сосредоточенными и распределёнными параметрами.

10. Структура и состав модели химико-технологических систем непрерывного действия. Модели структуры системы и образующих её технологических аппаратов.

11. Статические модели химико-технологических систем непрерывного действия. Анализ статических режимов и определение последовательности расчёта аппаратов разомкнутых систем.

12. Анализ статических режимов замкнутых химико-технологических систем. Преобразование замкнутых систем в эквивалентные разомкнутые.

13. Исследование динамических свойств химико-технологических систем непрерывного действия. Функциональные операторы – динамические модели химико-технологических систем.

14. Линейные функциональные операторы. Общий и интегральный принцип суперпозиции.

15. Характеристические функции линейных стационарных систем: весовая, переходная и передаточная. Их связь.

16. Периодический способ организации технологических процессов. Непрерывные и дискретные процессы. Функциональные состояния аппаратов и подсистем. События времени и состояния.

17. Автономные и интерактивные процессы в химико-технологических системах периодического действия. Непосредственные взаимодействия аппаратов и взаимодействия через вспомогательные ёмкости.

18. Определение длительности технологических операций, циклов аппаратов периодического действия и подсистем.

19. Структура модели химико-технологических систем периодического действия. Модели технологических операций, аппаратов и координирующие модели.

20. Моделирование подсистем технологических аппаратов, взаимодействующих через вспомогательные ёмкости. Согласование временных режимов работы аппаратов.

21. Расчёт объёма реакционной массы во вспомогательной ёмкости. Методы решения дифференциальных уравнений с разрывной функцией в правой части.

22. Временные режимы (стратегии) работы многопродуктовых химико-технологических систем, производящих серийную продукцию. Формирование расписания работы. Расчёт времени работы.

23. Временные режимы (стратегии) работы многопродуктовых химико-технологических систем, производящих заказную (единичную) продукцию. Формирование расписания работы.

24. Оптимизация последовательности выпуска многономенклатурной продукции в технологических системах с последовательной аппаратурной структурой.

25. Моделирование последовательных, параллельных и конкурентных дискретных процессов в химико-технологических системах с периодическим режимом работы сетями Петри.

26. Моделирование простых бинарных взаимодействий технологических аппаратов сетями Петри.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

#### **8.4. Структура и пример билета для зачёта с оценкой (7 семестр)**

Зачёт с оценкой по дисциплине «Математическое моделирование энерго- и ресурсоэффективных технологических систем» проводится в 7 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1, 2, 3 рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 2 вопросов (теоретический вопрос и расчётная задача), относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачёта с оценкой:

"Утверждаю"

Зав. каф. КХТП  
Глебов М.Б.

Министерство науки и высшего образования РФ  
Российский химико-технологический университет имени  
Д.И.Менделеева

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Кафедра кибернетики химико-технологических процессов  
18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии

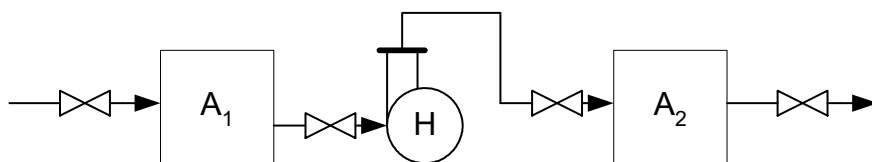
Профиль "Основные процессы химических производств и химическая кибернетика"

#### **Математическое моделирование энерго- и ресурсоэффективных технологических систем**

##### **БИЛЕТ № 1**

1. Моделируемость химико-технологических систем. Принцип аналогий. Определение модели химико-технологических систем.

2. Разработать математическую модель химико-технологической системы, представленной на рисунке. Определить продолжительность циклов аппаратов  $A_1$ ,  $A_2$ , химико-технологической системы; производительность химико-технологической системы по целевому продукту R.



$A_1, A_2$  – реакторы периодического действия; Н – насос;

$A_1: A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_2} S; A_2: P \xrightarrow{k_3} R; V_{A1} = V_{A2} = 4,0 \text{ м}^3; v_H = 10,0 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1};$

$k_1 = 1,15 \text{ ч}^{-1}; k_2 = 0,9 \text{ ч}^{-1}; k_3 = 1,4 \text{ ч}^{-1}; x_P = 0,9 \text{ (в } A_2); C_{A0} = 2,0 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3};$

$M_R = 100 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}; \rho = 1000 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}; \varphi = 0,8; \varphi$  – коэффициент заполнения аппарата.

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А. Основная литература

1. Макаров В.В. Оптимизация химико-технологических систем с дискретным режимом работы: учеб. пособие/ В.В. Макаров – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. – 84 с.

#### Б. Дополнительная литература

1. Кафаров В.В. Гибкие автоматизированные производственные системы в химической промышленности/ В.В. Кафаров, В.В. Макаров – М.:Химия, 1990.– 320 с.

2. Гордеев Л.С. Оптимизация ассортимента многономенклатурной продукции и моделирование многопродуктовых химико-технологических систем/ Л.С. Гордеев, Д.А. Бобров, В.В. Макаров, Ю.В. Сбоева – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2002. – 56 с.

3. Гордеев Л.С. Системный анализ производств многономенклатурной химической продукции/ Л.С. Гордеев, В.В. Макаров, А.Л. Бирюков, Ю.В. Сбоева – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007. – 128 с.

4. Макаров В.В. Сборник задач по курсу «Принципы математического моделирования химико-технологических систем»: учеб. пособие/ В.В. Макаров. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011.–104 с.

5. Макаров В.В. Имитационно-аналитическое моделирование химико-технологических систем с дискретным режимом работы: учеб. пособие/ В.В. Макаров – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. – 40 с.

6. Макаров В.В. Формирование и оптимизация расписания работы многопродуктовых химико-технологических систем: учеб. пособие/ В.В. Макаров – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. – 52 с.

## **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

Научно-технические журналы:

- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354.

## **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк вариантов контрольной работы № 1 – 50;
- банк вариантов контрольной работы № 2 – 50;
- банк вариантов контрольной работы № 3 – 50;
- банк билетов для зачёта с оценкой – 50;

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объём многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1719785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Математическое моделирование энерго- и ресурсоэффективных технологических систем» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающихся.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе**

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия**

Учебные пособия по дисциплине в форме печатных изданий, а также в Электронно-библиотечной системе ИБЦ РХТУ им. Д.И. Менделеева.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства**

На кафедре кибернетики химико-технологических процессов самостоятельная работа по дисциплине «Математическое моделирование энерго- и ресурсоэффективных технологических систем» организуется в учебной аудитории 247 с 16 компьютерами. Все компьютеры укомплектованы проигрывателями DVD, USB-портами и имеют доступ к сети Интернет.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы**

На кафедре кибернетики химико-технологических процессов используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим и лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; справочные материалы.

На кафедре кибернетики химико-технологических процессов используются электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; инновационный учебно-методический комплекс по проблемам химической безопасности и биологической безопасности; специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения, используемые при проведении научных исследований бакалаврами и при изучении соответствующих разделов дисциплины.



### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

Лицензионное программное обеспечение, установленное на компьютерах кафедры кибернетики химико-технологических процессов в учебной аудитории 247:

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	16	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	16	Бессрочно
3	Антивирус Kaspersky Endpoint Security	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	16	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Общая схема моделирования химико-технологических систем.	<i>Знает:</i> общую схему и этапы моделирования на основе системного подхода энерго- и ресурсоэффективных технологических систем, теоретические основы и практические приёмы построения их математических моделей, реализации модельного эксперимента;	Оценка за устную промежуточную аттестацию (7 семестр)  Оценка за <b>зачёт с оценкой</b> (7 семестр)
<b>Раздел 2.</b> Моделирование химико-технологических систем с непрерывным режимом работы.	<i>Знает:</i> общую схему и этапы моделирования на основе системного подхода энерго- и ресурсоэффективных технологических систем, теоретические основы и практические приёмы построения их математических моделей, реализации модельного эксперимента; <i>Умеет:</i> практически применять методы моделирования для расчёта, анализа химико-технологических систем, решения задач ресурсосбережения;	Оценка за устную промежуточную аттестацию (7 семестр)  Оценка за контрольную работу № 1 (7 семестр).  Оценка за контрольную работу № 3 (7 семестр)  Оценка за <b>зачёт с оценкой</b> (7 семестр)

	<i>Владеет:</i> современными технологиями автоматизации моделирования.	
<b>Раздел 3.</b> Моделирование химико-технологических систем с дискретно-непрерывным режимом работы.	<i>Знает:</i> общую схему и этапы моделирования на основе системного подхода энерго- и ресурсоэффективных технологических систем, теоретические основы и практические приёмы построения их математических моделей, реализации модельного эксперимента; <i>Умеет:</i> практически применять методы моделирования для расчёта, анализа химико-технологических систем, решения задач ресурсосбережения; <i>Владеет:</i> современными технологиями автоматизации моделирования.	Оценка за устную промежуточную аттестацию (7 семестр)  Оценка за контрольную работу № 2 (7 семестр).  Оценка за контрольную работу № 3 (7 семестр)  Оценка за <b>зачёт с оценкой</b> (7 семестр).

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Учёного совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_, протокол № \_\_, введённым в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_ № \_\_;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины  
«Математическое моделирование энерго- и ресурсоэффективных  
технологических систем»  
основной образовательной программы  
по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»  
Профиль «Основные процессы химических производств и  
химическая кибернетика»  
Форма обучения: очная**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Учёного совета №__от «__»_____20__г.
2.		протокол заседания Учёного совета №__от «__»_____20__г.
3.		протокол заседания Учёного совета №__от «__»_____20__г.
		протокол заседания Учёного совета №__от «__»_____20__г.
		протокол заседания Учёного совета №__от «__»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

«25» мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Методы синтеза многоассортиментных экологически чистых  
химических производств»**

**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки – "Основные процессы химических производств и  
химическая кибернетика"**

**Квалификация – «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022**

Программа составлена

д.т.н., профессором, профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов

Т.В. Савицкой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «26» апреля 2022 г., протокол № 7 .

---

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии* (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *кибернетики химико-технологических процессов* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина *«Методы синтеза многоассортиментных экологически чистых химических производств»* относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин учебного плана и является дисциплиной по выбору. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области процессов и аппаратов химической технологии, математического моделирования химико-технологических процессов и систем, общей химической технологии, экологии, моделирования и синтеза гибких химических производств.

**Цель дисциплины** – научить студентов теоретическим знаниям создания многоассортиментных ресурсосберегающих экологически чистых химических производств, гибких схем очистки стоков и выбросов химических предприятий, методам анализа и оценки экологического риска и негативных воздействий предприятий химической и смежных отраслей промышленности.

### **Задачи дисциплины:**

- дать основные знания по многоассортиментным ресурсосберегающим экологически чистым химическим производствам,
- ознакомить с основными этапами синтеза гибких химико-технологических систем в блочно-модульном исполнении и гибких схем очистки стоков и выбросов;
- научить использовать методы совмещения выпуска многоассортиментной продукции по гибкой технологии с учетом требований экологической безопасности, информационно-признаковые и информационно-логические модели выбора методов и оборудования для очистки стоков и выбросов;
- научить методам и моделям прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий;
- дать основные знания по подходам, методам и моделям анализа и оценки экологического риска различных классов химически опасных объектов;
- научить использовать блочно-модульный подход к формированию принципиальных структур гибких схем очистки стоков, регенерации растворителей и гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств химической и смежных отраслей промышленности;
- научить использовать специализированное программное обеспечение для решения задач анализа и оценки экологического риска в результате аварии с выбросом опасных химических веществ; прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий химической и смежных отраслей промышленности.

Дисциплина *«Методы синтеза многоассортиментных экологически чистых химических производств»* преподается в 8 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **универсальных компетенций и индикаторов их достижения:**

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности; УК-1.4 Умеет определять и оценивать варианты возможных решений задачи;

**Профессиональных компетенций и индикаторов их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения
			ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	
			ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и	



			моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий	ПК-4.1. Знает методы сбора, анализа и систематизации экспериментальных данных, обобщения научно-технической информации в области профессиональной деятельности с использованием информационных компьютерных технологий	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/01.5. Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований (уровень
			ПК-4.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии и специализированное программное обеспечение для решения научно-исследовательских задач в области энерго- и ресурсосбережения	
			ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками	

			подготовки и оформления научно-технических отчетов	квалификации – 5). А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации 5).
--	--	--	--	---

**Технологический тип задач профессиональной деятельности**

Предотвращение (минимизация) негативного воздействия производственной деятельности промышленной организации на окружающую среду	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-6. Способен формулировать и решать задачи экологической безопасности энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности	ПК-6.1. Знает методы и модели эколого-экономического анализа и прогнозирования последствий негативных воздействий объектов профессиональной деятельности	Профессиональный стандарт 40.117. “Специалист по экологической безопасности (в промышленности)” утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2020 № 569н. Обобщенная трудовая функция С. Разработка и проведение мероприятий по повышению эффективности природоохранной деятельности организации С/01.6. Проведение экологического анализа проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования в организации (уровень квалификации – 6). С/02.6. Экологическое обеспечение производства новой продукции в организации (уровень квалификации – 6). С/03.6. Разработка и эколого-экономическое обоснование планов внедрения новой природоохранной
			ПК-6.2. Умеет проводить эколого-экономические расчеты и оценку экологических рисков при разработке новых и совершенствовании существующих энерго- и ресурсосберегающих химических, нефтехимических и биотехнологических производств с использованием специализированного программного обеспечения	
			ПК-6.3. Владеет способами анализа и оценки последствий негативных	

			<p>воздействий предприятий химической промышленности на человека и окружающую среду с использованием информационных компьютерных технологий и специализированных программных средств</p>	<p>техники и технологий в организации (уровень квалификации – 6).  С/04.6. Установление причин и последствий аварийных выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, подготовка предложений по предупреждению негативных последствий (уровень квалификации – 6).</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

–нормативно-методические основы обеспечения экологической безопасности химических производств;

–теоретические основы технологического проектирования экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности: методы совмещения выпуска многоассортиментной продукции по гибкой технологии с учетом требований экологической безопасности, информационно-признаковые и информационно-логические модели выбора методов и оборудования для очистки стоков и выбросов;

– существующие подходы, методы и алгоритмы синтеза гибких блочно-модульных схем очистки стоков, регенерации растворителей и гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств химической и смежных отраслей промышленности;

– методы и модели прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий;

- подходы, методы и модели анализа и оценки экологического риска различных классов химически опасных объектов.

*Уметь:*

–проводить анализ химического производства как источника экологической опасности;

–строить логико-графические модели анализа риска различных классов химически опасных объектов;

–решать задачи оценки риска в результате аварий на химически опасных объектах;

–решать задачи прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий и оценки ущербов окружающей среде;

– использовать информационно-признаковые и информационно-логические модели для выбора методов и оборудования для создания гибких схем очистки стоков и выбросов.

*Владеть:*

–навыками использования блочно-модульного подхода к формированию принципиальных структур гибких схем очистки стоков, регенерации растворителей и гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств химической и смежных отраслей промышленности;

- навыками использования специализированного программного обеспечения для решения задач анализа и оценки экологического риска в результате аварии с выбросом опасных химических веществ; прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий химической и смежных отраслей промышленности.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,78</b>	<b>64,4</b>	<b>48,3</b>
Лекции	0,445	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	0,445	16	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,22</b>	<b>79,6</b>	<b>59,7</b>
Контактная самостоятельная работа	2.22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины (или другие виды самостоятельной работы)		79.2	59.4
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
	<b>Введение</b>	<i>4</i>	-	<i>1</i>	-	-	-	-	-	<i>3</i>
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Теоретические основы создания экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности</b>	<i>84.5</i>	-	<i>10.5</i>	-	<i>16</i>	-	<i>12</i>	-	<i>46</i>
1.1	Химическое производство как источник экологической опасности	<i>5</i>	-	<i>1</i>	-	<i>2</i>	-	-	-	<i>2</i>
1.2	Нормативно-методические основы обеспечения экологической безопасности химических производств	<i>7</i>	-	<i>0.5</i>	-	<i>0.5</i>	-	-	-	<i>6</i>
1.3	Классификация источников выбросов, сбросов, отходов промышленных предприятий, химической продукции.	<i>14.5</i>	-	<i>1</i>	-	<i>3.5</i>	-	<i>4</i>	-	<i>6</i>
1.4	Основы обеспечения экологической безопасности химических производств с использованием методов анализа риска	<i>24</i>	-	<i>4</i>	-	<i>6</i>	-	<i>2</i>	-	<i>12</i>

1.5	Модели и методы прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий	34	-	4	-	4	-	6	-	20
2.	<b>Раздел 2. Синтез гибких блочно-модульных схем очистки стоков и регенерации растворителей многоассортиментных химических производств</b>	37.5	-	2.5	-	10	-	4	-	21
2.1	Основные этапы синтеза гибких химико-технологических систем в блочно-модульном исполнении и гибких схем очистки стоков и регенерации растворителей.	5	-	0.5	-	1.5	-	-	-	3
2.2	Методы совмещения выпуска многоассортиментной продукции по гибкой технологии с учетом требований экологической безопасности при синтезе схем очистки стоков	6.5	-	0.5	-	2	-	-	-	4
2.3	Задачи выбора методов очистки сточных вод и оборудования для реализации гибких блочно-модульных химико-технологических систем	6.5	-	0.5	-	2	-	-	-	4
2.4	Структурный синтез гибких схем очистки сточных вод	8.5	-	0.5	-	2	-	2	-	4
2.5	Модели и алгоритмы структурно-параметрического синтеза гибких схем очистки стоков	11	-	0.5	-	2.5	-	2	-	6

3.	<b>Раздел 3. Синтез гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств в химической и смежных отраслях промышленности</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>10</b>
3.1	Основные этапы синтеза гибких химико-технологических систем и схем очистки выбросов.	3.5	-	0.5	-	1	-	-	-	2
3.2	Методы совмещения технологий выпуска многоассортиментной продукции на универсальных технологических модулях с учетом требований экологической безопасности при проектировании гибких схем очистки выбросов	4	-	0.5	-	1.5	-	-	-	2
3.3	Методы и алгоритмы расчета и выбора оборудования при создании гибких схем очистки выбросов.	5	-	0.5	-	1.5	-	-	-	3
3.4	Модели и алгоритмы структурно-параметрического синтеза гибких экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности	5.5	-	0.5	-	2	-	-	-	3
	<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>80</b>

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

**Введение.** Цель и задачи дисциплины. Краткий исторический очерк создания экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности. Основные понятия, определения, терминология.

**Раздел 1. Теоретические основы создания экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности**

**1.1. Химическое производство как источник экологической опасности.** Анализ динамики загрязнения окружающей среды источниками выбросов, сбросов и образования отходов химических предприятий. Современные тенденции в области отнесения предприятий к источникам негативных воздействий и внедрению наилучших доступных технологий.

**1.2. Нормативно-методические основы обеспечения экологической безопасности химических производств.** Основные нормативные документы, регламентирующие деятельность химических производств: ФЗ «Об экологической экспертизе», ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», ФЗ «Об охране окружающей среды» и другие.

**1.3. Классификация источников выбросов, сбросов, отходов промышленных предприятий, химической продукции.** Выбор классификационных признаков для классификации стационарных и потенциальных аварийных источников промышленных предприятий. Приоритетные загрязнители, сравнительный анализ отечественных и зарубежных перечней приоритетных загрязнителей и рекомендаций по выбору классификационных признаков. Нормирование показателей качества окружающей среды. Классификация отходов и химической продукции. Методики оценки ущербов окружающей среде при авариях на технологическом оборудовании.

**1.4. Основы обеспечения экологической безопасности химических производств с использованием методов анализа риска.**

Риск: терминология, классификация, подходы к нормированию.

Основные этапы анализа и оценки экологического риска на территориях, прилегающих к химическим предприятиям.

Методы и модели анализа и оценки экологического риска: классификации, основные расчетные соотношения.

Логико-графические, логические и вероятностные модели анализа и оценки риска периодических химических производств, технологического оборудования с опасными химическими веществами, расположенного на территории предприятий, многоассортиментных химических производств.

**1.5. Модели и методы прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий.** Основные направления в моделировании загрязнения воздушного бассейна: особенности выбора параметров источника, граничных условий и параметров среды распространения примесей. Подходы к рассеянию примесей легких, нейтральных и тяжелых газов. Модели переноса загрязняющих веществ в атмосферном воздухе: диффузионные, дисперсионные, комбинированные: основные допущения и расчетные соотношения. Рекомендации по выбору методов прогнозирования в зависимости от оперативности прогноза. Основные расчетные соотношения методики расчета концентраций в атмосферном воздухе, содержащихся в выбросах предприятий и методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе. Их сравнительный анализ, допущения, области применения, рекомендации для использования.

**Раздел 2. Синтез гибких блочно-модульных схем очистки стоков и регенерации растворителей многоассортиментных химических производств**

**2.1. Основные этапы синтеза гибких химико-технологических систем в блочно-модульном исполнении и гибких схем очистки стоков и регенерации растворителей.** Использование декомпозиционного метода к синтезу структур ХТС. Общие подходы и специфические особенности формирования блочно-модульных принципиальных структур ХТС. Взаимосвязи решаемых задач по материальным, энергетическим и информационным потокам.

**2.2. Методы совмещения выпуска многоассортиментной продукции по гибкой технологии с учетом требований экологической безопасности при синтезе схем очистки**



**стоков.** Выбор показателей очистки сточных вод с учетом требований гигиенических нормативов к качеству окружающей среды (воды, почвы), предъявляемым к системам локальной очистки стоков, направляемых в промышленную канализацию, показатели острой и хронической токсичности веществ для водной среды и водоемов (в том числе рыбохозяйственного назначения). Анализ стоков по составу примесей и обоснование технологической, экономической и экологической необходимости объединения стоков в многоассортиментных производствах. Информационно-признаковые, информационно-логические модели технологических стадий и аппаратного оформления гибких блочно-модульных ХТС очистки стоков и регенерации растворителей. Меры сходства составов стоков в пространстве физических, химических, гигиенических и экологических признаков. Классификации стоков химических производств. Методы формализации задач классификации при синтезе гибких схем очистки стоков. Использование евклидова расстояния и других метрик для классификации стоков.

**2.3. Задачи выбора методов очистки сточных вод и оборудования для реализации гибких блочно-модульных химико-технологических систем.**

**2.4. Структурный синтез гибких схем очистки сточных вод.** Способы формирования структур гибких схем очистки стоков и регенерации растворителей. Особенности функционирования системы согласующих емкостей. Построение временных диаграмм работы гибких ХТС совместно с гибкими схемами очистки стоков и регенерации растворителей. Модели расчета согласующих емкостей при синтезе гибких схем очистки стоков.

**2.5. Модели и алгоритмы структурно-параметрического синтеза гибких схем очистки стоков.** Постановки задач структурно-параметрического синтеза гибких схем очистки стоков как задач оптимизации: критерии, ограничения, допущения моделей. Декомпозиционный метод исследования и решения задач. Координирующие соотношения.

**Раздел 3. Синтез гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств в химической и смежных отраслях промышленности.**

**3.1. Основные этапы синтеза гибких химико-технологических систем и схем очистки выбросов.**

**3.2. Методы совмещения технологий выпуска многоассортиментной продукции на универсальных технологических модулях с учетом требований экологической безопасности при проектировании гибких схем очистки выбросов:** по источникам образования отходящих газов и их характеристикам, по возможности использования тепла отходящих газов в сырьевых теплообменниках и другом оборудовании (вращающихся печах, сушилках и т.п.), по источникам выбросов и по эффективности системы очистки.

**3.3. Методы и алгоритмы расчета и выбора оборудования при создании гибких схем очистки выбросов.** Расчетные соотношения для определения основных конструктивных параметров циклонов, электрофильтров для очистки газовых выбросов от пыли в многоассортиментных производствах. Расчеты концентраций загрязняющих веществ для выбранных систем очистки с использованием рекомендуемых методик и установление предельно допустимых выбросов.

**3.4. Модели и алгоритмы структурно-параметрического синтеза гибких экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности.** Выбор критериев (капитальные затраты, приведенные затраты, ущербы окружающей среде от выбросов стационарных источников) для анализа эффективности решения задач синтеза гибких экологически чистых химических производств.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>			
1	– нормативно-методические основы обеспечения экологической безопасности химических производств;	+		
2	– теоретические основы технологического проектирования экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности: методы совмещения выпуска многоассортиментной продукции по гибкой технологии с учетом требований экологической безопасности, информационно-признаковые и информационно-логические модели выбора методов и оборудования для очистки стоков и выбросов;		+	+
3	– существующие подходы, методы и алгоритмы синтеза гибких блочно-модульных схем очистки стоков, регенерации растворителей и гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств химической и смежных отраслей промышленности;		+	+
4	– методы и модели прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий;	+		
5	– подходы, методы и модели анализа и оценки экологического риска различных классов химически опасных объектов.	+		
	<b>Уметь:</b>			
6	– проводить анализ химического производства как источника экологической опасности;	+		
7	– строить логико-графические модели анализа риска различных классов химически опасных объектов;	+		
8	– решать задачи оценки риска в результате аварий на химически опасных объектах;	+		
9	– решать задачи прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий и оценки ущербов окружающей среде;	+		+
10	– использовать информационно-признаковые и информационно-логические модели для выбора методов и оборудования для создания гибких схем очистки стоков и выбросов.		+	+
	<b>Владеть:</b>			

11	–навыками использования блочно-модульного подхода к формированию принципиальных структур гибких схем очистки стоков, регенерации растворителей и гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств химической и смежных отраслей промышленности;		+	+	
12	- навыками использования специализированного программного обеспечения для решения задач анализа и оценки экологического риска в результате аварии с выбросом опасных химических веществ; прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий химической и смежных отраслей промышленности.	+		+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>универсальные и профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>					
	<b>Код и наименование УК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения УК</b>			
13	– УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности;	+	+	+
14		– УК-1.4 Умеет определять и оценивать варианты возможных решений задачи;	+	+	+
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
15	– ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	– ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей	+	+	+
16		– ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	+	+	+

17		– ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	+		+
18	- ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий	– ПК-4.1. Знает методы сбора, анализа и систематизации экспериментальных данных, обобщения научно-технической информации в области профессиональной деятельности с использованием информационных компьютерных технологий	+	+	+
19		– ПК-4.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии и специализированное программное обеспечение для решения научно- исследовательских задач в области энерго- и ресурсосбережения	+	+	+
20		ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов	+	+	+
21	– ПК-6. Способен формулировать и решать задачи экологической безопасности энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности	– ПК-6.1.Знает методы и модели эколого-экономического анализа и прогнозирования последствий негативных воздействий объектов профессиональной деятельности	+		+
22		– ПК-6.2. Умеет проводить эколого-экономические расчеты и оценку экологических рисков при разработке новых и совершенствовании существующих энерго- и ресурсосберегающих химических, нефтехимических и биотехнологических производств с использованием специализированного программного обеспечения	+		

23		<p>– ПК-6.3. Владеет способами анализа и оценки последствий негативных воздействий предприятий химической промышленности на человека и окружающую среду с использованием информационных компьютерных технологий и специализированных программных средств</p>	+	+	+
----	--	--	---	---	---

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1	Разбор примеров в области отнесения предприятия к источникам негативных воздействий и внедрению наилучших доступных технологий	2
2	1.2	Разбор примеров классификации опасных производственных объектов на основании рекомендаций ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»	0,5
3	1.3	Разбор примеров задач классификации опасностей химической продукции, представляющей собой индивидуальное вещество	1
4	1.3	Разбор примеров задач классификации опасностей смесевой химической продукции	2
5	1.3	Разбор примеров классификации опасностей отходов	0,5
6	1.4	Построение логико-графических моделей анализа риска на типовом оборудовании ОПО химических производств	2
7	1.4	Составление логических моделей анализа риска на типовом оборудовании ОПО	2
8	1.4	Определение рисков возникновения аварий на опасных производственных объектах с учетом специфики их проектирования и функционирования с использованием вероятностных моделей	2
9	1.5	Прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха одиночными источниками выбросов промышленных предприятий	2
10	1.5	Прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха группами источников выбросов промышленных предприятий	1
11	1.5	Учет эффектов суммации и трансформации примесей в атмосферном воздухе при рассеянии вредных (загрязняющих) веществ	0,5
12	1.5	Учет рельефа местности и городской застройки при прогнозировании загрязнения воздуха источниками выбросов промышленных предприятий	0,5
13	2.1, 2.2	Использование информационно-признаковых моделей и мер сходства при формировании гибких схем очистки стоков промышленных предприятий с учетом экологических требований	3,5
14	2.3, 2.4	Формирование принципиальных структур гибких многоассортиментных схем очистки стоков и регенерации растворителей	2

15	2.4	Определение размеров согласующих емкостей при синтезе гибких схем очистки стоков и регенерации растворителей	2
16	2.4, 2.5	Построение временных диаграмм функционирования гибких схем очистки стоков	2,5
17	3.1-3.4	Расчет концентраций загрязняющих веществ для выбранных систем очистки выбросов. Их сравнительный анализ	6

## 6.2 Лабораторные занятия

В зависимости от трудоемкости включенных в практикум работ их число может быть уменьшено. Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Методы синтеза многоассортиментных экологически чистых химических производств*», а также способствует закреплению навыков использования специализированного программного обеспечения для решения задач синтеза многоассортиментных экологически чистых химических производств.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 50 баллов (максимально по 10 баллов за лабораторные работы 1 и 2, 9 баллов за лабораторную работу 3, 20 баллов за лабораторную работу 4, 11 баллов за лабораторную работу 5). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Общий рейтинг по дисциплине представлен далее в разделе 8.1.

Примеры лабораторных работ и модули, которые они охватывают.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1.3	Расчет эколого-экономических последствий аварий на нефтепроводах с использованием специализированного программного обеспечения	2
2	1.3	Классификация отходов с использованием специализированного программного обеспечения	2
3	1.4	Анализ риска на типовом оборудовании <b>ОПО</b> с использованием программного модуля <b>ТОХИ<sup>+RISK</sup></b>	2
4	1.5, 3.4	Прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий с использованием специализированного программного обеспечения	6
5	2.4, 2.5	Структурный синтез гибких схем очистки стоков промышленных предприятий и определение размеров согласующих емкостей с использованием специализированного программного обеспечения	4

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к выполнению лабораторных работ;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (8 семестр) и лабораторного практикума (8 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольной работы (максимальная оценка 10 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 50 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

### 8.1 Пример контрольной работы №1 для текущего освоения дисциплины

Заданы возможные причинно-следственные взаимосвязи между отказами-ситуациями-факторами *Ситуациями* при возможном совмещении ассортимента выпуска пяти продуктов в типичную схему.

	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$			
$P_1$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$S_1$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$F_1'$	$F_2'$						
$P_2$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$S_2$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$F_1$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$						
$P_3$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$S_3$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$F_2$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$						
$P_4$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$S_4$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$F_3$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$				$R_1$	$R_2$	$R_3$
$P_5$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$S_5$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$F_4$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$				$F_1'$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	
									$F_2'$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	

1. Построить обобщенные логико-графические модели развития аварии при следующих вариантах совмещения продуктов:

Первый {P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>};

Второй {P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>} и {P<sub>1</sub>, P<sub>5</sub>};

Третий {P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>} и {P<sub>2</sub>, P<sub>5</sub>}.



2. Для всех вариантов определить общие и индивидуальные ситуации и факторы рисков и все возможные сценарии.

Для трех вариантов совмещения рассчитать риски возникновения аварий по всем возможным сценариям и выбрать наименее безопасный вариант совмещения.

$P_1$	$\begin{bmatrix} 0.9 & 0 & 0 & 0.9 \\ 0 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0 & 0 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0.9 & 0 \\ 0.8 & 0 & 0 & 0.2 \end{bmatrix}$	$S_1$	$\begin{bmatrix} 0.1 & 0 & 0.2 & 0.2 \\ 0 & 0 & 0 & 0.4 \\ 0.5 & 0.1 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0 & 0.9 & 0 \\ 0.9 & 0 & 0.9 & 0.1 \end{bmatrix}$
$P_2$		$S_2$	
$P_3$		$S_3$	
$P_4$		$S_4$	
$P_5$		$S_5$	

$F_1$	$\begin{bmatrix} F_1' & F_2' \\ 1 & 0 \\ 0.1 & 0 \\ 0 & 0.9 \\ 0 & 0.5 \end{bmatrix}$	$R_1$	$R_2$	$R_3$
$F_2$		$F_1'$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.9 & 0.9 \end{bmatrix}$	
$F_3$		$F_2'$		
$F_4$				

## 8.2. Примеры вариантов лабораторных работ для текущего контроля знаний по дисциплине

*Пример Лабораторной работы 1 на тему “Расчет эколого-экономических последствий аварий на нефтепроводах с использованием специализированного программного обеспечения”*

### Задание

1. С использованием специализированного программного обеспечения, реализующего методику балльной оценки провести эколого — экономическую оценку аварии. Произошла разгерметизация трубопровода на участке, проходящем через Ханты-Мансийский автономный округ. Причиной стала незаконная врезка в нефтепровод.

Исходные данные:

Авария произошла 17.08.2018 и температура составляла +18°C;

Объем разлива нефти составил 1,9 м3;

Среднюю плотность нефти принять - 883 кг/м3;

Западно - сибирский экономический район;

Ханты-Мансийского автономного округа;

Из грунтов преобладает подзолистые.

2. Проварьировать температуру от -15°C до +20°C с шагом 5°C. Сделать вывод о наихудших условиях, если авария бы произошла при других условиях.

3. Проварьировать типы грунтов, которые есть в рассматриваемом округе (подзолистые и серые лесные почвы) для условий аварии и худшего по расчетам п.2, сделать выводы.

4. По заданию преподавателя сделать ручной расчет с использованием методики балльной оценки.

Пример лабораторной работы №2 на тему «Классификация отходов с использованием специализированного программного обеспечения»

Задание: С помощью программного модуля «Классификация отходов» провести классификацию заданного отхода и проверить ручным расчетом результаты машинного расчета.

Отход для классификации: Отходы клея на основе каучуков, код вида отхода по ФККО: 5570000000000.

Состав и свойства компонентов отхода:

Состав и свойства компонентов отхода	Каучук	Бензин	Диоксид титана TiO <sub>2</sub>	Растительное масло	Ионол	Бензоиловый пероксид (по бензойной кислоте)	Полиэфосфаты
Концентрация, мг/кг	300000	300000	380000	10000	3000	5000	2000
ПДКп (ОДК), мг/кг		0,1					
ПДКв, (ОДУ, ОБУВ), мг/л		0,1				0,6	3,5
Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования		3				4	3
ПДКсс (ПДКмр, ОБУВ), мг/м <sup>3</sup>		1,5	0,5				
ПДКрз, мг/м <sup>3</sup>		300	10			5	10
Класс опасности в атмосферном воздухе		4					
Класс опасности в рабочей зоне		4	4			3	4
lg (S, мг/л / ПДКв, мг/л)**						3,68	
lgKow (октанол/вода)						1,87	
DL50, мг/кг		14063	12000		890	1700	
DL50кожн, мг/кг		2000	10000		2000	5000	
CL50, мг/м <sup>3</sup>		5200	3560				
Канцерогенность		Есть вероятность для животных					
CL50водн, мг/л/96 ч		82	1000			200	
Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)					Выраженное накопление		

Пример лабораторной работы №3 на тему «Анализ риска на типовом оборудовании ОПО с использованием программного модуля *ТОХИ<sup>+RISK</sup>*»

#### Задание

На территории опасного производственного объекта расположены три источника потенциальной опасности (табл. 1)

Таблица 1

Оборудование	Источники опасности				
	Вещество	Масса ЖФ <sup>1</sup> , кг	Масса ПГФ <sup>2</sup> , кг	Давление, кПа абс.	Температура, °С
Резервуар хранения ВХМ TVM011	ВХМ <sup>3</sup>	8535	-	600	40
Емкость промежуточного хранения ВХМ TVM012	ВХМ	70320	1296	600	40
Компрессор водорода КМП001	Водород	-	0,89	132	30

<sup>1</sup> Жидкая фаза

<sup>2</sup> Парогазовая фаза

<sup>3</sup> Винилхлорид мономер

Используя вышеуказанные данные и типовые деревья развития опасных ситуаций необходимо:

1. построить поле потенциального риска на территории предприятия и за его пределами (загромождение пространства принять как среднее);
2. определить показатели пожарного риска для персонала объекта и третьих лиц.

В зону аварии могут попасть следующие лица:

#### I. Персонал объекта:

- 1) Административное здание. Число постоянно находящихся сотрудников – 15 чел. Режим работы – 8-ми часовая 5-дневная рабочая неделя.
- 2) Периметр завода. Число постоянно находящихся сотрудников – 8 чел. Режим работы – сутки через двое.
- 3) Ремонтные мастерские. Число сотрудников – 30 чел. Режим работы – 8-ми часовая 5-дневная рабочая неделя.

#### II. Третьи лица:

Общежитие. Число жителей – 120 чел.

При расчетах для:

- резервуара хранения ВХМ TVM011 использовать дерево исхода для емкости с ГЖ под давлением с температурой вещества более высокой, чем температура его вспышки;
- емкости промежуточного хранения ВХМ TVM012 использовать дерево исхода для резервуаров, находящихся под давлением, с двухфазной смесью;
- компрессора водорода КМП001 использовать дерево исхода для центробежных компрессоров.

Информацию по деревьям исхода выбрать исходя из справочной системы программного комплекса *ТОКСИ<sup>+RISK</sup>*.

*Пример лабораторной работы №4 на тему «Прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий с использованием специализированного программного обеспечения»*

*Задание*

С помощью программных модулей «ОНД-86» (2005-2008 гг.), «МПЗВ» (2013 г.) и модуля «ОНД» программного комплекса ТОХИ<sup>+Risk</sup> провести прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов цеха «Цех 5А» и «Аммиак-4» ОАО «НАК «Азот». Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ, характеристики и составы выбросов представлены в табл. 1, 2 и 3. Определить наиболее опасные метеоусловия.

Требуется:

1. Провести расчёты по заданным значениям на максимальное количество выбросов, газозооушной смеси (г/с) по каждому загрязняющему веществу (при базовых метеоусловиях  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $U = 2\text{ м/с}$ ). Полученные результаты сравнить с ПДКм.р..

Таблица 1

ПДК загрязняющих веществ цехов ОАО «НАК «Азот»

№ п/п	Наименование вещества	ПДКмр, мг/м <sup>3</sup>	ПДКсс, мг/м <sup>3</sup>	ПДКсг мг/м <sup>3</sup>
1	Азота диоксид (NO <sub>2</sub> )	0,2	0,1	0,04
2	Азота оксид (NO)	0.4	-	0.06
3	Аммиак	0.2	0.1	0.04
4	Углерода оксид (CO)	5	3	3
5	Сера диоксид	0.5	0.05	-

2. При тех же характеристиках источников варьировать метеоусловия: скорость ветра изменяется от 0,5 до 5,5 м/с с шагом 1.

Определить наиболее неблагоприятные условия. Полученные результаты сравнить с базовыми расчетами.

3. Для наиболее опасного варианта определить ПДВ для каждого источника при значениях фоновых концентраций 0,001 мг/м<sup>3</sup> по любому из загрязняющих веществ.

4. Ручным расчетом проверить полученные значения для наиболее опасных примесей и наиболее неблагоприятных метеоусловий.

5. Для примесей, склонных к эффектам суммации, определить необходимость её учёта. Для примесей и групп источников расчеты провести по программному модулю «МПЗВ» (2013 г.)

6. Для группы близко расположенных источников определить их суммарные значения максимальных концентраций (модуль «ОНД» ПК «ТОХИ<sup>+Risk</sup>»).

7. Сравнить расчеты и функциональные возможности программных модулей

Таблица 2

## Характеристики источников выбросов цеха «Цех 5А» ОАО «НАК «Азот»

№ источника	Высота, м	Размер сечения устья источника, м	Параметры выбросов источника			Наименование ЗВ	Максимальное количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, г/с	Суммарное количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, т/год
			Скорость ГВС на выходе из источника, м/с	Объемный расход ГВС на выходе из источника, м <sup>3</sup> /с	Температура ГВС на выходе из источника, °С			
128-ОВТ	150	1,5	18,2	82,5	150	NO NO <sub>2</sub> SO <sub>2</sub> CO NH <sub>3</sub>	10,692 1,642 1,069 123,37 4,359	55,34 23,74 5,27 2884,1 15,6

Таблица 3

## Характеристики источников выбросов цеха «Аммиак-4» ОАО «НАК «Азот»

№ источника	Высота, м	Размер сечения устья источника, м	Параметры выбросов источника			Наименование ЗВ	Максимальное количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, г/с	Суммарное количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, т/год
			Скорость ГВС на выходе из источника, м/с	Объемный расход ГВС на выходе из источника, м <sup>3</sup> /с	Температура ГВС на выходе из источника, °С			
69	40	3,3	9,7	83,33	200	NO NO <sub>2</sub> SO <sub>2</sub> CO NH <sub>3</sub>	10,662 2,666 0,25 6,664 0,833	190,1 15,93 0,7 80,28 12,43

*Пример лабораторной работы №5 на тему «Структурный синтез гибких схем очистки стоков промышленных предприятий и определение размеров согласующих емкостей с использованием специализированного программного обеспечения»*

Данная работа базируется на ранее выполненных в 7-ом семестре лабораторных работах по курсу «Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств». В результате выполнения указанного комплекса лабораторных работ подгруппами бакалаврами из 2-х человек были определены структуры гибких или частично совмещенных ХТС для выпуска 3-х продуктов, определены размеры основного оборудования и согласующих емкостей, допустимые диапазоны размеров партий продуктов.

Целью лабораторной работы является исследование количества и составов стоков, необходимости установки емкостей для сбора стоков, образующихся в основных технологических процессах и при промывках оборудования при переходе с выпуска одного продукта на другой продукт.

Необходимо:

1. Изучить технологические регламенты получения продуктов, проверить материальные балансы и определить материальные потоки, направляемые на стадии регенерации, локальной очистки, термического обезвреживания. Исследование выполнить для каждого продукта.

2. Определить возможность совмещения потоков, направляемых на стадии регенерации и локальной очистки.

3. Построить принципиальную схему совмещения основного производства и схемы очистки стоков и многоассортиментного производства. Определить местоположение емкостей между основным многоассортиментным производством по выпуску двух продуктов и схемой очистки стоков и регенерации растворителей.

4. С использованием специализированного программного обеспечения рассчитать размеры емкостей, выбрать из стандартного ряда, определить их количество.

Расчеты провести для минимальных и максимальных размеров партий продуктов для последовательного выпуска ассортимента в полном объеме, полученных при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств» в 7-м семестре. Определить все допустимые варианты. Сделать их сравнительный анализ.

5. С использованием специализированного программного обеспечения рассчитать объемы промывок на основе верхних коэффициентов заполнения 0.85 – для емкостного оборудования и 0.7 – для фильтров и сушилок. Принять, что промывки проводятся однократно, водой при кипячении. Подобрать ёмкости из стандартного ряда.

6. Ручным расчетом по заданию преподавателя проверить результаты машинного расчета. Каждому студенту выдается один вариант на проверку ручным расчетом.

7. Построить временные диаграммы функционирования емкостей для каждого из продуктов для минимальных и максимальных размеров партии. Каждому студенту – не более двух диаграмм. Сделать сравнительные выводы.

8. Сделать выводы по работе.

### ***Технологические регламенты процессов получения продуктов***

#### ***Технологический регламент процесса получения первого продукта***

##### **ТП 1.1. Получение 5-метил-2-пропионилфурана**

В эмалированный аппарат Р-4 из мерника М-2 загружают пропионовый ангидрид, а из мерника М-5 ортофосфорную кислоту. Включают мешалку, пускают воду на обратный холодильник Т-8. Реакционный раствор пуском пара нагревают до 131°C за 30 минут. Из

мерника М-9 в течение 30 минут прибавляют 2-метилфуран. Для завершения процесса образования 5-метил-2-пропионилфурана перемешивают ещё в течение 30 минут. Затем массу дают охладиться до 95°C (обычно 30 минут). Для растворения отлагающихся на стенках аппарата смолистых веществ в аппарат Р-4 из мерника М-10 загружают воду и из мерника М-11 хлористый метилен, перемешивают реакционную массу 30 минут. Затем пуском воды в рубашку аппарата Р-4 реакционную массу охлаждают до 20°C в течение 50 минут.

### ТП 1.2. Нейтрализация реакционной массы

В аппарат Р-13 загружают воду из мерника М-10 и 25% раствор аммиака из мерника М-12. Перемешивают раствор в течение 15 минут. К полученному раствору загружают хлористый метилен из мерника М-11. Реакционный раствор охлаждают до 5°C в течение 30 минут. В аппарат Р-13 приливают реакционную массу из Р-4. Затем дают выдержку 30 минут.

### ТП 1.3. Экстракция 5-метил-2-пропионилфурана

Реакционную массу из аппарата Р-13 передают в делительную воронку Дв-15 для разделения. Дают массе отстояться 1,5 часа. Нижний слой (хлористо-метиленовый раствор) сливают в сборник Сб-16. Экстракцию повторяют ещё раз. Верхний слой сливают в сборник Сб-17.

## Материальные потоки на стадиях

### ТП 1.1.

Приход			Расход		
Компонент	т	м <sup>3</sup>	Компонент	т	м <sup>3</sup>
2-метилфуран	2,503	2,748	Реакционная масса	11,500	10,952
Ортофосфорная кислота	0,293	0,170			
Вода	0,743	0,743			
Хлористый метилен – отгон с ТП 1.4.	3,005	2,285			
Пропионовый ангидрид	4,956	5,006			

### Материальные потоки для промывки аппарата:

Приход			Расход		
Компонент	т	м <sup>3</sup>	Компонент	т	м <sup>3</sup>
Хлористый метилен	0,106	0,08	Хлористый метилен	0,106	0,08
Вода	8,903	8,903	Вода	8,903	8,903

**ТП 1.2.**

Приход			Расход		
Компонент	т	м <sup>3</sup>	Компонент	т	м <sup>3</sup>
Реакционная масса	11,500	10,952	Реакционная масса	40,440	39,072
Вода	8,799	8,799			
25% раствор аммиака	5,280	5,866			
Хлористый метилен-отгон с ТП 1.4.	14,862	11,302			

**ТП 1.3.**

Приход			Расход		
Компонент	т	м <sup>3</sup>	Компонент	т	м <sup>3</sup>
Реакционная масса	40,440	39,072	Реакционная масса	28,960	23,168
Хлористый метилен отгон с ТП-1.4.	6,468	4,918	Хлористый метилен (пары улавливание) на	0,664	0,487
Хлористый метилен	1,310	0,988	Водно-аммиачный и маточный раствор на обезвреживание	18,615	17,968

**Технологические регламенты процесса получения второго продукта****ТП-1.1. Получение ангидрида монохлоруксусной кислоты.**

В аппарат Р-1 через люк загружают монохлоруксусную кислоту массой 1,658 тонн ( $\rho=1580$  кг/м.куб) и из мерника М-6 уксусный ангидрит с массой 0,816 тонн ( $\rho=1071$  кг/м.куб). При этом наблюдается сниженеи температуры реакционной смеси до  $6\pm 2$  градусов Цельсия. Включают мешалку, дают воду на обратный холодильник Т-4. Пуском пара в рубашку аппарата массу нагревают до температуры  $95\pm 2$  градусов Цельсия и дают выдержку в этих условиях в течение 1,5 ч. По окончании выдержки пуском холодной воды в рубашку аппарата Р-1 реакционную массу охлаждают до  $t=80\pm 2$  градусов Цельсия. Переключают обратный холодильник Т-4 на прямой, включают вакуум- насос ВН-7 и в системе создают остаточное давление 12-13 кПа ( $95\pm 5$  мм ртст). Пуском пара в рубашку аппарата реакционную массу нагревают до  $t=98\pm 2$  градусов Цельсия и отгоняют образующуюся в ходе реакции уксусную кислоту с сборник СБ-5. В начале отгонки



температура в парах  $62 \pm 2$  градусов Цельсия; по мере отгонки уксусной кислоты температуру в массе повышают до  $112 \pm 2$  градусов Цельсия и ведут отгонку не вступившего в реакцию уксусного ангидрида в тот же сборник СБ-5. Температура в парах при этом достигает  $81 \pm 2$  градусов Цельсия. Отгонку заканчивают при температуре в массе  $118 \pm 2$  градусов Цельсия и температуре в парах  $89 \pm 2$  градусов Цельсия. Продолжительность отгонки составляет 9-10 ч. Увеличение скорости отгонки приводит к снижению выхода и ухудшению качества целевого продукта -2-хлор-2',6'-ацетксилидида (увеличивается количество побочного продукта -2,6-ацетксилидида). По окончании отгонки вновь переключают прямой холодильник Т-4 на обратный. Пуском холодной воды в рубашку аппарата, реакционную массу охлаждают до температуры  $40 \pm 2$  градусов Цельсия и отключают вакуум-насос ВН-7. К реакционной массе в аппарат Р-1 из мерника М-2 прибавляют 2,6-ксилидин (0,642т;  $\rho=986$  кг/м<sup>3</sup>). Температура массы при этом поднимается с  $40 \pm 2$  градусов Цельсия до  $68 \pm 2$  градусов Цельсия (прибавление ксилидина ведут в течение  $40 \pm 5$  минут). По окончании прибавления ксилидина дают выдержку при перемешивании и температуре  $68 \pm 2$  градусов Цельсия в течение 30 минут. Кислый отгон массой 0,787 тонн ( $\rho=1069$  кг/м.куб) из сборника СБ-5 передают на регенерацию уксусной кислоты на стадию ПО-1.

#### ТП-1.2. Выделение 2-хлор-2',6'-ацетксилидида.

В аппарат Р-9 из мерника М-10 загружают воду, массой 5,831 т ( $\rho=1000$  кг/м.куб), включают мешалку и пуском горячей воды в рубашку аппарата воду нагревают до температуры  $68 \pm 2$  градусов Цельсия. Реакционную массу с температурой  $68 \pm 2$  градусов Цельсия из аппарата Р-1 в течение 20-30 минут передают в аппарат Р-9. Более быстрое прибавление приводит к комкованию массы в аппарате Р-9 и остановке мешалки. Закомковавшаяся масса размешивается и измельчается с трудом. Образовавшейся суспензии дают самоохладиться при перемешивании в течение 1 ч и затем, пуском заохоложенной воды в рубашку аппарата Р-9 реакционную массу охлаждают до температуры  $20 \pm 2$  градусов Цельсия. Охлажденную до указанной температуры массу передают на фильтрацию на стадию ТП-1.3. Реакционную массу массой 2,288 т ( $\rho=1048$  кг/м.куб) из аппарата Р-1 целесообразно передавать в аппарат Р-9 через обогреваемый нижний спуск с целью полного удаления из аппарата реакционной массы. В этом случае может быть исключена межоперационная подготовка аппарата (промывка и сушка) Р-1.

#### ТП-1.3. Фильтрация 2-хлор-2',6'-ацетксилидида.

Суспензию массой 8,114 тонн ( $\rho=1008$  кг/м.куб) со стадии ТП-1.2 фильтруют на друк-филт্রে ( или центрифуге) Ф-12 (0,5 ч). Осадок на филт্রে промывают водой массой 1,421 тонн ( $\rho=1000$  кг/м.куб) через аппарат Р-9 до рН промывных вод 4. Осадок отжимают в течение 1 ч. Пасту массой 1,398 тонн ( $\rho=1156$  кг/м.куб) без сушки передают на ТП-2. Маточный раствор и промывание воды массой 8,042 тонн ( $\rho=1056$  кг/м.куб) направляют в сборник СБ-13 и затем на обезвреживание. Потери на филт্রে составляют 0,095 тонн ( $\rho=1158$  кг/м.куб).

### Материальные потоки на стадиях

№ стадий	Аппарат	Реагент	Вход на стадию			Выход со стадии		
			м, т	V, м <sup>3</sup>	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	м, т	V, м <sup>3</sup>	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
ТП-1.1	Р-1	Уксусный ангидрид	0,816	0,762	1071			
		Монохлоруксусная кислота	1,653	1,046	1580			
		2,6-ксилидин	0,642	0,651	986			
		Кислый отгон на ПО-1				0,828	0736	1069

		Реакционная масса				2,283	1,723	1325
		Итого	3,111т			3,111т		
ТП-1.2	Р-9	РМ с ТП-1.2	2,283	1,723	1325			
		Вода	5,831	5,831	1000			
		Реакционная масса				8,114	7,554	1074
		Итого	8,114т			8,114т		
ТП-1.3	Ф-12	РМ с ТП-1.2	8,114	7,554	1074			
		Вода	1,421	1,421	1000			
		Фильтрат и промывные воды на обезвреживание	0,145	0,145	1000			
		Вода отработанная на обезвреживание				8,042	7,612	1056
		Потери на фильтре				0,095	0,082	
		РМ				1,398	1,363	1026
		Итого	9,535т			9,535т		

### Технологический регламент процесса получения третьего продукта

#### ТП-7.1. Получение ацетата основания арбидола.

Ацетат основания арбидола получают аминометилированием тиюиндола смесью диметиламина и формалина в уксусной кислоте. На 1 моль тиюиндола расходуют 1,2 моля формалина, 2,6 моля диметиламина и 15 молей уксусной кислоты. Большой избыток диметиламина объясняется его высокой летучестью. Уксусная кислота используется как реагент и растворитель. Реакцию проводят при 69-71<sup>0</sup>С. При более низкой температуре реакция не проходит до конца, при более высокой – сопровождается усилением смолообразования. В аппарат Р-43 загружают из мерника М-37 уксусную кислоту, пуском воды в рубашку охлаждают ее до 18-20<sup>0</sup>С.

Затем пуском горячей воды в рубашку аппарата массу нагревают до 70±1<sup>0</sup>С и перемешивают при этой температуре, пока содержание тиюиндола в реакционной массе будет не более 0,2%. Обычно на это требуется 30 минут. Визуальным признаком прохождения реакции является образование из суспензии раствора. Раствор охлаждают до 20<sup>0</sup>С и передают на ТП-7.2. в мерник М-47. Общее время на стадию около 1,5 часа.

#### ТП-7.2. Выделение основания арбидола.

В аппарат Р-48 из мерника М-36 загружают воду и при перемешивании через люк – едкий натр. Образовавшийся раствор охлаждают пуском воды в рубашку аппарата до 16-18<sup>0</sup>С, из мерника М-47 прибавляют раствор ацетата основания арбидола в уксусной кислоте в ТП-7.1 в течение 1-0,5 часов (со скоростью 2,0 кг/час). Быстрое прибавление уксусного раствора, а также повышение температуры при нейтрализации вызывают комкование осадка основания арбидола и его плохую фильтрацию. Суспензию перемешивают еще 40 минут и передают на фильтрацию на ТП-7.3.

#### ТП-7.3. Фильтрация и промывка.

Основание арбидола отфильтровывают на фильтре Ф-5, фильтрующий материал – бязь. Осадок промывают водой из мерника М-36 через аппарат Р-48 до рН 7 промывной водой. Маточник и промывную воду направляют на обезвреживание. Длительность фильтрации принять 2 часа. Пасту технического основания арбидола направляют на сушку.

#### Материальные потоки на стадиях

№ стадий	Аппарат	Реагент	Вход на стадию			Выход со стадии		
			м, т	V, м <sup>3</sup>	ρ, кг/м <sup>3</sup>	м, т	V, м <sup>3</sup>	ρ, кг/м <sup>3</sup>

ТП-7.1	Р-43	Уксусная кислота	3,462	3,236	1070			
		Диметиламин	1,373	0,697	1970			
		Формалин	0,388	0,294	1320			
		Тиоиндол	1,609	0,215	7500			
		РМ на ТП-7.2				6,832	7,169	953
Итого			6,832 т			6,832 т		
ТП-7.2.1	Р-48	Вода	48,646	48,646	1000			
		Гидроксид натрия	2417	1,135	2130			
		РМ на ТП-7.2.2				51,063	25,229	2024
ТП-7.2.2	Р-48	РМ с ТП-7.1	6,832	7,169	953			
		РМ с ТП-7.2.1	51,063	25,229	2024			
		Вода промывная	0,145	0,145	1000			
		Вода отработанная на обезвреживание				0,145	0,145	1000
		РМ на ТП-7.3				57,895	32,363	1788,9
Итого			58,185 т			58,185 т		
ТП-7.3	Ф-5	РМ с ТП-7.2.2	57,895	32,363	1788,9			
		Вода (промывка)	59,688					
		Маточник на обезвреживание				54,158		
		Вода промывная на обезвреживание				59,456		
		РМ				3,929	3,143	1250
Итого			117,583 т			117,583 т		

Ряды типового оборудования для выбора емкостей выбираются из каталогов типового оборудования, ежегодно обновляемых по материалам международной выставки «Химия». Данные материалы со ссылками на предприятия-изготовители оборудования предоставляются обучающимся на сайте Междисциплинарной автоматизированной системы обучения (<http://cis.muotr.ru/alk/>). Могут также быть заданы исходные данные из полученных ранее расчетов по размерам оборудования, размерам партий продуктов и их количеству. Для построения временных диаграмм задаются длительности стадий и промывок оборудования при переходе с продукта на продукт

**Таблица размеров оборудования**

№ стадии	Тип оборудования	Объем аппарата, м <sup>3</sup> 1 продукт		Объем аппарата, м <sup>3</sup> 2 продукт		Объем аппарата, м <sup>3</sup> 3 продукт	
		Min размер партии (201кг)	Max размер партии (783кг)	Min размер партии (152кг)	Max размер партии (874кг)	Min размер партии (158кг)	Max размер партии (2229кг)
		1	Реактор	0,3	1,5	0,2	1,5
2	Фильтр	10	10	2	10	2	10

3	Сушилка	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	12,3
---	---------	-----	-----	-----	-----	-----	------

**Таблица аппаратов емкостных**

<b>Рабочий объем, м<sup>3</sup></b>	0,005	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20	0,30
	0,5	0,8	1	5	6,3	10	16

**Таблица длительности стадий, ч**

	<b>1 стадия</b>	<b>2 стадия</b>	<b>3 стадия</b>
<b>1 продукт</b>	4	2	8
<b>2 продукт</b>	4,5	2,5	6
<b>3 продукт</b>	2	0,5	3,5

**Таблица длительностей переналадок (матрица переналадок), ч**

	<b>Аппарат 1</b>			<b>Аппарат 2</b>			<b>Аппарат 3</b>		
<b>Продукты</b>	Эмокси пин	Лидока ин	Арбидоо л	Эмокси пин	Лидока ин	Арбидол	Эмокси пин	Лидока ин	Арбидол
Эмоксипин	0	3	3	0	5	5	0	5	5
Лидокаин	3	0	3	5	0	5	5	0	5
Арбидол	3	3	0	5	5	0	5	5	0

**Таблица с исходными данными**

Размер партии, (кг)	Подобранный объем (общий) для каждой стадии, (м <sup>3</sup> )		Время выпуска, (ч)	Капитальные затраты, (у.е.)	Реальный коэф. заполнения			Число партий	
	1ст.	2ст.			1ст.	2ст.	3ст.	1ст.	2ст.
Min 201 152 158	1ст.	0,3	811	1110	1ст.	1прод. 2прод. 3прод.	0,817 0,497 0,511	1прод. 2прод. 3прод.	40 53 51
	2ст.	10			2ст.	1прод. 2прод. 3прод.	0,179 0,122 0,05		
	3ст.	4,5			3ст.	1прод. 2прод. 3прод.	0,05 0,05 0,068		
Max 783 874 2229	1ст.	3	149	1430	1ст.	1прод. 2прод. 3прод.	0,637 0,571 0,721	1прод. 2прод. 3прод.	10 9 4
	2ст.	10			2ст.	1прод. 2прод. 3прод.	0,699 0,699 0,7		
	3ст.	12,3			3ст.	1прод. 2прод. 3прод.	0,139 0,286 0,353		

### 8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (8 семестр – зачет с оценкой).

#### Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой)

**Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов.**

В зависимости от режима обучения очно или с использованием дистанционных образовательных технологий зачет с оценкой может проводиться либо устно по билетам, либо в виде итогового теста по теоретическому материалу дисциплины и задачи.

#### 8.3.1 ИТОГОВЫЙ ТЕСТ (20 баллов) и ЗАДАЧА (20 баллов)

Зачет с оценкой включает выполнение итогового теста из 20 баллов и решения письменной задачи из 20 баллов. Для подготовки к тесту подготовлен банк тестовых заданий, включающий 120 вопросов по 7 категориям, подготовлено 9 тестов самоконтроля знаний. Итоговый тест формируется случайным образом из общего банка вопросов.

При освоении обучающимися дисциплины с использованием исключительно дистанционных образовательных технологий зачет с оценкой сдается в виде итогового теста из 40 баллов. Причем в итоговый тест, наряду с теоретическими вопросами, включаются небольшие практические задания по классификации ОПО и др.

#### Пример итогового теста (20 баллов)

##### 1. Сопоставьте определения, соответствующие следующим понятиям:

Химическое вещество или соединение, которое в случае нарушения требований безопасности может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья.	Опасное химическое вещество
Химическое вещество, прямое или опосредованное воздействие которого на человека может вызвать острые и хронические заболевания людей или их гибель.	Вредное вещество
Химическое вещество или смесь веществ, в том числе радиоактивных, и микроорганизмов, которые поступают в атмосферный воздух, содержатся и (или) образуются в нем и которые в количестве и (или) концентрациях, превышающих установленные нормативы, оказывают негативное воздействие на окружающую среду, жизнь, здоровье человека	Ресурсосберегающая технология
Любые потоки вещества, энергии и информации, непосредственно образующиеся в окружающей среде или планируемые в результате антропогенной деятельности и приводящие к изменениям окружающей среды.	Потенциально опасное вещество
Производство и реализация конечных продуктов с минимальным расходом вещества и энергии на всех этапах производственного цикла (от добывающих до сбывающих	Воздействие на окружающую среду

отраслей) и с наименьшим воздействием на человека и природные системы. При этом должны учитываться все расходы на промежуточные этапы производства, на единицу производимой (готовой) продукции или единицу ее эффективности. Обычно в понятие ресурсосберегающая технология включается требование минимизации используемых природных ресурсов и минимального нарушения естественных (природных) условий.	
Технология, позволяющая получать технически достижимый (возможный) минимум твердых, жидких, газообразных и тепловых отходов и выбросов.	Загрязняющее вещество
Вещество, которое вследствие своих физических, химических, биологических или токсикологических свойств предопределяет собой опасность для жизни и здоровья людей, для сельскохозяйственных животных и растений	Экологически чистая технология

## 2. Сопоставьте определения, соответствующие следующим понятиям:

Отходы, которые в настоящее время не могут быть использованы в народном хозяйстве, либо их использование экономически, экологически и социально нецелесообразно	Норматив образования отходов
Информационно-нормативный машинно-ориентированный документ, в котором представлены основные характеристики конкретных отходов, определяющие современную инфраструктуру работ, безопасность и ресурсосбережение при обращении с ним	Объекты размещения отходов
Экономический или технический показатель, значение которого ограничивает количество отходов конкретного вида, образующихся в определенном месте при указываемых условиях в течение установленного интервала времени	Неиспользуемые отходы
Отсутствие недопустимого риска для окружающей среды со стороны отхода на этапах его утилизации, захоронения и/или уничтожения	Технический паспорт отходов
Полигоны, шламохранилища, хвостохранилища и другие сооружения, обустроенные и эксплуатируемые в соответствии с экологическими требованиями, а также специально оборудованные места для хранения отходов на предприятиях в определенных количествах и на установленные сроки	Объекты размещения отходов

**3. Что такое приоритетные загрязнители? Приведите примеры. (Вопрос реализован в форме «Эссе». Приводится обучающимся в свободной форме, проверяется и оценивается преподавателем.)**

**4. Сопоставьте определения:**

Загрязнение окружающей среды, формирующееся в результате изменения ее естественных химических свойств или при поступлении в среду химических веществ, несвойственных ей, а также в концентрациях, превышающих фоновые (естественные) среднесуточные колебания количеств каких-либо веществ для рассматриваемого периода времени	Химическая опасность
Опасность, связанная с химическими веществами или процессами	Экологическая опасность
Угроза жизненно важным интересам личности, общества, государства, мирового сообщества в целом и окружающей природной среде в результате антропогенных и природных воздействий на них	Химическое загрязнение

**5. Какие модели называются дисперсионными?**

- модели концентрационного поля, выражаемые в явном виде с помощью распределений концентрации загрязняющего вещества в пространстве, подчиняющихся нормальному закону
- модели, описывающие турбулентное рассеяние загрязняющего вещества с учетом массо-, теплообмена, интенсивность которых изменяется в пространстве и во времени
- упрощенные модели поля, предполагающие что облако тяжелого газа можно рассматривать как набор тонких горизонтальных слоев, между которыми имеется массообмен и обмен энергией
- модели, полученные из полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии

**6. Что включает оценка риска и последствий аварий на опасном производственном объекте?**

- оценку вероятности возникновения риска в результате аварии
- оценку вероятностей ошибочных действий обслуживающего персонала
- оценку состава и количества образующихся отходов
- оценку оперативности действий аварийных служб предприятия
- стоимостную оценку материального и экологического ущерба
- оценку ущерба человеку, окружающей среде, материальным ценностям

**7. Вещества каких типов используются, получают, перерабатываются на опасных производственных объектах:**

- |                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| а) окисляющие      | ж) самовоспламеняющиеся |
| б) остро токсичные | з) воспламеняющиеся     |
| в) горючие         | и) взрывчатые           |

- г) высокотоксичные    к) канцерогенные  
 д) токсичные    л) опасные для окружающей среды  
 е) пожароопасные
- Выберите несколько признаков.

**8. Сопоставьте определения, соответствующие следующим понятиям:**

Деятельность, связанная с выполнением каких-либо технологических операций, которые могут привести к изменению физического, химического или биологического состояния отходов для обеспечения последующих работ по обращению с отходами	Обезвреживание отходов
Обработка отходов, в том числе сжигание и обеззараживание отходов на специализированных установках, в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду	Обращение с отходами
Деятельность по сбору, накоплению, использованию, обезвреживанию, транспортированию, размещению отходов	Обработка отходов
Деятельность, связанная с выполнением технологических процессов физико-химического и биологического преобразования отходов, включая обезвреживание, с целью их ликвидации, безопасной для окружающей среды	Паспорт отхода
Документ, удостоверяющий принадлежность отходов к отходам соответствующего вида и класса опасности, содержащий сведения об их составе	Переработка отходов

**9. Сопоставьте определения, соответствующие следующим понятиям:**

Временный лимит выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для действующих стационарных источников выбросов с учетом качества атмосферного воздуха и социально-экономических условий развития соответствующей территории в целях поэтапного достижения установленного предельно допустимого выброса	Временно разрешенные выбросы, сбросы загрязняющих веществ
Величины выбросов, сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, устанавливаемые для действующих стационарных источников выбросов, сбросов загрязняющих веществ на период, необходимый для достижения предельно допустимого выброса или технологических нормативов	Временно согласованный выброс
Выход при разгерметизации за короткий промежуток	Выбросы



<p>времени из технологических установок, емкостей для хранения или транспортирования опасного химического вещества или продукта в количестве, способном вызвать химическую аварию</p>	
<p>Газопылевые вещества, подлежащие выводу (выбросу в атмосферу) за пределы производства, включая входящие в них опасные и/или ценные компоненты, которые улавливают при очистке отходящих технологических газов и ликвидируют в соответствии с требованиями национального законодательства и/или нормативных документов</p>	<p>Выброс опасного химического вещества</p>

**10. Какие подходы могут использоваться для анализа риска:**

- техногенный
- инженерный
- производственный
- нормативный
- информационно-управляющий
- управления в ЧС
- системный
- информационный
- экологический
- феноменологический
- инженерно-технический
- технологический

**11. Какие составляющие включаются в оценку приведенных затрат на гибкую схему ХТС и схему очистки стоков?**

- затраты на оплату рабочих мест;
- амортизационные отчисления;
- затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание;
- затраты на оплату труда производственного персонала;
- капитальные затраты на основное оборудование и вспомогательные емкости всех типов;
- затраты на капитальный ремонт оборудования;
- стоимость материалов;
- затраты на топливо и энергию;
- стоимость сырья;
- затраты на полуфабрикаты собственного производства;
- затраты на транспортировку продукции и сырья;
- стоимость возвратных отходов.

**12. Классифицируйте риски по следующим признакам:**

1. Источник риска
2. Характер наносимого ущерба (объект воздействия)
3. Уровень опасности

4. По частоте воздействия

5. По восприятию людьми

систематический	
экономический	
принудительный	
социальный	
природно-техногенный	
периодический	
разовый	
приемлемый	
пренебрежимый	
добровольный	
техногенный	
индивидуальный	
экологический	
потенциальный территориальный	
природный	
коллективный	
чрезмерный	

**13. Сопоставьте основные подходы к моделированию в соответствии с их определением.**

Основывается на законе сохранения массы, предполагает однородность основного движения по осям координат и использование обычных приёмов осреднения турбулентных характеристик, состоящих из средних и пульсационных компонент	Теория подобия
---	----------------

Используется при моделировании в тех случаях, когда в силу сложности рельефа местности и застроек невозможно правильно оценить граничные условия и направления движения воздушных потоков, а поэтому приходится использовать гидравлические модели	Теория диффузии загрязняющего вещества
Связывается с использованием инструментальных способов определения формы выбросов, траектории распространения загрязнения, условий диффузии. Данный подход применим для решения задач оперативного прогноза и управления, но не долгосрочного планирования	Классическая статистическая теория
Даёт описание атмосферной турбулентности в терминах её интенсивности, шкалы и спектральных свойств. Она позволяет изучить историю движения индивидуальных частиц и определить статистические характеристики, необходимые для описания диффузии	Прямое экспериментальное исследование

**14. Какие факторы влияют на точность прогноза?**

- выбор предикторов
- учет метеорологических факторов
- учет синоптической обстановки
- оперативность прогноза
- тип источника загрязнения
- точность датчиков

**15. К какой категории относится объект, осуществляющий хозяйственную деятельность по производству нефтепродуктов?**

- I категории
- II категории
- III категории
- IV категории

**16. Какое воздействие оказывает производство таких солей, как хлорид аммония, хлорат калия, карбонат калия, карбонат натрия?**

- значительное негативное воздействие;
- незначительное негативное воздействия;
- опасное негативное воздействие;
- не оказывают негативное воздействие

**17. Как определяют длительность завершения технологического цикла выпуска i-го или N-го продукта? (вопрос типа «Вложенный ответ»)**

*Длительность завершения технологического цикла выпуска i-го продукта \ устанавливают \_\_\_\_\_ между \_\_\_\_\_ временем \_\_\_\_\_ операций (регенерации, промывок после лимитирующей стадии и последующих стадий после нее), проходящих \_\_\_\_\_ лимитирующей*

стадией и после нее и временем \_\_\_\_\_ стадии при производстве \_\_\_\_\_ партии i-го продукта.

**18. К веществам, представляющим опасность для окружающей среды, относятся вещества, характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности:**

- средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 96 часов не более 15 миллиграммов на литр
- средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течении 96 часов не более 10 миллиграммов на литр
- средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 часов, не более 10 миллиграммов на литр
- средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 96 часов, не более 15 миллиграммов на литр
- средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 часов не более 10 миллиграммов на литр
- средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течении 96 часов не более 20 миллиграммов на литр

**19. К высокотоксичным веществам относятся вещества, имеющие характеристики:**

- средняя смертельная доза при нанесении на кожу не более 50 миллиграммов на кг
- средняя смертельная доза при нанесении на кожу от 50 миллиграммов на 1,5 килограмма включительно
- средняя смертельная концентрация в воздухе от 1,5 миллиграмма на литр до 2 миллиграммов на литр включительно
- средняя смертельная доза при введении в желудок не более 15 миллиграммов на кг
- средняя смертельная концентрация в воздухе не более 0,5 миллиграмма на литр
- средняя смертельная доза при введении в желудок от 15 миллиграммов на килограмм до 20 миллиграммов на килограмм включительно

**20. Классифицируйте модели и методы с точки зрения их применимости к различным типам прогноза:**

1. Экспертский и оперативный
2. Краткосрочный и долгосрочный

модель множественной линейной регрессии	
модель «ящика»	
модель «клубка»	
модель «факела»	
статистические методы	
численные методы	

модель нелинейной регрессии	
модель конечно-разностная	
методы распознавания образов	

### 8.3.2 Примеры задач для зачета с оценкой (20 баллов)

#### Пример задачи №1

Для источников со следующими характеристиками:

N	Наименование	Высота, м	Диаметр, м	Скорость, м/с	Объем, м <sup>3</sup> /с	Температура, град.	Производительность, г/с	Вещество
Цех «Виброкрекинг»								
8	Печь 1 дым.труба	40	1,4	7,9	12,2	300	10	H <sub>2</sub> S
9	Печь 2 дым.труба	40	1,4	7,9	12,2	300	10	SO <sub>2</sub>
10	Печь 3 дым.труба	40	1,4	7,4	11,4	450	15	углеводороды

Загрязняющие вещества: сероводород, ПДКм.р. = 0,008 мг/м<sup>3</sup>; углеводороды, ПДКм.р. = 200 мг/м<sup>3</sup>; SO<sub>2</sub>, ПДКм.р. = 0,5 мг/м<sup>3</sup>

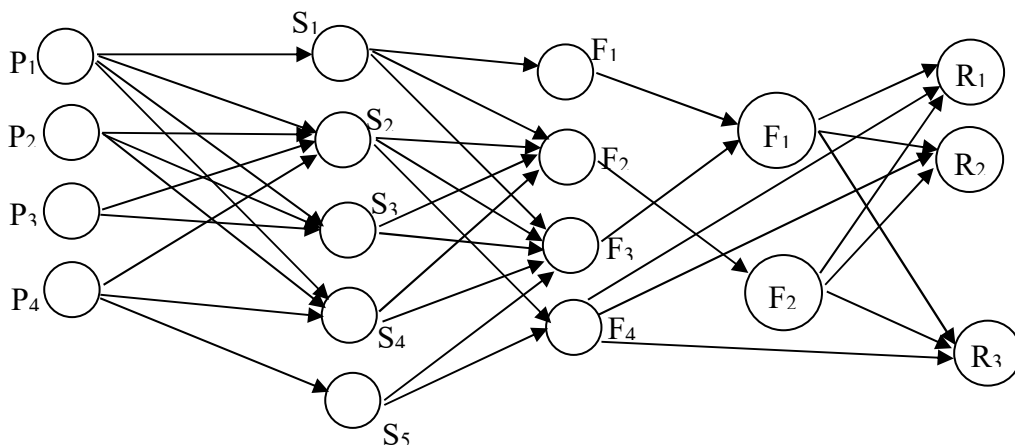
Определить:

1. Максимальные концентрации примеси ( $C_{max}$ ) при значении коэффициента  $A=140$ ;  $\eta=1$ ,  $F'=2$  при температуре окружающей среды  $T_B = -15^{\circ}C$ ,  $u=3$  м/с.
2. Расстояние, на котором образуется максимальная концентрация ( $X_{max}$ ) от каждого источника.
3. Значения концентраций вдоль оси направления ветра  $C(X)$  при следующих значениях  $X=100$ ; 300; 500; 700 и 900 м от каждого источника.
4. Построить графики данной зависимости для каждого загрязняющего вещества.
5. Провести расчет загрязнения атмосферного воздуха для случая, если рассматривать 2 одиночных источника, расположенных в одном цехе как группу источников с одинаковыми характеристиками (диаметр, высота, скорость и температура выхода газовой смеси)
6. Сравнить результаты, полученные в п.1-4 и п.5.

#### Пример задачи №2

Анализ и оценка риска возникновения аварии

Задана обобщенная логико-графическая модель развития аварии на многоассортиментном производстве четырех продуктов.



1. Определить все возможные сценарии развития аварии; общие и индивидуальные ситуации и факторы риска.
2. Записать логическую модель анализа риска.
3. Предложить все возможные варианты совмещения ассортимента.
4. Для любых двух из предложенных вариантов, содержащих по 3 и одному продукта построить логико-графические модели и определить количество индивидуальных и общих ситуаций и количество сценариев развития аварии.
5. Для заданного варианта и двух выбранных рассчитать риски возникновения аварий по всем возможным сценариям и выбрать наименее безопасный вариант совмещения при следующих исходных данных:

- вероятности возникновения индивидуальных ситуаций для любого из продуктов равны 0,9;
- $F_1$  возникновение общих ситуаций от любого из производств – равновероятно;

вероятности возникновения факторов определяются:

$$S_1 \begin{bmatrix} 0.1 & 0.9 & 0.9 & 0.9 \\ 0 & 0.9 & 0.2 & 0.9 \\ 0 & 0.1 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.8 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.9 \end{bmatrix} \quad F_1 \begin{bmatrix} 0.1 & 0 \\ 0 & 0.9 \\ 0.9 & 0 \\ - & - \end{bmatrix} \quad F_1' \begin{matrix} R_1 & R_2 & R_3 \\ \begin{bmatrix} 0.9 & 0.9 & 0.8 \\ 0.7 & 0.8 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 & 0.4 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

### 8.3.3 Вопросы к зачету с оценкой для промежуточной аттестации (при устном проведении зачета с оценкой)

1. Краткий исторический очерк создания экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности. Основные понятия, определения, терминология.

2. Химическое производство как источник экологической опасности. Анализ динамики загрязнения окружающей среды источниками выбросов и сбросов химических предприятий.

3. Современные тенденции в области отнесения предприятий к источникам негативных воздействий и внедрению наилучших доступных технологий.

4. Нормативно-методические основы обеспечения экологической безопасности химических производств. Основные нормативные документы, регламентирующие

деятельность химических производств: ФЗ «Об экологической экспертизе», ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», ФЗ «Об охране окружающей среды» и другие.

5. Классификация источников выбросов. Выбор классификационных признаков для классификации стационарных и потенциальных аварийных источников выбросов и сбросов промышленных предприятий.

6. Приоритетные загрязнители, сравнительный анализ отечественных и зарубежных перечней приоритетных загрязнителей и рекомендаций по выбору классификационных признаков.

7. Нормирование показателей качества окружающей среды.

8. Классификация отходов промышленных предприятий. Алгоритмы классификации опасности отходов для человека и окружающей среды

9. Классификация опасностей химической продукции. Современный подход.

10. Основы обеспечения экологической безопасности химических производств с использованием методов анализа риска.

11. Риск: терминология, классификация, подходы к нормированию.

12. Основные этапы анализа и оценки экологического риска на территориях, прилегающих к химическим предприятиям.

13. Методы и модели анализа и оценки экологического риска: классификации, основные расчетные соотношения.

14. Логико-графические, логические и вероятностные модели анализа и оценки риска периодических химических производств,

15. Логико-графические, логические и вероятностные модели анализа и оценки риска технологического оборудования с опасными химическими веществами, расположенного на территории предприятий

16. Логико-графические, логические и вероятностные модели анализа и оценки риска многоассортиментных химических производств.

17. Модели и методы прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий. Основные направления в моделировании загрязнения воздушного бассейна: особенности выбора параметров источника, граничных условий и параметров среды распространения примесей.

18. Подходы к рассеянию примесей легких, нейтральных и тяжелых газов. Модели переноса загрязняющих веществ в атмосферном воздухе: диффузионные, дисперсионные, комбинированные: основные допущения и расчетные соотношения.

19. Рекомендации по выбору методов прогнозирования в зависимости от оперативности прогноза.

20. Основные расчетные соотношения методики расчета концентраций в атмосферном воздухе, содержащихся в выбросах предприятий и методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе. Их сравнительный анализ, допущения, области применения, рекомендации для использования.

21. Основные этапы синтеза гибких химико-технологических систем в блочно-модульном исполнении и гибких схем очистки стоков и регенерации растворителей. Использование декомпозиционного метода к синтезу структур ХТС.

22. Основные этапы синтеза гибких химико-технологических систем в блочно-модульном исполнении и гибких схем очистки стоков и регенерации растворителей. Общие подходы и специфические особенности формирования блочно-модульных принципиальных структур ХТС. Взаимосвязи решаемых задач по материальным, энергетическим и информационным потокам.

23. Методы совмещения выпуска многоассортиментной продукции по гибкой технологии с учетом требований экологической безопасности при синтезе схем очистки стоков.

24. Выбор показателей очистки сточных вод с учетом требований гигиенических

нормативов к качеству окружающей среды (воды, почвы), предъявляемым к системам локальной очистки стоков, направляемых в промышленную канализацию, показатели острой и хронической токсичности веществ для водной среды и водоемов (в том числе рыбохозяйственного назначения).

25. Анализ стоков по составу примесей и обоснование технологической, экономической и экологической необходимости объединения стоков в многоассортиментных производствах.

26. Информационно-признаковые, информационно-логические модели технологических стадий и аппаратного оформления гибких блочно-модульных ХТС очистки стоков и регенерации растворителей.

27. Меры сходства составов стоков в пространстве физических, химических, гигиенических и экологических признаков.

28. Классификации стоков химических производств. Методы формализации задач классификации при синтезе гибких схем очистки стоков. Использование евклидова расстояния и других метрик для классификации стоков.

29. Задачи выбора методов очистки сточных вод и оборудования для реализации гибких блочно-модульных химико-технологических систем.

30. Структурный синтез гибких схем очистки сточных вод. Способы формирования структур гибких схем очистки стоков и регенерации растворителей.

31. Особенности функционирования системы согласующих емкостей при синтезе гибких схем очистки стоков и регенерации растворителей.

32. Построение временных диаграмм работы гибких ХТС совместно с гибкими схемами очистки стоков и регенерации растворителей.

33. Модели расчета согласующих емкостей при синтезе гибких схем очистки стоков.

34. Модели и алгоритмы структурно-параметрического синтеза гибких схем очистки стоков. Постановки задач структурно-параметрического синтеза гибких схем очистки стоков как задач оптимизации: критерии, ограничения, допущения моделей. Декомпозиционный метод исследования и решения задач. Координирующие соотношения.

35. Синтез гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств в химической и смежных отраслях промышленности. Основные этапы синтеза гибких химико-технологических систем и схем очистки выбросов.

36. Методы совмещения технологий выпуска многоассортиментной продукции на универсальных технологических модулях с учетом требований экологической безопасности при проектировании гибких схем очистки выбросов. Привести примеры.

37. Методы и алгоритмы расчета и выбора оборудования при создании гибких схем очистки выбросов (привести примеры). Расчеты концентраций загрязняющих веществ для выбранных систем очистки с использованием рекомендуемых методик и установление предельно допустимых выбросов.

38. Модели и алгоритмы структурно-параметрического синтеза гибких экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности. Выбор критериев (капитальные затраты, приведенные затраты, ущербы окружающей среде от выбросов постоянно-действующих источников) для анализа эффективности решения задач синтеза гибких экологически чистых химических производств.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.



### 3.4 Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

<p><b>«УТВЕРЖДАЮ»</b>                  Заведующий кафедрой КХТП                  _____ М.Б. Глебов                  «_____» _____ 20 г.</p>	<p>Министерство науки и высшего образования                  Российской Федерации</p> <p>Российский химико-технологический                  университет имени Д.И. Менделеева                  Кафедра кибернетики химико-технологических                  процессов                  18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие                  процессы в химической технологии,                  нефтехимии и биотехнологии                  Профиль «Основные процессы химических                  производств и химическая кибернетика»                  Дисциплина «Методы синтеза                  многоассортиментных экологически чистых                  химических производств»</p>
---	--

#### Билет №3

1. Основные направления в моделировании загрязнения воздушного бассейна: особенности выбора параметров источника, граничных условий и параметров среды распространения примесей. Подходы к рассеянию примесей легких, нейтральных и тяжелых газов.
2. Заданы возможные причинно-следственные взаимосвязи между отказами-ситуациями-факторами – рисками по уровням развития аварии:

1 уровень					2 уровень				
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>		F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>
P <sub>1</sub>	1	0	0	0	S <sub>1</sub>	1	1	0	0
P <sub>2</sub>	1	0	0	0	S <sub>2</sub>	0	1	1	1
P <sub>3</sub>	0	1	0	0	S <sub>3</sub>	0	0	1	1
P <sub>4</sub>	1	0	1	1	S <sub>4</sub>	1	1	1	1
P <sub>5</sub>	0	1	1	0					

3 уровень					4 уровень			
	F' <sub>1</sub>	F' <sub>2</sub>	F' <sub>3</sub>	F' <sub>4</sub>		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
F <sub>1</sub>	1	1	0	0	F' <sub>1</sub>	1	1	0
F <sub>2</sub>	0	1	1	0	F' <sub>2</sub>	1	1	1
F <sub>3</sub>	1	0	0	0	F' <sub>3</sub>	1	1	1
F <sub>4</sub>	0	0	1	1	F' <sub>4</sub>	1	0	1

- Построить обобщенную логико-графическую модель развития аварии.
- Определить все возможные сценарии развития аварии.
- Записать логическую модель анализа риска.
- Рассчитать вероятности возникновения рисков для всех сценариев развития аварии при следующих исходных данных:

1 уровень					2 уровень				
P <sub>ij</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	F <sub>ij</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>
P <sub>1</sub>	0,4	0	0	0	S <sub>1</sub>	0,1	0,9	0	0

P <sub>2</sub>	0,5	0	0	0	S <sub>2</sub>	0	0,3	0,4	0,3
P <sub>3</sub>	0	0,3	0	0	S <sub>3</sub>	0	0	0,5	0,5
P <sub>4</sub>	0,1	0	0,8	0,8	S <sub>4</sub>	0,2	0,2	0,1	0,5
P <sub>5</sub>	0	0,7	0,2	0					

3 уровень					4 уровень			
E <sub>ij</sub>	F' <sub>1</sub>	F' <sub>2</sub>	F' <sub>3</sub>	F' <sub>4</sub>		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
F <sub>1</sub>	0,9	0,1	0	0	F' <sub>1</sub>	1	1	0
F <sub>2</sub>	0	0,9	0,1	0	F' <sub>2</sub>	1	1	1
F <sub>3</sub>	0,2	0	0	0	F' <sub>3</sub>	0,9	0,1	0,2
F <sub>4</sub>	0	0	0,9	0,1	F' <sub>4</sub>	0,5	0	0,1

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А) Основная литература:

1. Савицкая Т.В. Методы оценки рисков и негативных воздействий химически опасных объектов / Т.В. Савицкая, А.Ф. Егоров. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. – 264 с.
2. Задачи и примеры анализа риска, оценки последствий аварий и негативных воздействий химически опасных объектов: учеб. пособие / Т. В. Савицкая, А. Ф. Егоров, П.Г. Михайлова, С. А. Лёвушкина. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2011. – 312 с.

#### Б) Дополнительная литература:

1. Егоров А.Ф., Савицкая Т.В. «Анализ риска, оценка последствий аварий и управление безопасностью химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических и производств». – М.: КолосС, 2010. – 526 с.: ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений).
3. Кафаров В.В., Макаров В.В. Гибкие автоматизированные производственные системы в химической промышленности, М.: Химия, 1990. - 320с.
4. Савицкая Т.В., Бельков В.П. Синтез гибких химико-технологических систем (детерминированный и стохастический варианты). Текст лекций / Под ред. профессора А.Ф. Егорова - М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева. 2005.– 120 с.
5. Егоров А.Ф. Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств. Автоматизированный лабораторный комплекс. А.Ф.Егоров, Т.В.Савицкая, В.П.Бельков, А.В. Горанский; под общей редакцией профессора А.Ф.Егорова - М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2008.- 202с.
6. Химическая и биологическая безопасность. Специализированное методическое издание: учеб. пособие / А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая, П.Г. Михайлова, С.А. Левушкина, Н.В. Крапчатова. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. – 200 с.
7. Информационно-моделирующая система мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды [Текст]/Т.В. Савицкая, А.Ф. Егоров. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2013.-138 с.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

#### Журналы

1. «Безопасность труда в промышленности». ISSN 0409-2961
2. «Безопасность в техносфере». ISSN 1998-071X

3. «Теоретические основы химической технологии» ISSN 0040-3571
4. «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
5. «Экологические системы и приборы» ISSN 2072-9952
6. «Экология и промышленность России» ISSN 1816-0395
7. «Теоретическая и прикладная экология» ISSN 1995-4301
8. «Химическая технология» ISSN 1684-5811
9. «Безопасность жизнедеятельности» ISSN 1684-6435
10. Электронный журнал «Химическая безопасность» ISSN онлайн-версии 2541-9811 (<http://chemsafety.ru/>)

## ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

Интернет - ресурсы:

- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry : Бесплатная научная химическая информация
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека
- <http://ib.safety.ru/> - Информационные бюллетени Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору
- <https://www.safety.ru/> - Сайт Закрытого акционерного общества «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности»
- <http://www.logus.ru/> - Сайт научно - производственного предприятия «ЛОГУС»
- <https://integral.ru/> - сайт группы компаний «Интеграл»
- <http://www.aieco.ru/> - сайт научно-производственного предприятия «Авиаинструмент»
- <http://www.mosecom.ru/> - сайт Мосэкомониторинга
- <https://chemview.epa.gov/chemview> - Chemical Data Access Tool
- <https://toxnet.nlm.nih.gov/index.html> - TOXNET Databases

### 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- электронные конспекты лекций;
- теоретические положения и примеры выполнения лабораторных работ;
- задания по лабораторным работам (75 вариантов);
- банк тестовых заданий, включающих 120 вопросов для самоконтроля, промежуточного контроля знаний и итогового контроля знаний (9 тестов промежуточного контроля. Итоговые тесты формируются случайным образом ежегодно).

Указанные информационно-образовательные ресурсы размещены на выделенном сервере кафедры.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Методы синтеза многоассортиментных экологически чистых химических производств*» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеется 2 учебные аудитории с 17 компьютерами (2 для работы преподавателей, 15 для работы студентов) и 1 выделенный сервер. Все компьютеры имеют доступ к сети Интернет.

Для проведения практических и лабораторных занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием, имеющая 8 персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Интернет, и одно многофункциональное устройство; компьютерный класс, оборудованный 9 компьютерами, объединенными в локальную сеть с выходом в Интернет, и одним принтером.

Кафедра обладает стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5.

Для реализации информационно-образовательных ресурсов дисциплины на выделенном сервере кафедры КХТП под управлением Microsoft Windows Server Standart 2008 развернуты веб-сервер apache 2.2.17, Hypertext Preprocessor (php) 5.3.18, система управления базами данных (СУБД) MySQL 5, система дистанционного обучения (СДО) Moodle 2.6.1. Для доступа к Moodle используется веб-браузер Google Chrome или Mozilla FireFox.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

По дисциплине «Методы синтеза многоассортиментных экологически чистых химических производств» доступны учебные материалы, размещенные на сайте

междисциплинарной автоматизированной системы обучения <http://cis.muctr.ru/alk/>. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины. Приведены примеры решения практических работ. Доступны комплексы лабораторных работ, включающие типовые примеры выполнения работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с моделирующим программным обеспечением, глоссарии основных понятий и определений в предметной области..

Доступны тестовые задания для самоконтроля знаний и тест текущего контроля по всем темам и разделам с ограничением по времени и по количеству попыток.

Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

Бакалавры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при выполнении преддипломной практики и выпускной квалификационной работы.

Электронные образовательные ресурсы по дисциплине реализованы на образовательном портале РХТУ им. Д.И. Менделеева ([study.muctr.ru](http://study.muctr.ru) ([moodle.muctr.ru](http://moodle.muctr.ru))).

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

На кафедре КХТП для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5.

При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях или при проведении лабораторных работ на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

На кафедре КХТП электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения, используемые при проведении научных исследований бакалаврами и при изучении соответствующих разделов дисциплины «Методы синтеза многоассортиментных экологически чистых химических производств».

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы; банки тестовых заданий для самоконтроля, итогового контроля знаний по дисциплине представлены на образовательном сайте междисциплинарной АСО <http://cis.muctr.ru/alk/>, разработанном на кафедре, и на образовательном портале РХТУ им.Д.И.. Менделеева ([study.muctr.ru](http://study.muctr.ru) ([moodle.muctr.ru](http://moodle.muctr.ru))).

### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество	Срок окончания действия лицензии
1.	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	25	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477	36	бессрочная
3	Microsoft Windows Server - Standard 2008	Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open License Номер лицензии 61068797	9	бессрочно
4	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	16	бессрочная
5	Toxi+Risk	Письмо о передаче: исх. от 21.09.2016 № ЕЮ-01/1860	10 одновременно работающих лицензий	бессрочно

При выполнении лабораторных работ используется разработанное программное обеспечение.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021617443  
Программное приложение для задач оценки эколого-экономического ущерба аварийных разрывов на магистральных нефтепроводах.

Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева".

Авторы: Жарков В.В., Сверчков А.М., Савицкая Т.В.

Заявка № 2021616503. Дата поступления 22 апреля 2021 г.

Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 14 мая 2021 г.

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Теоретические основы создания экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– нормативно-методические основы обеспечения экологической безопасности химических производств;</li><li>– методы и модели прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий;</li><li>- подходы, методы и модели анализа и оценки экологического риска различных классов химически опасных объектов.</li></ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– проводить анализ химического производства как источника экологической опасности;</li><li>– строить логико-графические модели анализа риска различных классов химически опасных объектов;</li><li>– решать задачи оценки риска в результате аварий на химически опасных объектах;</li><li>– решать задачи прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий и оценки ущербов окружающей среде;</li></ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- навыками использования специализированного программного обеспечения для решения задач анализа и оценки экологического риска в результате аварии с выбросом опасных химических веществ; прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий химической и смежных отраслей промышленности.</li></ul>	<p>Оценка за контрольную работу №1 (8 семестр)</p> <p>Оценки за лабораторные работы 1-4</p> <p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (8 семестр)</p>

<p><b>Раздел 2.</b> Синтез гибких блочно-модульных схем очистки стоков и регенерации растворителей многоассортиментных химических производств</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– теоретические основы технологического проектирования экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности: методы совмещения выпуска многоассортиментной продукции по гибкой технологии с учетом требований экологической безопасности, информационно-признаковые и информационно-логические модели выбора методов и оборудования для очистки стоков и выбросов;</li> <li>– существующие подходы, методы и алгоритмы синтеза гибких блочно-модульных схем очистки стоков, регенерации растворителей и гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств химической и смежных отраслей промышленности;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать информационно-признаковые и информационно-логические модели для выбора методов и оборудования для создания гибких схем очистки стоков и выбросов.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками использования блочно-модульного подхода к формированию принципиальных структур гибких схем очистки стоков, регенерации растворителей и гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств химической и смежных отраслей промышленности;</li> </ul>	<p>Оценка за лабораторную работу № 5 (8 семестр)</p> <p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (8 семестр)</p>
<p><b>Раздел 3.</b> Синтез гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств в химической и смежных отраслях промышленности</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– теоретические основы технологического проектирования экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности: методы совмещения выпуска многоассортиментной продукции по гибкой технологии с учетом требований экологической</li> </ul>	<p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (8 семестр)</p>



	<p>безопасности, информационно-признаковые и информационно-логические модели выбора методов и оборудования для очистки стоков и выбросов;</p> <p>– существующие подходы, методы и алгоритмы синтеза гибких блочно-модульных схем очистки стоков, регенерации растворителей и гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств химической и смежных отраслей промышленности;</p> <p><i>Умеет:</i></p> <p>– использовать информационно-признаковые и информационно-логические модели для выбора методов и оборудования для создания гибких схем очистки стоков и выбросов.</p> <p><i>Владеет:</i></p> <p>– навыками использования блочно-модульного подхода к формированию принципиальных структур гибких схем очистки стоков, регенерации растворителей и гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств химической и смежных отраслей промышленности;</p> <p>- навыками использования специализированного программного обеспечения для решения задач анализа и оценки экологического риска в результате аварии с выбросом опасных химических веществ; прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий химической и смежных отраслей промышленности.</p>	
--	--	--

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 , протокол № , введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 № ;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенной образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины  
«Методы синтеза многоассортиментных экологически чистых химических  
производств»  
основной образовательной программы высшего образования – программы  
бакалавриата  
по направлению подготовки  
18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии»  
Профиль «Основные процессы химических производств и химическая  
кибернетика»  
Форма обучения: очная**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«Утверждаю»**

И.о. проректора по учебной работе

С. Н. Филатов

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов»**

**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в  
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки – «Основные процессы химических производств и  
химическая кибернетика»**

**Квалификация – «бакалавр»**

**Рассмотрено и одобрено**

На заседании Методической комиссии

РХТУ им. Д.И. Менделеева

«25» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров  
(Подпись) (И.О. Фамилия)

**Москва 2022**

Программа составлена профессором кафедры кибернетики ХТП М.Б. Глебовым и доцентом кафедры кибернетики ХТП А.А. Дудоровым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики ХТП РХТУ им. Д.И. Менделеева «26» апреля 2022 г., протокол № 7.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС ВО) для направления подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, рекомендациями методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов» относится к обязательной части учебного плана и рассчитана на изучение в 6 семестре. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области процессов и аппаратов химической технологии.

**Цель дисциплины** – обучить студентов практическому использованию метода математического моделирования энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

**Задачи дисциплины:**

- Научить студентов пониманию математического моделирования как многоэтапного процесса, связанного с физическим моделированием;
- Показать студентам различные подходы к построению математических моделей;
- Привить навыки построения математических моделей химико-технологических процессов на основе блочного принципа построения моделей;
- Научить студентов решать задачи идентификации параметров математических моделей;
- Научить студентов строить на основе математических моделей алгоритмы решения конкретных задач;
- Научить студентов применять математические модели химико-технологических процессов для решения задач оптимизации, проектирования и создания новых процессов.

При изучении дисциплины студенты приобретают навыки правильно поставить задачу исследования отдельного химико-технологического процесса (ХТП); провести анализ сложных ХТП и систем, установить их иерархическую структуру; использовать принципы декомпозиции системы на отдельные блоки и составлять математические модели процессов на различных уровнях иерархии системы с последующим агрегированием блоков в общую модель процесса; оценивать адекватность модели объекту и анализировать функционирование процесса по его модели; производить оптимизацию процесса и проектирование промышленных аппаратов.

Дисциплина «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов» преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

**Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения**

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Профессиональная методология	ОПК-2 – Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	<p>ОПК-2.1 – Знает основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики.</p> <p>ОПК-2.2 – Знает математические теории и методы, лежащие в основе математических моделей.</p> <p>ОПК-2.3 – Знает технические и программные средства реализации информационных технологий, основы работы в локальных и глобальных сетях, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации.</p> <p>ОПК-2.6 – Умеет работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач.</p> <p>ОПК-2.9 – Владеет основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации.</p>





## Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	оп тр
<b>Для всего направления</b>				
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности</p>	<p>ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей</p> <p>ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов</p> <p>ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов</p>	<p>к п ко пр вы по тр зар пр с в ра об ра ко вы на  ст на ис оп ра ут М со Ро 04  тр  на и с ко ра ра  Ос вы эк</p>

				оф ис ра кв
--	--	--	--	----------------------

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

определение, структуру и блочный принцип построения математических моделей; этапы математического моделирования; взаимосвязь физического и математического моделирования; математические модели процессов абсорбции, ректификации, экстракции, сушки, теплообмена, кристаллизации, алгоритмы расчета вышеуказанных процессов.

*Уметь:*

решать задачи составления математического описания, выбирать метод решения сформулированной системы уравнений, устанавливать адекватность математической модели объекту исследования, решать задачи оптимизации и проектирования вышеперечисленных химико-технологических процессов.

*Владеть:*

аналитическим, эмпирическим и эмпирико-аналитическим методами составления математического описания; методами идентификации параметров математических моделей; алгоритмами расчета основных тепло-, массообменных процессов в проверочной и проектной постановках задачи.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>24</b>
Лекции	0,89	32	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Контактная самостоятельная работа	2,67	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		95,6	71,7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№	Раздел дисциплины	Всего	Лекции	Практ.з аниятия	Самост. работа
	<b>Введение</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	–	-
1.	<b>Раздел 1. Принципы построения математических моделей и этапы математического моделирования.</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>12</b>
1.1	Структура математического описания процессов химической технологии. Этапы математического моделирования.	7	2	-	5
1.2	Блочный принцип построения математических моделей химико-технологических процессов.	6	1	-	5
1.3	Нейросетевое моделирование.	5	1	2	2
2.	<b>Раздел 2. Параметрическая идентификация моделей химико-технологических процессов.</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>10</b>
2.1	Метод моментов.	6	1	0	5
2.2	Применение метода максимального правдоподобия	6	1	0	5
3.	<b>Раздел 3. Описание структуры потоков в аппарате на основе модельных представлений движения потока.</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>12</b>
3.1	Эмпирические методы установления структуры потоков.	8	2	2	4
3.2	Представление моделей в форме дифференциальных уравнений и передаточных функций.	8	4	0	4
3.3	Примеры применения метода моментов для оценки параметров моделей структуры потоков.	10	4	2	4
4.	<b>Раздел 4. Постановка и решение задач расчета фазовых равновесий в многокомпонентных системах.</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
4.1	Постановка задач и расчет равновесий в системе жидкость – газ, жидкость – пар.	6	1	1	4
4.2	Постановка задач и расчет равновесий в системе жидкость – жидкость.	6	1	1	4
5.	<b>Раздел 5. Расчет потоков в двухфазных многокомпонентных системах на основе модельных представлений массопереноса.</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	–	<b>4</b>
6.	<b>Раздел 6. Модели и алгоритмы расчета типовых процессов химической технологии.</b>	<b>70</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>50</b>
6.1	Модели и алгоритмы расчета процесса абсорбции.	12	1	4	7

6.2	Модели и алгоритмы расчета процесса многокомпонентной ректификации.	16	2	4	10
6.3	Модели и алгоритмы расчета процесса экстракции.	9	2	0	7
6.4	Модели и алгоритмы расчета процесса адсорбции.	8	1	0	7
6.5	Модели и алгоритмы расчета процесса сушки в псевдоожиженном слое.	8	2	0	6
6.6	Модели и алгоритмы расчета процесса массовой кристаллизации из растворов.	9	2	0	7
6.7	Модели и алгоритмы расчета совмещенных и биотехнологических процессов.	8	2	0	6
	<b>Заключение</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	–	–
	<b>Итого:</b>	<b>144</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>96</b>

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### Введение.

Математические модели. Определение. Взаимосвязь математических и физических моделей. Приближенный характер математических моделей. Допущения, принимаемые при построении математической модели. Классификация математических моделей по временному признаку: стационарные, нестационарные, квазистационарные модели; по пространственному признаку: с сосредоточенными параметрами, с распределенными параметрами, ячеечные модели.

### 1. Раздел 1. Принципы построения математических моделей и этапы математического моделирования.

1.1 Структура математического описания процессов химической технологии. Этапы математического моделирования.

Уравнения, отражающие основные законы сохранения массы, энергии, импульса, переноса, условия равновесия, ограничения. Дифференциальная и интегральная запись законов сохранения. Применение теоремы Остроградского-Гаусса для вывода дифференциальной формы законов сохранения. Математическая характеристика классов уравнений, входящих в математическое описание. Постановка начального и граничных условий. Краевые условия 1 и 2 рода, смешанная краевая задача. Задача Коши, существование и единственность ее решения. Примеры постановки краевых условий. Изучение химико-технологических процессов методом математического моделирования. Этапы математического моделирования:

- а) составление математического описания аналитическим способом, эмпирическим способом, аналитико-эмпирическим способом.
- б) Выбор метода решения. Аналитические и численные методы. Источники возникновения погрешностей. Анализ сходимости итерационных методов. Реализация выбранного метода решения в виде алгоритма. Разработка программы расчета по алгоритму.
- в) Установление адекватности модели по объекту. Статистические гипотезы и проверка гипотез по статистическим критериям. Критерии установления адекватности однооткликowych и многооткликowych моделей.
- г) Коррекция модели по результатам накопленной информации. Примеры.

1.2 Блочный принцип построения математических моделей химико-технологических процессов.

Представление математического описания в соответствии с блочным принципом. Основные блоки, составляющие описание процесса и их взаимосвязь. Отражение принципов системного анализа в блочном подходе к построению математических моделей.

### 1.3 Нейросетевое моделирование.

Определение нейросетевых моделей. Сходство и различие с биологическими нейронными сетями. Классификация нейросетевых моделей. Этапы разработки нейросетевых моделей. Алгоритмы обучения. Нейросетевые программные пакеты. Примеры применения искусственных нейронных сетей.

## **2. Раздел 2. Параметрическая идентификация моделей химико-технологических процессов.**

### 2.1 Метод моментов.

Сущность и применение метода моментов для нахождения точечных оценок параметров моделей структуры потоков.

### 2.2 Применение метода максимального правдоподобия.

Сущность и применение метода максимального правдоподобия для нахождения точечных оценок параметров моделей структуры потоков.

## **3. Раздел 3. Описание структуры потоков в аппарате на основе модельных представлений движения потока.**

3.1 Эмпирические методы установления структуры потоков. Характеристика стохастического поведения частиц с помощью внешних и внутренних функций распределения. Экспериментальные методы оценки внешних функций распределения. Индикаторные методы исследования структуры потоков. Обработка функций отклика по методу моментов. Учет стохастической природы движения потоков в параметрических моделях.

3.2 Представление моделей в форме дифференциальных уравнений и передаточных функций.

Представление моделей структуры потоков в форме передаточных функций. Связь моментов распределения частиц потока по времени пребывания с передаточной функцией.

3.3 Примеры применения метода моментов для оценки параметров моделей структуры потоков.

Оценка параметров ячеечной, диффузионной, рециркуляционной и комбинированных моделей.

## **4. Раздел 4. Постановка и решение задач расчета фазовых равновесий в многокомпонентных системах.**

4.1 Постановка задач и расчет равновесий в системе жидкость – газ, жидкость – пар.

Расчет равновесия как решение линейной задачи. Учет неидеального поведения фаз. Описание совмещенных фазовых и химических равновесий. Математическое описание и алгоритм решения задачи.

### 4.2 Постановка задач и расчет равновесий в системе жидкость – жидкость.

Анализ устойчивости фазовых равновесий. Математическое описание и алгоритм решения задачи расчета равновесий жидкость- жидкость и жидкость-жидкость-пар.

## **5. Раздел 5. Расчет потоков в двухфазных многокомпонентных системах на основе модельных представлений массопереноса.**

Многокомпонентный массоперенос в однофазной среде. Прямые и перекрестные эффекты. Модели проницания и обновления поверхности раздела для массопереноса в двухфазных средах. Выражение потоков в многокомпонентной двухфазной среде через матрицу коэффициентов массопередачи.

## **6. Раздел 6. Модели и алгоритмы расчета типовых процессов химической технологии.**

### 6.1 Модели и алгоритмы расчета процесса абсорбции.

Описание и алгоритмы расчета процесса абсорбции на основе модели вытеснения, ячеечной, диффузионной моделей.

### 6.2 Модели и алгоритмы расчета процесса многокомпонентной ректификации.

Два подхода к моделированию процесса ректификации: равновесный и неравновесный. Методы и алгоритмы расчета ректификационных колонн. Описание ректификации в насадочных колоннах.

### 6.3 Модели и алгоритмы расчета процесса экстракции.

Экстракция в системах жидкость-жидкость. Описание процесса на основе ячеечной модели с обратными потоками. Алгоритм расчета колонного экстрактора.

### 6.4 Модели и алгоритмы расчета процесса адсорбции.

Описание и алгоритмы расчета процесса на основе модели вытеснения, ячеечной, диффузионной моделей.

### 6.5 Модели и алгоритмы расчета процесса сушки в псевдооживленном слое.

Описание процесса конвективной сушки с учетом структуры газового потока в аппарате. Алгоритм расчета сушилки фонтанирующего слоя.

### 6.6 Модели и алгоритмы расчета процесса массовой кристаллизации из растворов.

Модели процесса кристаллизации на основе методов механики сплошных сред. Основные понятия механики сплошных сред. Допущения. Алгоритмы расчета периодических и непрерывных кристаллизаторов.

### 6.7 Модели и алгоритмы расчета совмещенных и биотехнологических процессов.

Хеморектификация, хемосорбция, биологическая очистка промышленных стоков. Использование принципа совмещения для интенсификации процессов.

### Заключение.

Взаимосвязь физического и математического моделирования в ходе решения задач оптимизации, проектирования и создания новых химико-технологических процессов.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	<b>Знать:</b>						
1	определение, структуру и блочный принцип построения математических моделей	+		+			+
2	этапы математического моделирования	+		+			+
3	взаимосвязь физического и математического моделирования		+	+	+	+	
4	математические модели процессов абсорбции, ректификации, экстракции, сушки, теплообмена, кристаллизации, алгоритмы расчета вышеуказанных процессов						+
	<b>Уметь:</b>						
5	решать задачи составления математического описания	+		+			+
6	выбирать метод решения сформулированной системы				+		+

	уравнений						
7	устанавливать адекватность математической модели объекту исследования	+					
8	решать задачи оптимизации и проектирования вышеперечисленных химико-технологических процессов						+
	<b>Владеть:</b>						
9	аналитическим, эмпирическим и эмпирико-аналитическим методами составления математического описания	+		+	+		+
10	методами идентификации параметров математических моделей		+	+			+
11	алгоритмами расчета основных тепло-, массообменных процессов в проверочной и проектной постановках задачи					+	+
	<b>Универсальные компетенции:</b>						
	<b>Профессиональные компетенции:</b>						
	<b>Общепрофессиональные компетенции (ОПК):</b>						
	ОПК-2 – Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	+	+	+	+	+	+
	<b>Профессиональные компетенции (ПК):</b>						
19	ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности						+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

**Примерные темы практических занятий по дисциплине.**

**Предусмотрены практические занятия обучающегося бакалавриата в объеме 20 акад. ч. (2 акад. ч Раздел 1; 2 ч. Раздел 2; 4 акад. ч Раздел 3; 4 акад. ч Раздел 4; 2 ч. Раздел 5; 6 ч. Раздел 6).**

№ п/п	№ раздела дисциплины	Примерные темы практических занятий
1	1.1	Установление адекватности математических моделей путем проверки статистических гипотез

2	2.1	Оценка параметров моделей с использованием метода моментов
3	3.1	Расчет моментов экспериментальных функций отклика на стандартные возмущения
4	3.2	Построение комбинированных моделей структуры потоков в аппаратах
5	4.1	Постановка задач и расчет многокомпонентных равновесий жидкость – пар
6	4.1	Расчет совмещенных фазовых и химических равновесий
7	4.2	Постановка задач и расчет многокомпонентных равновесий жидкость – жидкость
8	5	Расчет матрицы коэффициентов массопередачи в многокомпонентной системе
9	6.1	Построение модели и расчет требуемого числа ступеней разделения процесса абсорбции газов
10	6.2	Построение алгоритма расчета колонн многокомпонентной ректификации методом «От тарелки к тарелке»
11	6.2	Построение алгоритма расчета колонн многокомпонентной ректификации на основе метода установившегося состояния
12	6.2	Построение алгоритма расчета колонн периодической ректификации
13	6.5	Построение моделей процессов теплообмена
14	6.5	Оценка кинетических параметров процесса сушки частиц бутадиен-стирольного каучука в аппарате фонтанирующего слоя
15	6.6	Оценка параметров моделей массовой кристаллизации из растворов
16	6.7	Построение модели и алгоритма расчета аэротенка

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов» предусмотрена самостоятельная работа студента бакалавриата в объеме 96 ч в семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

– ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов,



цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;

- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче экзамена и практических занятий по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 10 баллов), и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

По дисциплине «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов» предусмотрены следующие баллы текущего контроля освоения дисциплины:

### **Примерный перечень тем домашних заданий для самостоятельного выполнения студентами**

1. Исследование структуры потоков в аппаратах колонного типа - 5 баллов.
2. Оценка целесообразности применения модели для описания структуры потока в аппарате - 5 баллов .
3. Расчет моментов экспериментальных функций отклика на стандартные возмущения через передаточную функцию - 5 баллов.
4. Оценка параметров моделей структуры потоков в аппаратах с использованием метода установившегося состояния - 5 баллов.
5. Формулировка и решение уравнений динамики изменения концентрации индикатора в выходном потоке аппарата, описываемом комбинированной моделью заданного вида - 7 баллов.
6. Определение динамики изменения концентрации индикатора на выходе из аппарата, структура потоков в котором описывается комбинированной моделью, для синусоидального (ступенчатого) входного возмущения - 7 баллов.
7. Расчет равновесия в бинарных смесях с учетом неидеальности компонентов жидкой фазы - 5 баллов.
8. Определение расхода абсорбента для улавливания заданного количества загрязняющих веществ в потоке воздуха - 7 баллов.
9. Определение расхода экстрагента, необходимого для извлечения загрязняющих веществ с заданной степенью из сточных вод - 9 баллов.

## 8.1. Примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины.

### Контрольная работа № 1

**Максимальная оценка 5 баллов**

по теме «Абсорбция»

Определить направление переноса ацетилена и движущую силу переноса (в начальный момент времени, в мольных долях) в системе атмосферный воздух – вода – ацетилен при температуре  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , если в воздухе содержится  $y=14\%$  объемных ацетилена, а в воде содержится  $x=0,29 \cdot 10^{-3}$  кг ацетилена на 1 кг воды. Атмосферное давление составляет 765 мм рт. ст. Константа Генри  $K$  равна:  $1,01 \cdot 10^6$  мм рт. ст.

### Контрольная работа № 2

**Максимальная оценка 5 баллов**

по теме «Фазовые равновесия»

На лабораторной установке изучалось парожидкостное равновесие в системе ацетон-вода при температуре кипения смеси равной  $61\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Состав жидкой фазы равнялся  $X_{\text{ац}}=0,308$  мол. доли. Необходимо вычислить состав паровой фазы и давление паровой смеси с точностью 10%. Расчеты вести с использованием уравнения Вильсона. Параметры уравнения Вильсона взять из лабораторного практикума.

### Контрольная работа № 3

**Максимальная оценка 5 баллов**

по теме «Установление адекватности модели»

На производстве 3 смены рабочих выпускали сверхплановую продукцию

Смена	1	2	3
Количество сверхплановой продукции (в условных единицах)	3	7	5

Можно ли считать расхождения между количеством сверхплановой продукции по сменам случайными?

### Контрольная работа № 4

**Максимальная оценка 5 баллов**

по теме «Исследование структуры потоков»

Вычислить размерные начальные и центральные моменты 1, 2 и 3 порядков и дисперсию по функции отулика на импульсное возмущение для аппарата, структура потоков в котором описывается ячеечной моделью ( $N=3$ ). Объем аппарата  $3\text{ м}^3$  а объемная скорость потока через аппарат –  $2\text{ м}^3/\text{час}$ .

Полный перечень оценочных средств приведён в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

## 8.2. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (6 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов» проводится в 6 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за каждый вопрос – 20 баллов.

Примерный перечень вопросов к зачету с оценкой.

1. Основные этапы математического моделирования.
2. Виды математических моделей.
3. Методы разработки и состав математического описания ХТП.
4. Индикаторные методы исследования структуры потоков.
5. Моменты кривых отклика.
6. Термодинамические условия равновесия для гетерогенных систем.
7. Виды моментов функций распределения.
8. Метод моментов при изучении структуры потоков.
9. Уравнения математического описания процессов многокомпонентной ректификации в тарельчатых колоннах.
  10. Ячеечная модель.
  11. Ячеечная модель с обратными потоками. Допущения.
  12. Связь ячеечной модели с обратными потоками с другими моделями структуры потоков.
  13. Модель идеального смешения. Допущения.
  14. Модель идеального вытеснения. Допущения.
  15. Диффузионная модель структуры потоков. Допущения.
  16. Комбинированные модели структуры потоков.
  17. Описание систем с рециклом.
  18. Системы с байпасированием.
  19. Модель с застойной зоной.
  20. Оценка параметра ячеечной модели.
  21. Оценка параметров ячеечной модели с обратными потоками.
  22. Оценка параметра диффузионной модели.
  23. Передаточная функция динамического объекта.
  24. Классификация математических моделей.
  25. Состав математического описания.
  26. Этапы математического моделирования.
  27. Методы составления математического описания.
  28. Выбор метода решения и составление алгоритма расчета.

29. Установление адекватности моделей по критериям рассогласования.
30. Установление адекватности моделей по статистическим критериям.
31. Передаточная функция моделей идеального смешения и идеального вытеснения.
32. Передаточная функция ячеечной модели с обратными потоками.
33. Передаточная функция диффузионной модели.
34. Связь передаточной функции с начальными моментами.
35. Индикаторный метод импульсного возмущения.
36. Индикаторный метод ступенчатого возмущения.
37. Метод синусоидального возмущения.
38. Метод установившегося состояния.
39. Характеристика метода нейросетевого моделирования.
40. Классификация нейронных сетей.
41. Методы обучения нейронных сетей.
42. Схема создания нейронной сети.
43. Описание процесса абсорбции.
44. Ректификация многокомпонентных смесей в тарельчатых колоннах.
45. Описание периодической ректификации.
46. Основные законы теплообмена.
47. Расчет кожухотрубных теплообменников.
48. Массовая кристаллизация из растворов.
49. Сушка сыпучих материалов.
50. Равновесия в многокомпонентных двухфазных системах.
51. Модели массопередачи в двухфазных системах.
52. Жидкостная экстракция. Математическое описание.

Примеры билетов:

<p>«Утверждаю» Зав. каф. Кибернетики ХТП _____ М.Б. Глебов «___» _____ 2022г.</p>	<p><b>Министерство науки и высшего образования РФ</b></p>
	<p><b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b></p>
	<p><b>Кафедра кибернетики ХТП</b></p>
	<p><b>18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</b> <b>Профиль – «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»</b></p>
<p><b>Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов</b></p>	
<p>Билет № 5</p>	
<p>1. Ячеечная модель с обратными потоками. Допущения. 2. Ректификация многокомпонентных смесей в тарельчатых колоннах.</p>	

<p>«Утверждаю»</p> <p>Зав. каф. Кибернетики ХТП</p> <p>_____ М.Б. Глебов</p> <p>« ____ » _____ 2022г.</p>	<p><b>Министерство науки и высшего образования РФ</b></p>
	<p><b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b></p>
	<p><b>Кафедра кибернетики ХТП</b></p>
	<p><b>18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</b></p> <p><b>Профиль – «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»</b></p>
<p><b>Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов</b></p>	
<p>Билет № 11</p> <p>1. Этапы математического моделирования.</p> <p>2. Принципы нейросетевого моделирования.</p>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

### 9.1. Рекомендуемая литература.

#### А) Основная литература:

1. Математическое моделирование основных процессов химических производств: учеб. пособие для академического бакалавриата/ Кафаров В.В., Глебов М.Б. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019.- 403 с.
2. Цифровое проектирование оптимально организованных химических производств. Теория и практика. Часть 1. Теория: учеб. Пособие / В.А. Налетов, М.Б. Глебов, А.Ю. Налетов. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2021 – 172 с.
3. Цифровое проектирование оптимально организованных химических производств. Теория и практика. Часть 2. Практика: учеб. пособие / В.А. Налетов, М.Б. Глебов, А.Ю. Налетов. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2021 – 122 с.

#### Б) Дополнительная литература:

1. Кафаров В.В. Основы массопередачи / В. В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1979. – 439 с.
2. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1984. – 370 с.
3. Кафаров В.В. Системный анализ процессов химической технологии. Т.1. Основы стратегии / В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов. – М.: Наука, 1976. – 400 с.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

– Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ, размещенные на сайте Междисциплинарной автоматизированной системы обучения (АСО) (<http://cis.muotr.ru/alk>) (доступно по локальной сети кафедры)

#### Научно-технические журналы:

– «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;

- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Стандарты и качество», ISSN – 0038-9692;
- «Контроль качества продукции», ISSN – 2541-9900;
- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN – 2073-2597;
- «Химическое и нефтегазовое машиностроение», ISSN – 023-1126;
- Журнал «ТРИЗ» и другие.

### ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. Каталог оборудования группы компаний ТЭФОС, ООО ТД «Нефтехиммаш КО» (Нижний Новгород). [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.tefos.ru](http://www.tefos.ru) (дата обращения: 16.05.2022).
2. Лабораторное оборудование компании «БИОХИМПРО». [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.biohimpro.ru](http://www.biohimpro.ru) (дата обращения: 16.05.2022).
3. Официальный дистрибьютор высокотехнологичного оборудования химических процессов от ведущих производителей Китая компания АККО. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.akiko.ru](http://www.akiko.ru) (дата обращения: 16.05.2022) и другие.

Сайты на актуальные компании производителей и дистрибьюторов лабораторного и промышленного оборудования ежегодно обновляются по материалам международной выставки «Химия» и другие.

### 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- 2 компьютерных класса на 16 и 10 посадочных мест с предустановленным базовым программным обеспечением, в том числе с возможностью подключения к сети Интернет.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

1. Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102162745&intelsearch=273-%D4%C7> (дата обращения: 05.05.2022).

2. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования // Координационный совет учебно-методических объединений и научно-методических советов высшей школы. Портал Федеральных образовательных стандартов высшего образования. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4> (дата обращения: 05.05.2022).

3. Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ». [Электронный ресурс]: – Режим доступа:

<http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+%EF%F0%E8%EА%Е0%Е7> (дата обращения: 05.05.2022).

При освоении дисциплины студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

1. Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru> (дата обращения: 05.05.2022).

2. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Система федеральных образовательных порталов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ict.edu.ru/> (дата обращения: 05.05.2022).

3. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 05.05.2022).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,**

### **ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 11 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### **ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов» проводятся в форме лекций, практических занятий и

самостоятельной работы обучающихся.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

На кафедре Кибернетики химико-технологических процессов для проведения занятий по дисциплине имеется 2 учебные аудитории с 16 и 10 компьютерами. Все компьютеры имеют доступ к сети Интернет.

Для проведения практических занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием.

Кафедра обладает программным обеспечением, приведенным в разделе 13.4.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

По дисциплине «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов» доступны учебные материалы, размещенные на сайте кафедры <http://kxtp.muctr.ru>. Реализованы лекции по учебным модулям в соответствии с программой дисциплины. Приведены примеры решения практических работ.

Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

Бакалавры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при выполнении научно-исследовательской работы и написания выпускной квалификационной работы.

### **11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

На кафедре Кибернетики ХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

### **11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013	20	Бессрочно
2	Microsoft Windows Server - Standard 2008	Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open	9	Бессрочно



		License Номер лицензии 61068797		
--	--	---------------------------------------	--	--

Осуществляется периодическое обновление программных средств.

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Принципы построения математических моделей и этапы математического моделирования	<p><i>Знает:</i> структуру математического описания процессов химической технологии, этапы математического моделирования, выбор метода решения, установление адекватности модели по объекту, основные понятия нейросетевого моделирования;</p> <p><i>Умеет:</i> строить математическое описание исходя из блочного принципа построения моделей, выбирать метод решения и строить алгоритмы расчета;</p> <p><i>Владеет:</i> эмпирическим, аналитическим и эмпирико-аналитическими подходами к построению математического описания, статистическими методами установления адекватности моделей, способами построения алгоритмов расчета.</p>	Контрольная работа. Домашние задания. Зачет с оценкой.
Раздел 2. Параметрическая идентификация моделей химико-технологических процессов	<p><i>Знает:</i> методы идентификации параметров математических моделей: метод моментов и метод максимального правдоподобия;</p> <p><i>Умеет:</i> формулировать задачу поиска неизвестных параметров модели и выбирать метод идентификации параметров;</p> <p><i>Владеет:</i> методикой реализации методов поиска неизвестных параметров.</p>	Контрольная работа. Домашние задания. Зачет с оценкой.
Раздел 3. Описание структуры потоков в аппарате на основе модельных представлений движения	<p><i>Знает:</i> эмпирические методы установления структуры потоков, представление моделей в форме дифференциальных уравнений и передаточных</p>	Контрольная работа. Домашние задания. Зачет с оценкой.

<p>потока</p>	<p>функций, связь моментов распределения частиц потока по времени пребывания с передаточной функцией;  <i>Умеет:</i> оценивать моменты распределения частиц потока по времени пребывания через эмпирические функции отклика на стандартные возмущения;  <i>Владеет:</i> моделями структуры потоков в аппаратах.</p>	
<p>Раздел 4.  Постановка и решение задач расчета фазовых равновесий в многокомпонентных системах</p>	<p><i>Знает:</i> постановку задач и расчет равновесий в системе жидкость – газ, жидкость – пар, постановку задач и расчет равновесий в системе жидкость – жидкость  <i>Умеет:</i> строить алгоритмы расчета двухфазных равновесий жидкость-пар (газ) и жидкость-жидкость в различных постановках;  <i>Владеет:</i> методикой расчета двухфазных равновесий в реальных системах.</p>	<p>Контрольная работа.  Домашние задания.  Зачет с оценкой.</p>
<p>Раздел 5.  Расчет потоков в двухфазных многокомпонентных системах на основе модельных представлений массопереноса</p>	<p><i>Знает:</i> многокомпонентный массоперенос в однофазной среде, модели массопереноса в двухфазных средах;  <i>Умеет:</i> рассчитывать потоки в двухфазных многокомпонентных системах;  <i>Владеет:</i> методикой расчета массопереноса в двухфазных многокомпонентных системах.</p>	<p>Контрольная работа.  Домашние задания.  Зачет с оценкой.</p>
<p>Раздел 6.  Модели и алгоритмы расчета типовых процессов химической технологии</p>	<p><i>Знает:</i> модели и алгоритмы расчета процесса абсорбции, модели и алгоритмы расчета процесса многокомпонентной ректификации, модели и алгоритмы расчета процесса экстракции, модели и алгоритмы расчета процесса адсорбции, модели и алгоритмы расчета процесса сушки, модели и алгоритмы расчета процесса массовой кристаллизации из растворов;  <i>Умеет:</i> реализовывать алгоритмы расчета в форме</p>	<p>Контрольная работа.  Домашние задания.  Зачет с оценкой.</p>

	<p>моделирующих компьютерных программ;</p> <p><i>Владеет:</i> методикой расчета указанных процессов в проверочной и проектной постановках задачи.</p>	
--	---	--

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_, протокол № \_\_, введенным в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_ № \_\_;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**  
**«Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов»**  
**основной образовательной программы**  
**направления подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в**  
**химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**  
**Профиль подготовки – «Основные процессы химических производств и**  
**химическая кибернетика»**  
**Форма обучения: очная**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №____ от «_____»__20__г.
		протокол заседания Ученого совета №____ от «_____»__20__г.
		протокол заседания Ученого совета №____ от «_____»__20__г.
		протокол заседания Ученого совета №____ от «_____»__20__г.
		протокол заседания Ученого совета №____ от «_____»__20__г.

**И.Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

«25» мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Программирование и численные методы  
в задачах химической технологии»**

**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в  
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»**

**Квалификация «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022**

Программа составлена д.т.н., профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов (КХТП) А.Ф. Егоровым и к.т.н., ассистентом кафедры КХТП А.М. Сверчковым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КХТП РХТУ им. Д.И. Менделеева «26» апреля 2022 г., протокол № 7.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии Ученого совета и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Программирование и численные методы в задачах химической технологии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору студента. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области таких дисциплин как «Основы информационных технологий», «Профильное программное обеспечение для решения задач профессиональной деятельности», «Вычислительная математика» и аналогичных дисциплинах других направлений подготовки бакалавров.

**Цель дисциплины** – научить студентов использовать численные методы для обработки экспериментальных данных, решения линейных и нелинейных алгебраических, дифференциальных уравнений и их систем, вычисления определённых интегралов, оптимизации функций одной и нескольких переменных при решении задач химической технологии с помощью программно-алгоритмического обеспечения, написанного на языках и в средах разработки приложений высокого уровня.

**Задачи** изучения дисциплины «Программирование и численные методы в задачах химической технологии» заключаются:

- в получении знаний и развитии практических навыков по применению методов вычислительной математики и программирования для решения задач химической технологии;
- в развитии ранее полученных навыков структурного программирования.

Дисциплина «Программирование и численные методы в задачах химической технологии» преподаётся в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведётся по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки
			ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция



Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
			ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных	ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
технологической документации	исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	компьютерных технологий		<p>исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы.</p> <p>А/01.5. Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований (уровень квалификации – 5).</p> <p>А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>

В результате изучения дисциплины обучающийся по программе бакалавриата должен:

**Знать:**

- технические и программные средства разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения задач химической технологии;
- основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием языков и сред программирования высокого уровня;

**Уметь:**

- использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач;
- формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи химической технологии, требующие применения численных методов.

**Владеть:**

- приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач;
- методами разработки математических моделей и методами содержательной интерпретации полученных результатов.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Контактная самостоятельная работа	1,78	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		63,6	47,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>зачёт с оценкой</b>		

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. Зан.	Лаб. работы	Сам. работа
	<b>Введение</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	–	–	–
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Общие принципы разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения задач химии и химической технологии</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
1.1	Основные этапы разработки	1	1	–	–	–

1.2	Разработка специализированных библиотек процедур и функций	11	1	2	2	6
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Программно-алгоритмическая реализация численных методов интерполирования экспериментальных данных</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
2.1	Алгоритмизация методов интерполирования экспериментальных данных	2	2	–	–	–
2.2	Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций	8	–	2	2	4
2.3	Программирование основных процедур и функций	10	–	2	2	6
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Программно-алгоритмическая реализация численных методов аппроксимации экспериментальных данных</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
3.1	Алгоритмизация методов аппроксимации экспериментальных данных	1	1	–	–	–
3.2	Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций	9	1	2	2	4
3.3	Программирование основных процедур и функций	14	–	4	4	6
<b>4</b>	<b>Раздел 4. Программно-алгоритмическая реализация численных методов решения нелинейных алгебраических уравнений в задачах химии и химической технологии</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
4.1	Алгоритмизация методов решения нелинейных алгебраических уравнений в задачах химической технологии	2	2	–	–	–
4.2	Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций	7	–	2	2	3
4.3	Программирование основных процедур и функций для решения уравнений численными методами	7	–	2	2	3
<b>5</b>	<b>Раздел 5. Программно-алгоритмическая реализация численных методов решения систем алгебраических уравнений в задачах химии и химической технологии</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
5.1	Алгоритмизация методов решения систем линейных и нелинейных уравнений в задачах химической технологии	2	2	–	–	–

5.2	Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций	8	–	2	2	4
5.3	Программирование основных процедур и функций для решения систем уравнений численными методами	10	–	2	2	6
<b>6</b>	<b>Раздел 6. Программно-алгоритмическая реализация численных методов интегрального и дифференциального исчисления в задачах химии и химической технологии</b>	<b>26</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>12</b>
6.1	Алгоритмизация методов интегрального и дифференциального исчисления в задачах химической технологии	1	1	–	–	–
6.2	Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций	8	–	2	2	4
6.3	Особенности программных реализаций задачи Коши и краевой задачи	1	1	–	–	–
6.4	Программирование основных процедур и функций для решения систем дифференциальных уравнений	8	–	2	2	4
6.5	Программирование методов вычисления определённых интегралов	8	–	2	2	4
<b>7</b>	<b>Раздел 7. Программно-алгоритмическая реализация численных методов оптимизации функций одной и нескольких переменных</b>	<b>25</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
7.1	Алгоритмизация решения задач оптимизации функций одной и нескольких переменных в химической технологии	3	3	–	–	–
7.2	Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций	8	–	2	2	4
7.3	Программирование методов оптимизации функций одной и нескольких переменных	14	–	4	4	6
	<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>64</b>

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

##### Введение.

Цели и задачи дисциплины. Методы и средства программирования, используемые для решения задач химической технологии.

**Раздел 1. Общие принципы разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения задач химии и химической технологии.**

**1.1. Основные этапы разработки.** Жизненный цикл программного обеспечения, модели жизненного цикла. Этапы разработки программного обеспечения.

**1.2. Разработка специализированных библиотек процедур и функций.** Процедуры и функции, определяемые пользователем, их хранение и использование в специализированных библиотеках. Оформление программного кода процедур и функций в специализированных библиотеках.

**Раздел 2. Программно-алгоритмическая реализация численных методов интерполирования экспериментальных данных.**

**2.1. Алгоритмизация методов интерполирования экспериментальных данных.** Постановка задачи интерполирования. Определение типов исходных данных и результатов расчёта при интерполировании.

**2.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций.** Определение требуемых визуальных элементов управления, перечня необходимых процедур и функций. Проектирование интерфейса пользователя. Особенности алгоритмизации основных вычислительных процедур для интерполирования экспериментальных данных.

**2.3. Программирование основных процедур и функций.** Программирование процедур ручного и автоматизированного ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода основных вычислительных процедур. Программирование процедур представления результатов интерполирования экспериментальных данных на экране и сохранения в файл.

**Раздел 3. Программно-алгоритмическая реализация численных методов аппроксимации экспериментальных данных.**

**3.1. Алгоритмизация методов аппроксимации экспериментальных данных.** Постановка задачи аппроксимации. Определение типов исходных данных и результатов расчёта при интерполировании.

**3.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций.** Визуальные компоненты для ввода и вывода данных. Структура и свойства интерфейса пользователя. Особенности алгоритмизации основных вычислительных процедур для аппроксимации экспериментальных данных.

**3.3. Программирование основных процедур и функций.** Программирование процедур ручного и автоматизированного ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода основных вычислительных процедур. Использование специализированных библиотек процедур и функций для решения задачи аппроксимации в матричной форме. Программирование процедур представления результатов аппроксимации экспериментальных данных на экране и сохранения в файл.

**Раздел 4. Программно-алгоритмическая реализация численных методов решения нелинейных алгебраических уравнений в задачах химии и химической технологии.**

**4.1. Алгоритмизация методов решения нелинейных алгебраических уравнений в задачах химической технологии.** Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений. Примеры использования при решении задач химической технологии.

**4.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций.** Определение состава визуальных элементов управления, формирование перечня необходимых процедур и функций. Вопросы организации пользовательского интерфейса. Особенности алгоритмизации основных вычислительных процедур для решения нелинейных алгебраических уравнений.

**4.3. Программирование основных процедур и функций для решения уравнений численными методами.** Программирование процедур ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода численных методов решения нелинейных алгебраических

уравнений. Программирование процедур представления результатов. Исследование влияния настроек численных методов на скорость решения.

## **Раздел 5. Программно-алгоритмическая реализация численных методов решения систем алгебраических уравнений в задачах химии и химической технологии.**

**5.1. Алгоритмизация методов решения систем линейных и нелинейных уравнений в задачах химической технологии.** Численные методы решения систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений. Примеры использования при решении задач химической технологии.

**5.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций.** Визуализация элементов графического интерфейса для ввода и вывода данных, определение состава процедур и функций для обработки данных. Особенности алгоритмизации численных методов решения систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений.

**5.3. Программирование основных процедур и функций для решения систем уравнений численными методами.** Программирование процедур ручного и автоматизированного ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода вычислительных процедур для различных численных методов. Использование специализированных библиотек процедур и функций для решения систем уравнений в матричной форме. Программирование процедур представления результатов.

## **Раздел 6. Программно-алгоритмическая реализация численных методов интегрального и дифференциального исчисления в задачах химии и химической технологии.**

**6.1. Алгоритмизация методов интегрального и дифференциального исчисления в задачах химической технологии.** Численные методы решения дифференциальных уравнений и их систем. Примеры использования в задачах химической технологии.

**6.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций.** Выбор стандартных компонентов графического интерфейса, объявление входных и выходных переменных процедур и функций. Разработка интерфейса пользователя. Особенности алгоритмизации численных методов решения дифференциальных уравнений и их систем.

**6.3. Особенности программных реализаций задачи Коши и краевой задачи.** Программная реализация задачи Коши. Отличительные особенности алгоритмизации и программной реализации краевой задачи.

**6.4. Программирование основных процедур и функций для решения систем дифференциальных уравнений.** Программирование процедур ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода численных методов решения дифференциальных уравнений и их систем. Программирование процедур представления результатов на экране монитора в табличной и графической формах и сохранения результатов в файл. Исследование влияния настроек численных методов на скорость и точность решения.

**6.5. Программирование методов вычисления определённых интегралов.** Вычисление определённых интегралов в задачах химической технологии. Особенности программно-алгоритмической реализации численных методов вычисления определённых интегралов. Программирование основных процедур и функций ввода исходных данных, вычисления и представления результатов. Исследование влияния настроек численных методов на скорость и точность решения.

## **Раздел 7. Программно-алгоритмическая реализация численных методов оптимизации функций одной и нескольких переменных.**

**7.1. Алгоритмизация решения задач оптимизации функций одной и нескольких переменных в химической технологии.** Численные методы оптимизации решения задач одномерной и многомерной оптимизации. Определение типов исходных данных и результатов расчёта при оптимизации. Задание настроек для различных методов.

**7.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций.** Определение стандартных графических элементов управления программным приложением, формирование перечня необходимых для алгоритмизации процедур и функций. Особенности алгоритмизации численных методов оптимизации функций одной и нескольких переменных.

**7.3. Программирование методов оптимизации функций одной и нескольких переменных.** Программирование процедур ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода численных методов одномерной и многомерной оптимизации. Программирование процедур представления результатов. Исследование влияния настроек численных методов на скорость решения.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7
<b>Знать:</b>								
1	технические и программные средства разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения задач химической технологии;	+						
2	основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием языков и сред программирования высокого уровня;		+	+	+	+	+	+
<b>Уметь:</b>								
3	использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач;	+	+	+	+	+	+	+
4	формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи химической технологии, требующие применения численных методов;		+	+	+	+	+	+
<b>Владеть:</b>								
5	приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач;		+	+	+	+	+	+
6	методами разработки математических моделей и методами содержательной интерпретации полученных результатов.		+	+	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <b>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>								
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>						
7	ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе		+	+	+	+	+



№	Требования к освоению дисциплины и компетенции		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7
		экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей							
		ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов		+	+	+	+	+	+
		ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	+	+	+	+	+	+	+
8	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий	ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов		+	+	+	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Особенности разработки специализированной библиотеки процедур и функций для выполнения матричных операций	3
2	2	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для интерполирования экспериментальных данных	2
3	3	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для аппроксимации экспериментальных данных	3
4	3	Особенности реализации программно-алгоритмического обеспечения для аппроксимации экспериментальных данных с использованием специализированной библиотеки процедур и функций для выполнения матричных операций	2
5	4	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения нелинейного алгебраического уравнения заданным численным методом	3
6	5	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения системы линейных или нелинейных алгебраических уравнений заданным численным методом	3
7	6	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения системы дифференциальных уравнений заданным численным методом и графического представления результатов	4
8	6	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для вычисления определённого интеграла заданным численным методом	4
9	7	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для оптимизации функции одной или нескольких переменных заданным численным методом детерминированного поиска	4
10	7	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для оптимизации функции нескольких переменных заданным численным методом градиентного или случайного поиска	4

### 6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Программирование и численные методы в задачах химической технологии», а также дает знания о разработке приложений по решению прикладных задач с использованием интегрированной среды разработки Delphi.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 60 баллов (максимально от 2 до 10 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

## Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	№ п/п
1	1	Разработка специализированной библиотеки процедур и функций для выполнения матричных операций	3
2	2	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для интерполирования экспериментальных данных	2
3	3	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для аппроксимации экспериментальных данных	3
4	3	Реализация программно-алгоритмического обеспечения для аппроксимации экспериментальных данных с использованием специализированной библиотеки процедур и функций для выполнения матричных операций	2
5	4	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для решения нелинейного алгебраического уравнения заданным численным методом	3
6	5	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для решения системы линейных или нелинейных алгебраических уравнений заданным численным методом	3
7	6	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для решения системы дифференциальных уравнений заданным численным методом и графического представления результатов	4
8	6	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для вычисления определённого интеграла заданным численным методом	4
9	7	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для оптимизации функции одной или нескольких переменных заданным численным методом детерминированного поиска	4
10	7	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для оптимизации функции нескольких переменных заданным численным методом градиентного или случайного поиска	4

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- подготовку к выполнению лабораторного практикума и его сдачу;
- подготовку к сдаче зачета по изучаемой дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется

составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

По дисциплине «Программирование и численные методы в задачах химической технологии» предусмотрены следующие баллы текущего контроля освоения дисциплины:

- Лабораторная работа №1-6 (раздел 1–5) – по 2-4 балла;
- Лабораторная работа №7-8 (раздел 6) – по 10 баллов;
- Лабораторная работа №9-10 (раздел 7) – по 10 баллов;

и итогового контроля освоения дисциплины в форме зачета с оценкой:

- Итоговый зачет по изученному материалу – 40 баллов.

### **8.1. Примеры лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины**

#### **Тема 1. Разработка специализированной библиотеки процедур и функций для выполнения матричных операций**

**Задача.** Разработка специализированной библиотеки процедур и функций для выполнения матричных операций.

**Задание.** В виде функций, определяемых пользователем, в отдельном специализированном модуле реализовать три матричных операции:

- Обращение матрицы;
- Умножение матриц;
- Транспонирование матрицы.

#### **Тема 2. Разработка программно-алгоритмического обеспечения для интерполирования экспериментальных данных**

**Задача.** Разработка программно-алгоритмического обеспечения для интерполирования экспериментальных данных.

**Задание.** Реализовать возможность проведения линейной интерполяции данных в виде универсального программного приложения, имеющего следующие универсальные возможности:

- Задание неограниченного количества пар данных;
- Загрузка и сохранение исходных данных;
- Графическое представление исходных данных и результатов интерполирования.

#### **Темы 3-4. Разработка программно-алгоритмического обеспечения для аппроксимации экспериментальных данных**

**Задача.** Разработка программно-алгоритмического обеспечения для аппроксимации экспериментальных данных.

**Задание.** Реализовать возможность проведения аппроксимации данных методом наименьших квадратов в виде универсального программного приложения, имеющего следующие универсальные возможности:

- Задание неограниченного количества пар данных;
- Загрузка и сохранение исходных данных;
- Графическое представление исходных данных и результатов аппроксимации.

**Тема 5. Разработка программно-алгоритмического обеспечения для решения нелинейного алгебраического уравнения заданным численным методом**

**Задача.** Разработка программного приложения для решения нелинейного алгебраического уравнения.

В следующей таблице представлены варианты функциональных зависимостей:

№ вар.	Функция
1	$y = a_0 + a_1x + \frac{a_2}{x} + a_3 \sin(a_4x) + a_5 \ln(a_6x)$
2	$y = a_0 + a_1x + a_2x^r + \frac{a_3}{x} + \frac{a_4}{x^2} + a_5 \sin(a_6x)$
3	$y = a_0 + a_1 \sin(a_2x) + a_3 \sin(a_4x^r) + a_5 \exp(a_6x) + a_7 \exp\left(\frac{a_8}{x}\right)$
4	$y = a_0 + a_1x + a_2x^z + a_3 \ln(a_4x) + a_5 \ln(a_6x^z)$
5	$y = a_0 + a_1x + a_2 \sin(a_3 x ) + a_4 \sin(a_5x) + a_6 \sin^z(a_7x)$
6	$y = a_0 + a_1x + a_2x^z + a_3x^3 + a_4x^4$
7	$y = a_0 + a_1 \sin(a_2x) + a_3 \sin(a_4x^z) + a_5 \sin(a_6x^3) + a_7 \sin(a_8x^4)$
8	$y = a_0 + a_1 \exp(a_2x) + a_3 \exp(a_4x) + a_5 \exp(a_6x) + a_7 \exp(a_8x)$
9	$y = a_0 + a_1 \exp(a_2x) + a_3 \exp(a_4x) + a_5 \exp(a_6x^z) + a_7 \exp(a_8x^z)$
10	$y = a_0 + a_1 \sin(a_2x) + a_3 \sin(a_4 x ) + a_5  \sin(a_6x)  + a_7 \sin(a_8x^z)$
11	$y = a_0 + a_1x \cdot \sin(a_2x) + a_3 x  \cdot \sin(a_4x) + a_5x + a_6x^z$
12	$y = a_0 + a_1x + a_2x^z + a_3x^3 + a_4x \cdot \sin(a_5x)$
13	$y = a_0 + a_1x + a_2x^z + a_3 \exp(a_4x) \sin(a_5x) + a_6 \exp(a_7x)$
14	$y = a_0 + a_1x + a_2x^z + a_3^x \sin(a_4x) + a_5^x \sin(a_6x^z)$
15	$y = a_0 + a_1 x  \cdot \sin(a_2x) + a_3x \cdot  \sin(a_4x)  + a_5x \cdot \ln(a_6x) + a_7 \sin(a_8x)$

**Задание.** Разработать интерфейс программного приложения, предназначенного для графической визуализации функции, соответствующей выданному варианту. По графику функции провести исследование: на выбранной области допустимых значений указать количество и определить интервалы локализации нулей функции, максимумов и минимумов. Заданным методом решения нелинейных алгебраических уравнений на выбранном интервале локализации уточнить нуль функции (используя исходную функцию) или экстремум

(используя производную исходной функции). Вычисление значений и производных реализовать с использованием процедур или функций, определяемых пользователем. При построении графиков и вычислении значений и производных функций осуществлять проверку аргумента на принадлежность области допустимых значений.

Варианты задания для выполнения лабораторной работы представлены в следующей таблице:

№ вар.	Вариант функции	Вариант метода	№ вар.	Вариант функции	Вариант метода
1	1	1	16	1	4
2	2	2	17	2	1
3	3	3	18	3	2
4	4	4	19	4	3
5	5	1	20	5	4
6	6	2	21	6	1
7	7	3	22	7	2
8	8	4	23	8	3
9	9	1	24	9	4
10	10	2	25	10	1
11	11	3	26	11	2
12	12	4	27	12	3
13	13	1	28	13	4
14	14	2	29	14	1
15	15	3	30	15	2

Варианты методов решения нелинейных алгебраических уравнений:

- 1) половинного деления;
- 2) пропорциональных частей;
- 3) простых итераций;
- 4) касательных (Ньютона).

### Тема 6. Разработка программно-алгоритмического обеспечения для решения системы линейных или нелинейных алгебраических уравнений заданным численным методом

**Задача.** Разработка программного приложения для решения системы линейных или нелинейных алгебраических уравнений.

**Задание.** Разработать интерфейс программного приложения, предназначенного для решения системы линейных или нелинейных алгебраических уравнений численным методом, в соответствии с выданным вариантом.

В следующей таблице представлены варианты систем уравнений:

№. вар.	Система уравнений	№. вар.	Система уравнений
1	$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 - x_3 - x_4 = -6 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 - x_4 = -4 \end{cases}$	6	$\begin{cases} \sin(x_1 + 1) - x_2 = 1.2 \\ 2x_1 + \cos x_2 = 2 \end{cases}$

2	$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 4 \\ 5x_1 - 3x_2 + 2x_3 + x_4 = -8 \end{cases}$
3	$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + x_3 + 2x_4 = 1 \\ 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 + x_4 = -5 \end{cases}$
4	$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 - 5x_4 = 12 \\ 4x_1 + 3x_2 - 5x_3 = 5 \end{cases}$
5	$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 - x_3 - x_4 = 0 \\ x_1 + 5x_3 - x_4 = 2 \end{cases}$

7	$\begin{cases} \cos(x_2 + 0.5) + x_1 = 0.8 \\ \sin x_1 - 2x_2 = 1.6 \end{cases}$
8	$\begin{cases} \cos(x-1) + 3x = 0.5 \\ 3x_1 - \cos x_2 = 3 \end{cases}$
9	$\begin{cases} \cos(x_1 + 1.8) + 2x_2 = 0.5 \\ \ln x_1 + \cos x_2 = 0.3 \end{cases}$
10	$\begin{cases} \cos x_1 + \log_3 x_2 = 1.5 \\ x_1 x_2 + \cos x_2 = 3 \end{cases}$

Варианты методов решения системы линейных алгебраических уравнений:

- 1) Жордана-Гаусса;
- 2) обратной матрицы;
- 3) Гаусса;
- 4) Крамера;
- 5) простых итераций;
- 6) метод Ньютона.

Варианты задания для выполнения лабораторной работы представлены в следующей таблице:

№ вар.	Вариант системы	Вариант метода
1	1	1
2	2	1
3	3	1
4	4	1
5	5	1
6	1	2
7	2	2
8	3	2
9	4	2
10	5	2
11	1	3
12	2	3
13	3	3
14	4	3
15	5	3

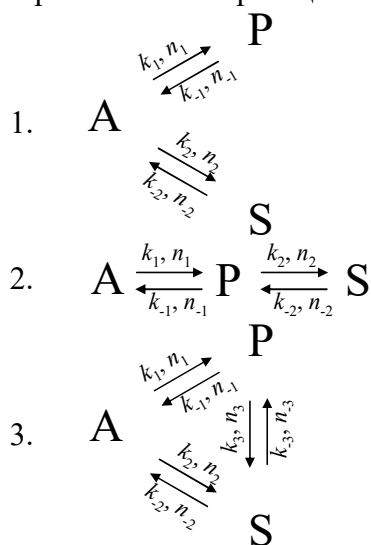
№ вар.	Вариант системы	Вариант метода
16	1	4
17	2	4
18	3	4
19	4	4
20	5	4
21	6	5
22	7	5
23	8	5
24	9	5
25	10	5
26	6	6
27	7	6
28	8	6
29	9	6
30	10	6

## Тема 7: Разработка программно-алгоритмического обеспечения для решения системы дифференциальных уравнений заданным численным методом и графического представления результатов

**Задача.** Разработка программного приложения для моделирования изменения концентрации компонентов реакции.

**Задание.** Разработать интерфейс программного приложения, предназначенного для представления результатов моделирования изменения концентрации компонентов реакции, протекающей по заданной схеме, в табличном и графическом видах. Составить систему дифференциальных уравнений кинетики химических превращений. Составить систему уравнений для численного решения задачи заданным методом. Провести исследование зависимости точности используемого метода решения от шага интегрирования.

Варианты схемы реакций представлены ниже.



Варианты задания для выполнения лабораторной работы представлены в следующей таблице:

№№ вар.	Вариант метода	Вариант схемы	Вариант задачи
1	1	1	Коши
2	1	1	Краевая
3	1	2	Коши
4	1	2	Краевая
5	1	3	Коши
6	1	3	Краевая
7	2	1	Коши
8	2	1	Краевая
9	2	2	Коши
10	2	2	Краевая
11	2	3	Коши
12	2	3	Краевая

№№ вар.	Вариант метода	Вариант схемы	Вариант задачи
13	3	1	Коши
14	3	1	Краевая
15	3	2	Коши
16	3	2	Краевая
17	3	3	Коши
18	3	3	Краевая
19	4	1	Коши
20	4	1	Краевая
21	4	2	Коши
22	4	2	Краевая
23	4	3	Коши
24	4	3	Краевая

Варианты методов решения задачи:

- 1) Эйлера;
- 2) модифицированный Эйлера;
- 3) Эйлера-Коши;
- 4) Рунге-Кутты 4-го порядка.



## Тема 8: Разработка программно-алгоритмического обеспечения для вычисления определённого интеграла заданным численным методом

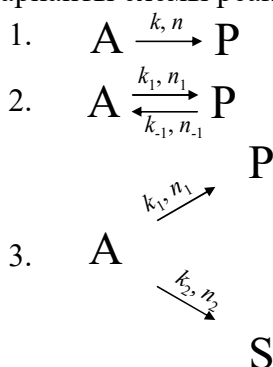
**Задача 1.** Разработка программного приложения для вычисления количества теплоты, необходимого для нагрева вещества в заданном интервале температур.

**Задача 2.** Разработка программного приложения для расчёта времени пребывания реакционной массы в изотермическом реакторе идеального смешения периодического действия, необходимого для достижения заданной степени превращения.

**Задача 3.** Разработка программного приложения для расчёта центра тяжести функциональной зависимости на интервале.

**Задание.** Разработать интерфейс программного приложения, предназначенного для решения заданного варианта задачи. Предусмотреть возможности визуализации подынтегральной функции и настройки численного метода. Провести исследование влияния настроек численного метода на точность расчёта определённого интеграла.

Варианты схемы реакций для задачи 2 представлены ниже.



Варианты функциональной зависимости для задачи 3:

- 1)  $f(x) = a_0 + a_1 \exp(a_2 x) + a_3 \exp(a_4 x)$ ;
- 2)  $f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 \sin(a_4 x)$ ;
- 3)  $f(x) = a_0 + a_1 \sin(a_2 x) \cdot x + a_3 \sin(a_4 x) \cdot x^2$ ;
- 4)  $f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x^4$ ;  
 $f(x) = a_0 + \frac{a_1 \sin(a_2 x) \cdot x}{\exp(a_3 x)} + a_4 x$ ;
- 5)  $f(x) = a_0 + \frac{a_1 \sin(a_2 x) \cdot x}{\exp(a_3 x)} + a_4 x$ .

Варианты методов решения задач:

- 1) средних прямоугольников;
- 2) трапеций;
- 3) парабол.

Варианты задания для выполнения лабораторной работы представлены в следующей таблице:

№ вар.	Вариант задачи	Вариант метода	Вариант схемы	Вариант функции
1	1	1	–	–
2	1	2	–	–
3	2	1	1	–
4	2	1	2	–
5	2	1	3	–
6	2	2	1	–

№ вар.	Вариант задачи	Вариант метода	Вариант схемы	Вариант функции
7	2	2	2	–
8	2	2	3	–
9	2	3	1	–
10	2	3	2	–
11	2	3	3	–
12	3	1	–	1
13	3	1	–	2
14	3	1	–	3
15	3	1	–	4
16	3	1	–	5
17	3	2	–	1
18	3	2	–	2
19	3	2	–	3
20	3	2	–	4
21	3	2	–	5
22	3	3	–	1
23	3	3	–	2
24	3	3	–	3
25	3	3	–	4
26	3	3	–	5

### Темы 9-10: решение задач оптимизации функций одной или нескольких переменных

**Задача 1.** Разработка программного приложения для определения точек максимума и минимума функции одной переменной.

**Задача 2.** Разработка программного приложения для решения задачи расчёта центра тяжести функциональной зависимости на интервале как задачи оптимизации функции одной переменной.

**Задача 3.** Разработка программного приложения для определения оптимального распределения времени пребывания реакционной массы по аппаратам каскада изотермических реакторов идеального смешения непрерывного действия.

**Задача 4.** Разработка программного приложения для подбора оптимального оборудования для каскада поверхностных теплообменников с противотоком теплоносителей.

**Задача 5.** Разработка программного приложения для параметрической идентификации математического описания результатов эксперимента.

**Задание.** Разработать интерфейс программного приложения, предусматривающий ввод исходных данных, настройку алгоритма расчёта, реализующего указанные в варианте метод, необходимые вычисления и представление результатов расчёта в соответствии с решаемой задачей. Отобразить ход решения (условия и результаты вычисления критерия оптимальности) в таблице. Выполнить исследование влияния настроек алгоритма расчёта на скорость и точность вычислений.

Варианты функциональных зависимостей, используемых в задачах 2, 5:

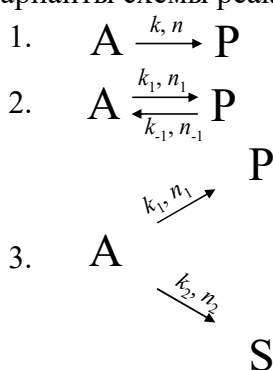
- 1)  $y = a_0 + a_1 \exp(a_2 x) + a_3 \exp(a_4 x)$ ;
- 2)  $y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 \sin(a_4 x)$ ;
- 3)  $y = a_0 + a_1 \sin(a_2 x) \cdot x + a_3 \sin(a_4 x) \cdot x^2$ ;
- 4)  $y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x^4$ ;

$$5) \quad y = a_0 + \frac{a_1 \sin(a_2 x) \cdot x}{\exp(a_3 x)} + a_4 x$$

Варианты параметров функциональной зависимости, необходимые для решения задачи 1, представлены в следующей таблице:

Параметр	Варианты				
	1	2	3	4	5
$a_0$	4,52	1,81	3,17	-1,96	0,22
$a_1$	-1,96	-4,10	3,41	2,99	3,12
$a_2$	0,38	0,23	-0,23	-0,46	-0,59
$a_3$	-1,67	-1,54	1,85	3,42	0,31
$a_4$	-0,32	-0,36	-0,37	-0,29	-0,55

Варианты схемы реакций для задачи 3 представлены ниже.



Варианты методов решения задачи:

- 1) локализации экстремума;
- 2) золотого сечения;
- 3) чисел Фибоначчи;
- 4) поочерёдного изменения переменных;
- 5) сканирования;
- 6) простой симплексный;
- 7) Нелдера-Мида (модифицированный симплексный);
- 8) градиента;
- 9) релаксаций;
- 10) наискорейшего спуска;
- 11) спуска с «наказанием случайностью».

Варианты выборок экспериментальных данных для решения задачи 5 сведены в следующую таблицу:

x	Значения y для вариантов				
	1	2	3	4	5
-10	184,2	12,6	10,4	87,2	-59,1
-7	-10,9	7,9	59,7	76,5	-56,8
-5	-50,4	-3,4	52,0	52,4	-37,7
-3	-46,7	-11,2	30,2	28,3	-17,5
-2	-35,2	-12,3	17,8	18,6	-9,3
1	11,9	-2,8	-13,0	4,8	3,2
5	45,9	21,6	-24,0	17,4	-2,4
6	42,4	23,0	-22,1	21,7	-2,9
9	-2,4	-11,0	-17,9	16,3	19,6

x	Значения y для вариантов				
	6	7	8	9	10
-9	96,4	14,6	38,1	89,4	-64,1
-8	32,6	12,5	53,7	85,2	-62,7
-6	-37,5	2,2	58,4	65,1	-47,9
-1	-20,3	-11,2	6,0	11,3	-2,9
0	-4,0	-7,9	-4,5	6,7	1,2
2	26,0	3,6	-19,2	5,5	3,2
3	37,0	10,5	-23,0	8,3	1,8
4	43,9	16,9	-24,5	12,6	-0,4
7	33,2	19,4	-19,7	24,1	-0,6

x	Значения y для вариантов				
	1	2	3	4	5
10	-28,2	-42,4	-21,4	2,2	41,5

x	Значения y для вариантов				
	6	7	8	9	10
8	18,2	8,8	-17,9	22,9	6,3

Варианты задания для выполнения лабораторной работы представлены далее:

№ вар.	Вариант задачи	Вариант метода	Вариант параметров	Количество аппаратов	Вариант схемы	Вариант зависимости	Вариант выборки
1	1	1	1	—	—	—	—
2	1	2	2	—	—	—	—
3	1	3	3	—	—	—	—
4	2	1	—	—	—	3	—
5	2	2	—	—	—	4	—
6	2	3	—	—	—	5	—
7	3	1	—	2	3	—	—
8	3	2	—	2	1	—	—
9	3	3	—	2	2	—	—
10	3	4	—	3	2	—	—
11	3	5	—	3	3	—	—
12	3	11	—	3	1	—	—
13	4	1	—	2	—	—	—
14	4	3	—	2	—	—	—
15	4	5	—	3	—	—	—
16	4	11	—	4	—	—	—
17	4	8	—	5	—	—	—
18	5	4	—	—	—	4	1
19	5	5	—	—	—	4	2
20	5	6	—	—	—	4	3
21	5	9	—	—	—	4	4
22	5	10	—	—	—	4	5
23	5	8	—	—	—	4	6
24	5	11	—	—	—	4	7
25	5	7	—	—	—	4	8
26	5	9	—	—	—	4	9
27	5	10	—	—	—	4	10

## 8.2. Примеры теоретических контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой)

1. Приведите общую структуру программного модуля Object Pascal (Delphi).
2. Назначение раздела Unit в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
3. Назначение раздела Interface в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
4. Назначение раздела Const в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
5. Назначение раздела Uses в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
6. Назначение раздела Type в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).

7. Назначение раздела `Var` в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
8. Назначение раздела `Implementation` в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
9. Приведите общую структуру процедуры в Object Pascal (Delphi).
10. Приведите общую структуру функции в Object Pascal (Delphi).
11. Назначение раздела `Label` в структуре процедуры или функции Object Pascal (Delphi).
12. Покажите на примере как использовать метку в процедуре или функции.
13. Для чего используется конструкция `begin... end`?
14. Как правильно запрограммировать новую процедуру и получить к ней доступ из других процедур?
15. В чем особенность описания констант и переменных, передаваемых через процедуры и функции, определяемые пользователем?
16. Приведите пример описания массива данных в виде константы.
17. Что такое константа в Object Pascal (Delphi)?
18. Чем отличаются друг от друга нетипизированные и типизированные константы?
19. Приведите пример описания нетипизированной константы-числа.
20. Приведите пример описания типизированной константы-числа.
21. Приведите пример описания константы-массива.
22. Чем отличаются глобальные и локальные переменные?
23. К какой группе типов переменных относится `boolean`?
24. К какой группе типов переменных относится `integer`?
25. К какой группе типов переменных относится `shortint`?
26. К какой группе типов переменных относится `smallint`?
27. К какой группе типов переменных относится `byte`?
28. К какой группе типов переменных относится `word`?
29. К какой группе типов переменных относится `longword`?
30. К какой группе типов переменных относится `real`?
31. К какой группе типов переменных относится `single`?
32. К какой группе типов переменных относится `double`?
33. К какой группе типов переменных относится `extended`?
34. К какой группе типов переменных относится `shortstring`?
35. К какой группе типов переменных относится `string`?
36. Какие значения может принимать переменная `boolean`?
37. Какой тип можно задать переменной, хранящей количество наименований продуктов, и почему?
38. Какой тип можно задать переменной, хранящей массу партии продуктов, и почему?
39. Какой тип можно задать переменной, хранящей наименование продукта, и почему?
40. Какой тип можно задать переменной, содержащей указание на наличие продукта на складе, и почему?
41. Для чего используется тип переменной `textfile`?
42. Как следует правильно описать строковую переменную, максимально возможная, длина которой известна?
43. Как при описании переменной задать значение по умолчанию?
44. Приведите пример использования переменной-строки как массива символов.
45. Что такое массив?
46. Что такое вектор данных?
47. Что такое матрица данных?

48. Приведите пример описания массива-вектора действительных чисел с фиксированным числом элементов.
49. Приведите пример описания массива-матрицы целых чисел с фиксированным числом элементов.
50. Сколько переменных содержит массив `x: array[1..5, 1..3] of real`?
51. В чем особенности использования динамических массивов?
52. Приведите пример описания динамического массива-вектора логических значений.
53. Приведите пример описания динамического массива-вектора действительных чисел.
54. Какая процедура используется для задания количества элементов динамического массива?
55. Какая функция позволяет определить количество элементов вектора данных?
56. Каким образом можно увеличить на один количество элементов динамического вектора данных?
57. Что такое запись в Object Pascal (Delphi)?
58. Приведите пример описания структуры записи в Object Pascal (Delphi).
59. Может ли запись в Object Pascal (Delphi) содержать массив элементов?
60. Для чего используется функция `Low`?
61. Для чего используется функция `High`?
62. Для чего используется функция `Length`?
63. Для чего используется функция `Mean` при работе с числовыми массивами?
64. Для чего используются функции `MaxValue` и `MaxIntValue` при работе с числовыми массивами? Чем они отличаются?
65. Для чего используются функции `MinValue` и `MinIntValue` при работе с числовыми массивами? Чем они отличаются?
66. Для чего используются функции `Sum` и `SumInt` при работе с числовыми массивами? Чем они отличаются?
67. Для чего используется функция `SumOfSquares` при работе с числовыми массивами?
68. Для чего используется функция `SetLength` при работе с числовыми массивами?
69. Для чего используется функция `SumAndSquares` при работе с числовыми массивами?
70. Какой модуль необходимо подключить в разделе `uses` для использования арифметических процедур и функций с массивами числовых данных?
71. Перечислите условные операторы.
72. В каких случаях используется оператор `If`?
73. В каких случаях используется оператор `Case`?
74. Приведите структуру оператора `If`.
75. Приведите структуру оператора `Case`.
76. Можно ли в операторе `Case` использовать строковые переменные?
77. Перечислите операторы циклов.
78. В каких случаях используется оператор цикла `For`?
79. В каких случаях используется оператор цикла `While`?
80. В каких случаях используется оператор цикла `Repeat until`?
81. Можно ли в операторе `For` использовать действительные значения переменной цикла?
82. Можно ли в операторе `For` выполнить изменение переменной цикла в порядке убывания?
83. Какие Вы знаете команды для работы с циклами?
84. Для чего используется команда `break`?

85. Для чего используется команда `continue`?
86. Для чего используется метод `ProcessMessages` компонента `TApplication`?
87. Для чего используется команда `goto`?
88. Приведите структуру оператора `For`.
89. Приведите структуру оператора `While`.
90. Приведите структуру оператора `Repeat until`.
91. Для чего используется процедура `AssignFile`?
92. Для чего используется процедура `Append`?
93. Для чего используется процедура `Reset`?
94. Для чего используется процедура `Rewrite`?
95. Для чего используется процедура `CloseFile`?
96. Для чего используется процедура `Rename`?
97. Для чего используются процедуры `Read` и `Readln`?
98. Для чего используются процедуры `Write` и `Writeln`?
99. В чем отличие между процедурами `Read` и `Readln`?
100. В чем отличие между процедурами `Write` и `Writeln`?
101. Как правильно использовать процедуры записи данных в текстовый файл, если нужно добавить информацию в конец файла, но не известно, существует ли этот файл?
102. Для чего используется функция `Eof`?
103. Для чего используется функция `Eoln`?
104. Для чего используется функция `FileExists`?
105. Назначение функции `Abs`.
106. Назначение функции `Tan`.
107. Назначение функции `Int`.
108. Назначение функции `Round`.
109. В чем заключается разница между функциями `Int` и `Round`?
110. Назначение функции `DegToRad`.
111. Назначение функции `RadToDeg`.
112. Назначение функции `Exp`.
113. Назначение функции `Ln`.
114. Назначение функции `Log10`.
115. Назначение функции `LogN`.
116. Назначение функции `Power`.
117. Назначение функции `Frac`.
118. Назначение функции `Hypot`.
119. Назначение функции `Sqr`.
120. Назначение функции `Sqrt`.
121. Назначение функции `AnsiLowerCase`.
122. Назначение функции `AnsiUpperCase`.
123. Назначение функции `AnsiPos`.
124. Назначение функции `Concat`.
125. Назначение функции `Copy`.
126. Как можно заменить функцию `Concat` в `Object Pascal (Delphi)`.
127. Назначение функции `Delete` при работе со строками.
128. Назначение функции `Insert` при работе со строками.
129. Назначение функции `Length` при работе со строками.
130. Назначение функции `Trim`.
131. Назначение функции `TrimLeft`.
132. Назначение функции `TrimRight`.

133. Как преобразовать строку в целое число?
134. Как преобразовать строку в действительное число?
135. Как преобразовать целое число в строку?
136. Как преобразовать действительное число в строку?
137. Для чего нужна и как используется процедура `Str`?
138. Как можно определить десятичный разделитель, установленный в операционной системе?
139. Назначение функции `ShowMessage`.
140. Назначение процедуры `Randomize`.
141. Назначение функции `Random`.
142. Назначение процедуры `Sleep`.
143. Назначение функции `GetCurrentDir`.
144. За что отвечает свойство `Visible` визуальных компонентов?
145. За что отвечает свойство `Enabled` визуальных компонентов?
146. За что отвечает свойство `Name` визуальных компонентов?
147. За что отвечает свойство `Caption` визуальных компонентов?
148. За что отвечает свойство `Text` визуальных компонентов?
149. За что отвечает свойство `Align` визуальных компонентов?
150. За что отвечают свойства `Height` и `Width` визуальных компонентов?
151. За что отвечают свойства `Left` и `Top` визуальных компонентов?
152. За что отвечает свойство `Font` визуальных компонентов?
153. За что отвечает свойство `Color` визуальных компонентов?
154. Родительские и дочерние элементы управления.
155. Каково назначение компонента-формы?
156. Каково назначение компонента-панели?
157. Может ли панель являться одновременно родительским и дочерним элементом управления? Когда?
158. Каково назначение компонента **`TSplitter`**?
159. В каком порядке следует располагать две панели и разделитель, который должен менять соотношение размеров этих панелей? Какие значения присваиваются свойству `Align` каждой панели?
160. Можно ли панель расположить на другой панели?
161. Каково назначение компонента **`TCheckBox`**?
162. Каково назначение компонента **`TRadioButton`**?
163. Каково назначение компонента **`TRadioGroup`**?
164. В чем отличие опций **`TCheckBox`** и **`TRadioButton`**?
165. Назначение свойства `checked` компонента опции?
166. Каково назначение компонента **`TComboBox`**?
167. Какой метод используется для добавления строки в конец списка?
168. Какой метод используется для вставки в указанную позицию списка?
169. Какой метод используется для удаления строки из списка?
170. Какой метод используется для очистки списка?
171. Каково назначение компонента **`TStringGrid`**?
172. Назначение свойства `ColCount` компонента-таблицы.
173. Назначение свойства `RowCount` компонента-таблицы.
174. Назначение свойства `Col` компонента-таблицы.
175. Назначение свойства `Row` компонента-таблицы.
176. Назначение свойства `ColWidth` компонента-таблицы.
177. Назначение свойства `RowHeight` компонента-таблицы.
178. Назначение свойства `DefaultColWidth` компонента-таблицы.



179. Назначение свойства `DefaultRowHeight` компонента-таблицы.
180. Назначение свойства `Cells` компонента-таблицы.
181. Назначение свойства `Cols` компонента-таблицы.
182. Назначение свойства `Rows` компонента-таблицы.
183. Как правильно поместить значение числовой переменной в ячейку таблицы

#### **TStringGrid?**

184. Как правильно передать значение ячейки таблицы **TStringGrid** числовой переменной?
185. Значения какого типа данных хранятся в ячейках таблицы **TStringGrid**?
186. Приведите пример описания функции, определяемой пользователем.
187. Приведите пример описания процедуры, определяемой пользователем.
188. Когда целесообразно использовать процедуры и функции, определяемые пользователем?
189. В чем разница между процедурами и функциями, определяемыми пользователем?
190. Для чего нужна переменная `Result` при работе с функциями, определяемыми пользователем?
191. Как обратиться к серии данных при использовании компонента **TChart**?
192. Каково назначение компонента **TChart**?
193. Для чего необходимо очищать серии данных перед началом процедуры построения графика?
194. Какой метод используется для добавления точки с заданными координатами на график?

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

### **8.3. Примеры практических контрольных заданий для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой)**

1. Разработать функцию, переводящую действительное число, введенное в поле ввода с произвольным десятичным разделителем (точкой или запятой), в форму действительного числа с десятичным разделителем, установленным в текущей операционной системе.
2. Разработать программу, позволяющую вывести в текстовой форме значение действительного числа прописью по заданному значению числа в цифровой форме из пределов  $[0, 29]$  с точностью до двух десятичных знаков.
3. По нажатию кнопки «Создать» программа должна случайным образом сгенерировать массив действительных чисел в интервале  $[-10, 10]$  с точностью  $0,01$  и вывести их в первую колонку таблицы. По нажатию кнопки «Округлить» программа должна округлить числа, представленные в первой колонке, с точностью до  $0,1$  и вывести их во вторую колонку таблицы.
4. Разработать программу, тестирующую знания школьника об элементарных арифметических действиях. Программа должна предлагать тестируемому четыре вопроса-примера (сложение, вычитание, умножение, деление). Числа в примерах должны быть целыми и генерироваться случайно. Ответы в примерах также должны быть целыми. Программа должна оценить знания отвечающего по пятибалльной шкале.
5. Разработать программу, позволяющую сохранить в текстовый файл таблицу, числовые данные в которую пользователь вводил вручную, и считывать числовые данные из файла в таблицу.
6. Построить  $N$  графиков функции вида  $y = a \cdot \exp(b \cdot x) + c \cdot \exp(d \cdot x)$ , где один из коэффициентов ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  или  $d$ ), выбираемый пользователем, изменяется в пределах  $[V1, V2]$ .

График строится в пределах  $[-10, 10]$ . Значения  $N$ ,  $V_1$ ,  $V_2$  и постоянные коэффициенты задаются пользователем,  $N \leq 10$ .

7. В выбранном текстовом файле с технологическим регламентом экстракции п-циклогексилацетофенона хлористым метиленом рассчитать количество раз, которое встречается определённая буква (задаётся пользователем, регистр не учитывать), и определить количество гласных и согласных букв, пробелов и знаков пунктуации.

8. В два текстовых файла записаны результаты измерения температуры вещества при проведении лабораторного эксперимента – глубокого окисления анилина хромовой смесью. Определить количество совпадений чисел в одинаковых позициях в файлах.

9. Разработать программу, демонстрирующую графически в режиме реального времени изменение значений отношения количества раз случайной генерации каждого из чисел  $[0, 9]$  к количеству попыток генерации нового случайного числа. Новое число должно генерироваться, а соответствующие изменения должны отображаться на диаграмме или графике каждые 0.5 секунды.

10. Представить на графике функцию, заданную в виде таблицы в текстовом файле. Определить глобальные максимум и минимум функции и её среднее арифметическое значение.

11. В полях ввода ввести два числа и выбрать одно из арифметических действий (сложение, вычитание, умножение или деление) над ними. Результат отобразить в третьем поле ввода. В текстовом поле собирать последовательно все решённые примеры. Накопленную в текстовом поле информацию сохранить в текстовый файл.

12. Построить диаграмму, показывающую, как изменялась температура раствора хлорида фенилдиазония при его нагревании до полного прекращения выделения пузырьков азота. Данные хранятся в текстовом файле.

13. Объёмы химических аппаратов периодического действия для проведения одностадийного химико-технологического процесса записаны в текстовый файл случайным образом. Необходимо отсортировать данные по убыванию и записать результат в другой текстовый файл.

14. Объёмы технического ряда аппаратов периодического действия для проведения одностадийного химико-технологического процесса записаны в текстовый файл. Выбрать из текстового файла все аппараты, чьи объёмы находятся в пределах  $[2, 10]$  м<sup>3</sup>, и записать их в другой текстовый файл в порядке убывания.

15. Определить количество строк и столбцов матрицы действительных чисел, записанной в виде таблицы в текстовый файл. Перенести записанную информацию в таблицу в программе, при этом для каждого числа оставить только два знака после десятичного разделителя.

16. Дана строка, состоящая из номенклатурных названий аппаратов, участвующих в производстве ацетоксииндола, написанных через пробел. Написать универсальную процедуру, вставляющую запятую после каждого наименования, а в конце получившегося перечисления – точку.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

#### 8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

Билет для зачета с оценкой формируется из 4 случайных теоретических вопросов из вышеуказанного банка контрольных вопросов. Каждый из них оценивается в 5 баллов. И из одного случайного практического контрольного задания из вышеуказанного банка практических контрольных заданий, который оценивается в 20 баллов. Максимальный суммарный результат за итоговый зачет по изученному материалу дисциплины составляет 40 баллов.

Пример билета к зачету с оценкой №1:

«Утверждаю»  
зав. кафедрой

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА  
КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ДИСЦИПЛИНА «ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В  
ЗАДАЧАХ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ»  
НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 18.03.02 ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ  
ПРОЦЕССЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ, НЕФТЕХИМИИ И  
БИОТЕХНОЛОГИИ  
ПРОФИЛЬ «ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ И  
ХИМИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА»

БИЛЕТ К ЗАЧЕТУ С ОЦЕНКОЙ №6

1. Назначение раздела `Type` в структуре программного модуля **Object Pascal (Delphi)**. (5 баллов)
2. К какой группе типов переменных относится `word`? (5 баллов)
3. Приведите структуру оператора `While`. (5 баллов)
4. Назначение функции `TrimRight`. (5 баллов)
5. Построить  $N$  графиков функции вида  $y = a \cdot \exp(b \cdot x) + c \cdot \exp(d \cdot x)$ , где один из коэффициентов ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  или  $d$ ), выбираемый пользователем, изменяется в пределах  $[V1, V2]$ . График строится в пределах  $[-10, 10]$ . Значения  $N$ ,  $V1$ ,  $V2$  и постоянные коэффициенты задаются пользователем,  $N \leq 10$ . (20 баллов)

Пример билета к зачету с оценкой №2:

«Утверждаю»  
зав. кафедрой

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА  
КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ДИСЦИПЛИНА «ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В  
ЗАДАЧАХ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ»  
НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 18.03.02 ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ  
ПРОЦЕССЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ, НЕФТЕХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ  
ПРОФИЛЬ «ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ И  
ХИМИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА»

БИЛЕТ К ЗАЧЕТУ С ОЦЕНКОЙ №9

1. Приведите общую структуру процедуры в **Object Pascal (Delphi)**. (5 баллов)
2. К какой группе типов переменных относится `single`? (5 баллов)
3. Приведите структуру оператора `Case`. (5 баллов)
4. Назначение функции `TrimLeft`. (5 баллов)
5. Разработать программу, демонстрирующую графически в режиме реального времени изменение значений отношения количества раз случайной генерации каждого из чисел  $[0, 9]$  к количеству попыток генерации нового случайного числа. Новое число должно генерироваться, а соответствующие изменения должны отображаться на диаграмме или графике каждые 0,5 секунды. (20 баллов)

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А) Основная литература

1. Разработка приложений баз данных: учеб. пособие / А. М. Сверчков, П. Г. Михайлова. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2017 – 146 с.

#### Б) Дополнительная литература

1. Разработка программного обеспечения с использованием современных языков и сред программирования: учеб. пособие/ С. П. Дударов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2008. – 112 с.

2. Программирование и численные методы в задачах химической технологии. Лабораторный практикум: учеб. пособие/ С. П. Дударов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. – 108 с.

3. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: Учеб. пособие для вузов/ Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. – М.: «Академкнига», 2008. – 415 с.

4. Ачкасов, В.Ю. Введение в программирование на Delphi [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Ю. Ачкасов. — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 295 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100698>. — Загл. с экрана.

5. Санников, Е.В. Курс практического программирования в Delphi. Объектно-ориентированное программирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Санников. — Электрон. дан. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2013. — 188 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/64955>. — Загл. с экрана.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

#### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖУРНАЛЫ

- «Программные продукты и системы», ISSN (печатное издание) – 0236-235X, ISSN (электронное издание) – 2311-2735;
- «Вестник компьютерных и информационных технологий», ISSN – 1810-7206;
- «Информационные технологии и вычислительные системы», ISSN – 2071-8632;
- «Системы управления и информационные технологии» ISSN – 1729-5068;
- «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN – 2073-2597;
- «Системы и средства информатики», ISSN (печатное издание) – 0869-6527, ISSN (электронное издание) – 2311-0325;
- «Информационные системы и технологии», ISSN – 2072-8964;
- «Прикладная информатика», ISSN – 1993-8313;
- Журнал «RSDN» (Russian Software Developer Network), ISSN – 0234-6621, и другие.

#### ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

- Мастера DELPHI. Русскоязычный каталог Delphi ресурсов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.delphimaster.ru](http://www.delphimaster.ru) (дата обращения: 15.04.2022);
- Форум программистов и сисадминов Киберфорум. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.cyberforum.ru](http://www.cyberforum.ru) (дата обращения: 15.04.2022);
- Исходники DELPHI. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.delphisources.ru](http://www.delphisources.ru) (дата обращения: 15.04.2022);

- Документация и книги по программированию [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.helloworld.ru](http://www.helloworld.ru) (дата обращения: 15.04.2022);
- Delphi basics. Справочник. Основы Delphi. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.delphibasics.ru](http://www.delphibasics.ru) (дата обращения: 15.04.2022).

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные классы на 17 посадочных мест с предустановленным базовым программным обеспечением, в том числе с возможностью подключения к сети Интернет;
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число теоретических вопросов – 194, практических заданий – 40).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на:

- тематическая группа в социальной сети Вконтакте, доступ к групповым чатам (WhatsApp, Вконтакте), к вебинарам ([webinar.ru](http://webinar.ru), [zoom.us](http://zoom.us)), онлайн-конференции в Skype или Microsoft Teams.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Программирование и численные методы в задачах химической технологии» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающихся.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе**

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеется 2 учебные аудитории с 17 компьютерами (2 для работы преподавателей, 15 для работы студентов) и 1 выделенный сервер.

Для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием, имеющая 8 персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Интернет, и одно многофункциональное устройство; компьютерный класс, оборудованный 9 компьютерами, объединенными в локальную сеть с выходом в Интернет, и одним принтером.

Для реализации информационно-образовательных ресурсов дисциплин вариативной части программы на выделенном сервере кафедры КХТП под управлением Microsoft Windows Server Standart 2008 развернуты веб-сервер apache 2.2.17, Hypertext Preprocessor (php) 5.3.18, система управления базами данных (СУБД) MySQL 5.

### **11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства**

На кафедре КХТП для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.4.

При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях или при проведении лабораторных работ на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

### **11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы**

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к проведению лабораторных работ; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

На кафедре КХТП электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; специализированное программное обеспечение.

### **11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения**

При выполнении лабораторного практикума по дисциплине используется специализированное программное обеспечение:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 7 Pro	Microsoft Open License Номер лицензии 47837475	20	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013	20	Бессрочно

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
3	Microsoft Windows Server - Standard 2008	Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open License Номер лицензии 61068797	1	Бессрочно
4	Lazarus (открытая среда разработки программного обеспечения)	Бесплатное ПО	Не ограничено	Не ограничен
5	Delphi	Государственный контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10, Акт № Tr048787, накладная № Tr048787 от 20.12.10	17	Бессрочно
6	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	20	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
7	PCУБД FireBird версия 3	Свободно-распространяемое ПО	Не ограничено	Не ограничен
8	Неисключительная лицензия на использование O365ProPlusOpenFcly ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word Excel PowerPoint Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	20 Соглашение Microsoft OVS-ES № V6775907	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
9	Неисключительная лицензия на использование O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	20 Соглашение Microsoft OVS-ES № V6775907	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
	OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word Excel PowerPoint Microsoft Teams			перехода на обновлённую версию продукта)

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Общие принципы разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения задач химии и химической технологии	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– технические и программные средства разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения задач химической технологии;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач.</li> </ul>	Оценка за лабораторную работу №1  Оценка за зачет
<b>Раздел 2.</b> Программно-алгоритмическая реализация численных методов интерполирования экспериментальных данных	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием языков и сред программирования высокого уровня;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач;</li> <li>– формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи химической технологии, требующие применения численных методов;</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач;</li> <li>– методами разработки математических моделей и методами</li> </ul>	Оценка за лабораторную работу №2  Оценка за зачет



	содержательной интерпретации полученных результатов.	
<p><b>Раздел 3.</b> Программно-алгоритмическая реализация численных методов аппроксимации экспериментальных данных</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием языков и сред программирования высокого уровня;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач;</li> <li>– формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи химической технологии, требующие применения численных методов;</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач;</li> <li>– методами разработки математических моделей и методами содержательной интерпретации полученных результатов.</li> </ul>	<p>Оценка за лабораторную работу №3-4</p> <p>Оценка за зачет</p>
<p><b>Раздел 4.</b> Программно-алгоритмическая реализация численных методов решения нелинейных алгебраических уравнений в задачах химии и химической технологии</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием языков и сред программирования высокого уровня;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач;</li> <li>– формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи химической технологии, требующие применения численных методов;</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач;</li> <li>– методами разработки математических моделей и методами содержательной интерпретации полученных результатов.</li> </ul>	<p>Оценка за лабораторную работу №5</p> <p>Оценка за зачет</p>

<p><b>Раздел 5.</b> Программно-алгоритмическая реализация численных методов решения систем алгебраических уравнений в задачах химии и химической технологии</p>	<p><b>Знает:</b> – основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием языков и сред программирования высокого уровня;</p> <p><b>Умеет:</b> – использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач; – формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи химической технологии, требующие применения численных методов;</p> <p><b>Владеет:</b> – приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач; – методами разработки математических моделей и методами содержательной интерпретации полученных результатов.</p>	<p>Оценка за лабораторную работу №6</p> <p>Оценка за зачет</p>
<p><b>Раздел 6.</b> Программно-алгоритмическая реализация численных методов интегрального и дифференциального исчислений в задачах химии и химической технологии</p>	<p><b>Знает:</b> – основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием языков и сред программирования высокого уровня;</p> <p><b>Умеет:</b> – использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач; – формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи химической технологии, требующие применения численных методов;</p> <p><b>Владеет:</b> – приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач; – методами разработки математических моделей и методами содержательной интерпретации полученных результатов.</p>	<p>Оценка за лабораторную работу №7-8</p> <p>Оценка за зачет</p>
<p><b>Раздел 7.</b> Программно-алгоритмическая реализация численных методов</p>	<p><b>Знает:</b> – основные алгоритмы численных методов решения математических</p>	<p>Оценка за лабораторную работу №9-10</p>

оптимизации функций одной и нескольких переменных	задач с использованием языков и сред программирования высокого уровня;	Оценка за зачет
	<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач;</li> <li>– формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи химической технологии, требующие применения численных методов;</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач;</li> <li>– методами разработки математических моделей и методами содержательной интерпретации полученных результатов.</li> </ul>	

### 13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_. \_\_.20\_\_, протокол № \_\_, введенным в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_. \_\_.20\_\_ № \_\_\_\_;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ě

**Дополнения и изменения к РПД**  
**по дисциплине «Программирование и численные методы в задачах**  
**химической технологии»**  
**основной образовательной программы высшего образования – программы**  
**бакалавриата**  
**по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие**  
**процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»**  
**Профиль «Основные процессы химических производств и химическая**  
**кибернетика»**  
**Квалификация – бакалавр**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		протокол заседания кафедры № _____ от «__» _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от «__» _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от «__» _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от «__» _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от «__» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

«25» мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Универсальные программные средства решения математических задач»**

**Направление подготовки – 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки – «Основные процессы химических производств и  
химическая кибернетика»**

**Квалификация «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**

на заседании Методической комиссии

РХТУ им. Д.И. Менделеева

«25» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022**

Программа составлена  
к.т.н., доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов  
П.Г. Михайловой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева «26» апреля 2022 г., протокол № 7

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, рекомендациями Методической комиссии Ученого совета и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина *«Универсальные программные средства решения математических задач»* относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору студента. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области таких дисциплин как «Математика», «Информатика» и «Вычислительная математика».

**Цель дисциплины** – научить студентов теоретическим основам, практическим умениям и навыкам эффективного использования современных универсальных программных средств для проведения численных, аналитических расчётов, обработки и визуализации данных, планирования и моделирования эксперимента, а так же для решения широкого круга вычислительных задач учебного, прикладного, инженерного и научного характера.

### **Задачи дисциплины:**

- обучение студентов теоретическим основам алгоритмов и структур данных;
- обучение студентов теоретическим основам в области использования моделирующих программных средств и средств автоматизации инженерных расчетов
- обучение навыкам выполнения численных и символьных (аналитических) вычислений с использованием современных универсальных программных средств решения математических задач;
- обучение практическим навыкам работы с системой компьютерной алгебры Mathcad;
- обучение практическим навыкам работы с пакетом прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB (Matrix Laboratory);
- обучение студентов использованию методов обработки и визуализации данных, выполнению численных и символьных вычислений с помощью языка программирования R и других.

Дисциплина *«Универсальные программные средства решения математических задач»* преподается в 5-м семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

### Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности</p>	<p>ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов</p> <p>ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки</p> <p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по</p>



Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
				отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий	<p>ПК-4.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии и специализированное программное обеспечение для решения научно-исследовательских задач в области энерго- и ресурсосбережения</p> <p>ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки</p> <p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н,</p>

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
				<p>Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/01.5. Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований (уровень квалификации – 5).</p> <p>А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>

В результате изучения дисциплины студент должен:

*Знать:*

- классификацию, структуру, функциональные и математические возможности существующих универсальных программных средств решения математических задач;
- методики выполнения обработки, визуализации данных, проведения численных и символьных вычислений с использованием современных программных средств;
- языки программирования (управления вычислениями), применяемые в современных программных средствах решения математических задач;

*Уметь:*

- выбирать пакет прикладных программ для решения конкретных вычислительных задач;
- использовать универсальные программные средства для решения математических задач;

*Владеть:*

- навыками решения прикладных, учебных, инженерных, научных задач с использованием современной компьютерной техники и программных средств;
- навыками использования современных прикладных программных средств для математических вычислений;
- навыками документирования расчетов, проведенных с использованием современных программных средств.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,8</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Лекции	0,45	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,2</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Контактная самостоятельная работа	2,2	0.4	0.3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79.6	59.7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для студентов очного отделения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
	<b>Введение</b>	<b>0,5</b>		<b>0,5</b>		-		-		-
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Введение в теорию алгоритмов и структур данных</b>	<b>9,5</b>		<b>1,5</b>		-		-		<b>8</b>
1.1.	Основные понятия	2,5		0,5		-		-		2
1.2.	Характеристики алгоритмов	2,5		0,5		-		-		2
1.3.	Математические величины и компьютерные типы данных	4,5		0,5		-		-		4
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Общие сведения о программном обеспечении (ПО) для решения математических задач</b>	<b>14</b>		<b>4</b>		-		<b>2</b>		<b>8</b>
2.1.	Моделирующие программные средства и средства автоматизации инженерных расчетов	6		2		-		-		4
2.2.	Обзор функциональных и математических возможностей и сравнительный анализ программных средств	5		1		-		2		2
2.3.	Современные тенденции в решении вычислительных задач	3		1		-		-		2
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Система компьютерной алгебры Mathcad</b>	<b>47</b>		<b>3</b>		<b>6</b>		<b>12</b>		<b>26</b>
3.1.	Mathcad – общие сведения	1,5		0,5		-		-		1
3.2.	Основы выполнения расчётов в среде Mathcad	9,5		0,5		1		2		6
3.3.	Обзор интерфейса пользователя	5		0,5		-		0,5		4
3.4.	Визуализация зависимостей	4,5		0,5		0,5		0,5		3
3.5.	Символьный вычислитель Mathcad	8		0,5		0,5		1		6

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лек- ции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
3.6.	Использование системы Mathcad для решения конкретных задач	18,5		0,5		4		8		6
<b>4.</b>	<b>Раздел 4. Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB (Matrix Laboratory)</b>	<b>45</b>		<b>3</b>		<b>6</b>		<b>10</b>		<b>26</b>
4.1.	MATLAB – концепция системы	2,5		0,5		-		-		2
4.2.	Интерфейс пользователя MATLAB	2,5		0,5		-		-		2
4.3.	Командный язык MATLAB	19,5		1,5		2		4		12
4.4.	Использование пакета MATLAB для решения математических задач	20,5		0,5		4		6		10
<b>5.</b>	<b>Раздел 5. Использование альтернативных программных средств для математических вычислений</b>	<b>28</b>		<b>4</b>		<b>4</b>		<b>8</b>		<b>12</b>
5.1.	Пакет прикладных программ Mathematica	4		1		-		-		3
5.2.	Пакет прикладных программ Maple	4		1		-		-		3
5.3.	Пакет прикладных программ GNU Octave	4		1		-		-		3
5.4.	Язык программирования R	16		1		4		8		3
	<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>		<b>16</b>		<b>16</b>		<b>32</b>		<b>80</b>

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

**Введение.** Краткий исторический очерк. Основные цели и задачи курса, состав курса, информационные источники.

### Раздел 1. Введение в теорию алгоритмов и структур данных

**1.1. Основные понятия** – классификация математических задач и методов их решения, понятие алгоритма.

**1.2. Характеристики алгоритмов** – численные и символьные вычисления, точные и приближённые вычисления, итеративные алгоритмы, вычислительная сложность задач, сходимость, достоверность, адекватность модели.

**1.3. Математические величины и компьютерные типы данных** для их представления – целые числа, рациональные и иррациональные дроби, комплексные числа, бесконечность, неопределённость, мнимая единица, скаляр, вектор, матрица; целочисленные типы данных, дробные типы с плавающей и фиксированной запятой, массивы, представление особых значений.

**Раздел 2. Общие сведения о программном обеспечении (ПО) для решения математических задач**

**2.1. Моделирующие программные средства и средства автоматизации инженерных расчетов** – классификация существующего ПО.

**2.2. Обзор функциональных и математических возможностей и сравнительный анализ программных средств** компьютерной алгебры – достоинства и недостатки, сферы применения; преимущества и недостатки свободно распространяемых программных средств.

**2.3. Современные тенденции в решении вычислительных задач** – массовый параллелизм, облачные вычисления, распределённые вычислительные сети, системы с веб-интерфейсом.

### Раздел 3. Система компьютерной алгебры Mathcad

**3.1. Mathcad – общие сведения** о структуре приложения, функциональном наполнении и возможностях системы, особенности, преимущества и недостатки по сравнению с другими программными продуктами.

**3.2. Основы выполнения расчётов в среде Mathcad** – лексика и синтаксис записи расчётных соотношений, переменные, возможности и ограничения встроенных типов данных.

**3.3. Обзор интерфейса пользователя** – меню, панели инструментов, клавиатурные последовательности для эффективной работы;

**3.4. Визуализация зависимостей** – построение графиков функций и диаграмм, настройка графического отображения.

**3.5. Символьный вычислитель Mathcad** – упрощение выражений, разложение на множители, подстановка переменных, символьное дифференцирование, интегрирование, разложение в ряды, нахождение корней.

**3.6. Использование системы Mathcad для решения конкретных задач** – обзор семейства встроенных функций: статистическая обработка данных, оптимизация, интегрирование и дифференцирование, регрессия, комплексные исчисления, поиск корней.

**Раздел 4. Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB (Matrix Laboratory)**

**4.1. MATLAB – концепция системы,** структура пакета программ, функциональных возможностей системы и пакетов расширения Toolboxes.

**4.2. Интерфейс пользователя MATLAB,** рабочие окна системы, командная строка, устройство справочной подсистемы MATLAB.

**4.3. Командный язык MATLAB** – лексемы, операторы, функции, выражения и управляющие конструкции, типы данных. Оперирование переменными типа "матрица".

### 4.4. Использование пакета MATLAB для решения математических задач:

Аппроксимация экспериментальных данных кривыми, регрессия, подбор параметров уравнений кривых – Curve Fitting Tool (инструмент настройки кривой);

Полиномиальная аппроксимация – Spline Toolbox (инструмент сплайн-аппроксимации);

Функции и графические интерфейсы для анализа и моделирования данных, а также разработки статистических алгоритмов – Statistics Toolbox (инструмент статистической разработки). Методы линейного программирования и оптимизации – Optimization Toolbox (инструмент оптимизации);

Пакет моделирования для решения систем нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных.

## **Раздел 5. Использование альтернативных программных средств для математических вычислений**

**5.1. Пакет прикладных программ Mathematica.** Интерфейс программы. Палитры математических функций. Ввод данных. Отображение данных. Ядро и интерфейсный процессор – базовые компоненты Mathematica.

**5.2. Пакет прикладных программ Maple.** Особенности интерфейса программы. Особенности работы с программой. Символьные преобразования с использованием текстового процессора Maple.

**5.3. Пакет прикладных программ GNU Octave.** Различия интерфейса для систем Linux и Windows NT. Основные сходства и различия с пакетом прикладных программ и языком программирования MATLAB.

**5.4. Язык программирования R** – для статистической обработки данных и визуализации результатов на графиках. Оболочки для работы с языком R.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	<b>Знать:</b>					
1	классификацию, структуру, функциональные и математические возможности существующих универсальных программных средств решения математических задач;	+	+	+	+	+
2	методики выполнения обработки, визуализации данных, проведения численных и символьных вычислений с использованием современных программных средств;			+	+	+
3	языки программирования (управления вычислениями), применяемые в современных программных средствах решения математических задач;			+	+	+
	<b>Уметь:</b>					
4	выбирать пакет прикладных программ для решения конкретных вычислительных задач;	+	+	+	+	+
5	использовать универсальные программные средства для решения математических задач;			+	+	+
	<b>Владеть:</b>					
6	навыками решения прикладных, учебных, инженерных, научных задач с использованием современной компьютерной техники и программных средств;	+	+	+	+	+
7	навыками использования современных прикладных программных средств для математических вычислений;			+	+	+
8	навыками документирования расчетов, проведенных с использованием современных программных средств.			+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <b>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>						
	<b>Код и наименование ПК (перечень из п.2)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)</b>				
9	ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	+	+	+	+



№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
		ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов			+	+	+
10	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий	ПК-4.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии и специализированное программное обеспечение для решения научно-исследовательских задач в области энерго- и ресурсосбережения		+	+	+	+
		ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов			+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	3.2, 3.4 – 3.6	1. Нахождение экстремумов нелинейной функции одного аргумента при помощи Mathcad, построение графика этой функции. 2. Решение системы нелинейных уравнений средствами блока Given/Find в Mathcad. 3. Решение системы из двух обыкновенных дифференциальных уравнений средствами Mathcad, визуализация решения на графике	6
2	4.3, 4.4	1. Вычисление коэффициентов аппроксимирующего полинома заданной степени для массива экспериментальных точек средствами MATLAB 2. Решение системы линейных уравнений средствами MATLAB. 3. Реализация метода наименьших квадратов средствами MATLAB	6
3	5.4	1. Векторные и матричные операции в языке R. 2. Нахождение экстремумов нелинейной функции одного аргумента при помощи оболочки для языка R 3. Посторенние графиков в языке R	4

### 6.2. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «**Универсальные программные средства решения математических задач**», а также дает знания об основных функциональных возможностях: табличных редакторов на примере MS Excel; компьютерной математики на примере РТС Mathcad; пакета прикладных программ MATLAB и его модулей; языка программирования R для автоматизированного численного и символьного вычисления, визуализации вычислений, математического моделирования, статистической обработки данных и разработки алгоритмов.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 60 баллов (максимально по 10 баллов за каждую из работ 1-3 и по 15 баллов за работы 4 и 5 (за каждую)). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных работ	Часы
1.	2.2	Использование табличного процессора MS Excel и редактора MS Word для обработки данных и оформления результатов расчетов	2
2.	3.2 – 3.6	Использование систем компьютерной алгебры на примере MathCAD (часть 1)	6
3.	3.2 – 3.6	Использование систем компьютерной алгебры на примере	6

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных работ	Часы
		Mathcad (часть 2)	
4.	4.3, 4.4	Использование пакета прикладных программ MATLAB для решения математических и инженерных задач	10
5.	5.4	Язык программирования R-Language для решения математических задач	8

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объёме 80 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению лабораторных работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- подготовку к сдаче **зачета с оценкой** и лабораторного практикума по дисциплине.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

По дисциплине «Универсальные программные средства решения математических задач» предусмотрены следующие баллы текущего контроля освоения дисциплины:

- Лабораторная работа №1(раздел 2) – 10 баллов;
- Лабораторная работа №2(раздел 3) – 10 баллов;
- Лабораторная работа №3(раздел 3) – 10 баллов;
- Лабораторная работа №4(раздел 4) – 15 баллов;
- Лабораторная работа №5 (раздел 5) – 15 баллов.

### 8.1. Примеры лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины

**Раздел 2.** Лабораторная работа №1. Использование табличного процессора MS Excel и редактора MS Word для обработки данных и оформления результатов расчетов. Максимальная оценка – 10 баллов.

**Раздел 3.** Лабораторная работа №2. Использование систем компьютерной алгебры на примере Mathcad (часть 1). Максимальная оценка – 10 баллов.

Лабораторная работа №3. Использование систем компьютерной алгебры на примере Mathcad (часть 2). Максимальная оценка – 10 баллов.

**Раздел 4.** Лабораторная работа №4. Использование пакета прикладных программ MATLAB для решения математических и инженерных задач. Максимальная оценка – 15 баллов.

**Раздел 5.** Лабораторная работа №5. Язык программирования R-Language для решения математических задач. Максимальная оценка – 15 баллов.

**Лабораторная работа №1. Использование табличного процессора MS Excel и редактора MS Word для обработки данных и оформления результатов расчетов**

**Цель работы:** Получение практических навыков работы с табличным процессором MS Excel. Реализация простых расчетов, диаграмм и графиков.

### Задачи:

#### 1. Решение системы уравнений графическим способом

Задание: Решить систему уравнений графическим способом в MS Excel систему уравнений:

$$\begin{cases} y = 2 \cdot |x - 2| \end{cases}$$

#### 2. Решение системы уравнений с помощью надстройки «Поиск решения»

Задание: Решить систему уравнения, воспользовавшись командой «Поиск решения»:

$$\begin{cases} 3x - y^2 = 3 \end{cases}$$

#### 3. Генерация случайных чисел и их сортировка

Задание: Сгенерировать выборку 20 случайных целых чисел (диапазон от -10 до 10) и отсортировать по убыванию в MS Excel.

### Лабораторная работа №2. Использование систем компьютерной алгебры на примере Mathcad (часть 1).

**Цель работы:** Получение навыков решения расчетно-оформительских задач в вычислительной среде Mathcad.

#### Задачи:

##### 1. Расчет значений функции и представление результатов в виде вектор-строки и вектор-столбца

Задание: Даны функции:

$$1) \quad y = \frac{e}{dx} \sin(x) \quad ;$$

$$2) \quad z = 0,01x^3$$

1. Ввести блоки текста как заглавие задачи и шаги ее исполнения.
2. Задать функции 1) и 2) как функции пользователя.
3. Ввести диапазон аргумента и шаг как отдельные переменные.
4. Вычислить вектор-строку значений функции 1) в заданном интервале и с заданным шагом.
5. Вычислить вектор-столбец значений функции 2) в заданном интервале и с заданным шагом.

##### 2. Построение двумерных графиков функции в декартовых координатах

Задание: Даны функции:

$$1) \quad y = \frac{e}{dx} \sin(x) \quad ;$$

$$2) \quad z = 0,01x^3$$

1. Вывести графики двух функций одновременно на одном поле в декартовых координатах.
2. Настроить отображение маркеров и стиля линий для каждой функции.
3. Изучить прочие возможности по оформлению графика 2D функций.

##### 3. Задание функции двух переменных и матриц

Задание: Дана функция:

$$y = \begin{pmatrix} \sin(x) \\ \cos(t) \end{pmatrix}$$

1. Ввести блоки текста, как заглавие задачи и шаги ее исполнения.
2. Задать функцию, как функцию пользователя.
3. Ввести диапазоны изменения аргументов как матрицу 2x2 (аргументы – в колонках, границы диапазонов – в строках матрицы).

#### 4. Нахождение частных производных и их значений

Задание: Дана функция:  
 $y = \left( \frac{\sin(x)}{x} \right) \cos(t)$

1. Ввести блоки текста как заглавие задачи и шаги ее исполнения.
2. Определить две новые функции – как частные производные от данной по каждому из аргументов.
3. Вычислить значения частных производных в углах диапазона - сформировать четыре вектор-строки по два значения в каждом.

#### 5. Построение трехмерного графика функции двух переменных

Задание: Дана функция:  
 $y = \left( \frac{\sin(x)}{x} \right) \cos(t)$

1. Ввести блоки текста, как заглавие задачи и шаги ее исполнения.
2. Вывести контурный график функции (изолиниями).
3. Вывести сетчатый график функции (с заливкой).
4. Изучить прочие возможности по оформлению графика 3D функции.

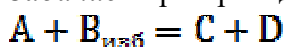
### Лабораторная работа №3. Использование систем компьютерной алгебры на примере Mathcad (часть 2).

**Цель работы:** Получение навыков решения расчетно-оформительских задач в вычислительной среде Mathcad.

**Задачи:**

#### 1. Определение порядка химической реакции с использованием MathCAD

**Задание:** При проведении некоторой реакции:



замерялась концентрация компонента А. Были получены следующие данные:

Время, мин	0	3	5	7	10	15	25
C <sub>A</sub> , ммоль/л	10	7,40	6,34	5,50	4,64	3,63	2,54

Необходимо, используя MathCAD, определить порядок реакции.

Для этого нужно:

- 1) вычислить скорость реакции в каждый из моментов времени, воспользовавшись соотношением:

$$w_t = - \frac{\Delta C}{\Delta t} = \frac{C_{t-1} - C_t}{t - t_{-1}}$$

- 2) построить график зависимости  $\ln w$  от  $\ln C_A$  (где  $C_A$  есть среднее между соседними отсчетами), и функцией *slope* вычислить тангенс угла наклона этого графика (что является порядком реакции).

- 3) функцией *expfit()* вычислить коэффициенты a, b, c экспоненциальной регрессии вида  $f(x) = a \cdot e^{bx} + c$ , наилучшим образом приближающей экспериментальные данные.

- 4) построить на одном поле график зависимости  $C_A$  от  $t$ , и график функции регрессии  $f(x)$ .

#### 2. Решение системы линейных уравнений с помощью встроенной функции и матричного метода

**Задание:** Решить систему уравнений двумя способами (встроенной функцией и с использованием матричного метода):

$$\begin{cases} 4x - y + 2 = 18 \\ -2x + 5y = 10 \end{cases}$$

Вычислить интеграл и проверить результат дифференцированием. Постараться добиться полного совпадения подынтегрального выражения с результатом дифференцирования.

$$\int_0^1 x^2 + 6x + 7$$

### 3. Определение детерминанта матрицы

Задание:

$$R = \begin{bmatrix} 7 & 21 & 48 \\ 3 & 9 & 36 \\ 2 & 12 & 24 \end{bmatrix}$$

Найти детерминант матрицы

- 1) привести заданную матрицу R к ступенчатому виду методом Гаусса;
- 2) транспонировать и найти ранг транспонированной матрицы.

### 4. Нахождение экстремума функции

Задание: Найти экстремумы функции:  $z = 4x^2 - 6xy - 34x + 5y^2 + 42y + 7$ .

## Лабораторная работа №4. Использование пакета прикладных программ MATLAB для решения математических и общинженерных задач.

**Цель работы:** Изучение интерфейса и основных принципов ведения вычислений в среде MatLAB. Решение вычислительных задач в среде MatLAB.

Отработка навыков решения расчетно-оформительских задач в среде MatLAB.

**Задачи:**

#### 1. Работа с переменными и массивами

Задание:

1. Определить переменную M как массив 3x4 элементов

$$M = \begin{bmatrix} -47 & 17 & -32 \\ -35 & -15 & 1 \\ 18 & -50 & -30 \\ -37 & 35 & 0 \end{bmatrix}$$

2. Извлечь вторую строку в отдельный массив, присвоив его в новую переменную.
3. Вычислить максимальное значение и его порядковый номер в новом массиве.
4. Извлечь третий столбец исходного массива в отдельную переменную.
5. Вычислить треть суммы элементов этого массива, присвоить в переменную k.
6. Подсчитать количество элементов в M, больших по абсолютному значению чем k.

#### 2. Работа с функцией в \*.m-файлах

Задание: Дана функция:

$$y = \begin{cases} \sqrt{1 + |x|}, & x \leq 0 \\ \frac{1 + 3x}{\sqrt[3]{1 + x + 2}}, & x > 0 \end{cases}$$

1. Создать \*.m-файл с определением функции по своему варианту.
2. Вычислить минимальные и максимальные значения функции на интервале  $[-5 \ 5]$ .
3. Построить график функции на этом интервале.
4. Нанести подписи осей графика и заголовок всего графика на изображение.

#### 3. Работа с данными из внешних файлов

Задание: Дана функция:

$$y = \begin{cases} \sqrt{1 + |x|}, & x \leq 0 \\ \frac{1 + 3x}{\sqrt[3]{1 + x + 2}}, & x > 0 \end{cases}$$

1. Протабулировать (вычислить значения функции в точках) функцию на интервале  $[-15, 15]$  с шагом 0,01.
2. Не выводя результаты на экран, записать данные в текстовый файл с тремя колонками: №,  $x$ ,  $f(x)$ . Где № – номер точки по счету (всего должно получиться 3000 строк).
3. Считать получившийся файл в новую переменную как массив символов.

#### 4. Решение системы линейных алгебраических уравнений

Задание: Дана система линейных уравнений:

$$\begin{cases} 6 \cdot x + 2 \cdot y - 9 \cdot z = 9 \\ -5 \cdot x + 8 \cdot y - z = 18 \end{cases}$$

1. Решить систему линейных алгебраических уравнений.
2. На одном графике изобразить все три плоскости в окрестностях точки пересечения.

#### 5. Реализация метода наименьших квадратов в MATLAB

Задание:

- Подобрать коэффициенты полиномов  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$  и  $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$  методом наименьших квадратов (МНК) с помощью функции *polyfit* ( $x, y, k$ ), где  $x$  – массив абсцисс экспериментальных точек,  $y$  – массив ординат (табл. 1),  $k$  – степень полинома.
- Затем вычислить значение полинома на всем интервале (максимум  $y$ ) с использованием функции *polyval* ( $kf, t$ ), где  $kf$  – массив коэффициентов полинома,  $t$  – точка, в которой необходимо вычислить значение (или момент времени для реального случая).
- Построить графики подобранных зависимостей (в одном окне) и подписать оси и легенду.
- Обозначить на графиках экспериментальные точки.

Таблица 1

#### Исходные данные

X (время замера)					Y (эксперимент)				
1	23	4	5		49	56	51	68	53
6	7	8	9	10	68	43	55	47	56
11	12	13	14	15	56	28	37	36	54
16	17	18	19	20	65	47	58	55	39

#### 6. Определение кислотности раствора в MATLAB

Задание: Определить кислотность раствора

$$[HA]_0 = \frac{[H^+] - K_w}{K_a} + [H^+] - \frac{K_w}{[H^+]},$$

где  $[H^+]$  – концентрация ионов водорода. Значение  $pH$  – это отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода:  $pH = -\log([H^+])$ .

Написать функцию для нахождения  $pH$ , если известно:

$[HA]_0$ , моль <sup>-1</sup>	$K_a$	$K_w$
0,17	$3,145 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-15}$

**Лабораторная работа №5. Язык программирования R-Language для решения математических задач**

**Цель работы:** Используя визуальную среду для языка R, решить расчетно-графические задачи.

**Задачи:**

**1. Работа с матрицами в визуальной среде для языка R. Сортировка массива**

**Задание:** Сгенерируйте матрицу A (5x5), состоящую из случайных элементов отрезка [-10, 10]. Сгенерируйте матрицу B (5x5), все элементы диагонали которой – единицы. Получите матрицу C умножением матрицы A на B и отсортировав результат по возрастанию. Найдите детерминант и ранг матрицы C.

**2. Решение системы уравнений методом Гаусса**

**Задание:** Решите систему уравнений методом Гаусса:

$$\begin{cases} x + y - z = 2 \\ 2x - y + 4z = 1 \\ -x + 6y + z = 5 \end{cases}$$

**3. Нахождение экстремумов функции**

**Задание:** Найдите все экстремумы функции при помощи оболочки для языка R:  
 $y = x \cdot \sin(x) + \cos(x) - \frac{x^2}{4}$ , на отрезке [-10,10].

**4. Построение графика функции**

**Задание:** Постройте график функции  $y=ax^2+bx+c$ , где:

a	b	c	X ∈
-4	36	75	[-2,10 ]

**5. Решение системы нелинейных уравнений**

**Задание:** Решите графически систему нелинейных уравнений:

$$\begin{cases} 2 \sin(x-1) + y = 1 \end{cases}$$

**6. Вычисление определенного интеграла**

**Задание:** С использованием графической оболочки для языка R, вычислите определенный

интеграл)  
 $\int_1^{10} \frac{1}{5+e^x} dx;$

**7. Работа с условными операторами**

**Задание:** Создайте условие на основе результатов предыдущего задания, в котором при  $x > y$  и  $x < z$  ( $y=0, z=10$ ) –  $x$  будет округляться до десятых и добавляться в конец вектора, сгенерированного из 10 случайных чисел от 0 до 10.

**8. Работа с индексированными матрицами**

**Задание:** Создайте матрицу A размерностью 4x4, элементы которой – числа по возрастанию от 1 до 16. Найдите сумму элементов по строкам и столбцам и занесите эти результаты в одну индексированную матрицу (индексами сделать буквы алфавита).

**9. Экспорт данных из визуальной среды для языка R**

**Задание:** Полученную в предыдущем задании индексированную матрицу экспортируйте в документ формата .csv.

**10. Решение системы нелинейных уравнений с использованием языка R**

**Задание:** Найдите численное решение системы нелинейных уравнений с использованием

языка R.  
 $\begin{cases} 2 \sin(x-1) + y = 1 \end{cases}$



## 8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачета с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40. 1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2– 20 баллов, вопрос 3 – 10 баллов.

1. Понятие математической модели и алгоритма, их классификация и характеристики, понятие вычислительной сложности (классы сложности, асимптотическая сложность).
2. Компьютерные формы представления действительных чисел – с фиксированной точкой, с плавающей точкой. Проблема потери точности из-за округления.
3. Компьютерные типы данных, атомарные и структурные типы данных, компьютерные формы представления целых чисел со знаком и без знака разного размера.
4. Структуры данных. Определение, назначение.
5. Массивы. Классификация массивов.
6. Основные отличия стека от очереди.
7. Деревья (структуры данных). Определение, виды, характеристики.
8. Алгоритмы. Основные требования, предъявляемые к алгоритмам.
9. Асимптотическая сложность алгоритма. Понятие.
10. Способы представления алгоритмов.
11. Классификация моделирующих программных средств и средств автоматизации инженерных расчетов.
12. Программные средства для работы с электронными документами.
13. Классификация систем электронного документооборота. Примеры программного обеспечения.
14. Системы автоматизированного проектирования. Определение, классификация.
15. Системы автоматизированного проектирования. Определение, подходы к проектированию на основе компьютерных технологий.
16. Системы моделирования и инженерных расчетов, применяемые в химической и нефтегазовой отраслях.
17. Современные тенденции в решении вычислительных задач. Перечислить, дать определения.
18. Облачные вычисления. Понятие, история, ключевые факторы и технические предпосылки развития.
19. Облачные вычисления. Понятие, достоинства и недостатки.
20. Распределённые вычислительные сети. Понятие, инструменты для высокопроизводительных вычислений и построения кластерных систем.
21. Веб-интерфейс. Понятие, варианты реализации, примеры систем.
22. Программные средства компьютерной алгебры: основные функциональные возможности, коммерческие и свободно распространяемые.
23. Программные средства компьютерной алгебры: достоинства и недостатки, сферы применения.
24. Программные средства компьютерной алгебры: преимущества и недостатки свободно распространяемых программных средств.
25. Пакет инженерных расчётов MATLAB – обзор основных математических возможностей (операторов, встроенных групп функций, toolboxes).
26. Пакет инженерных расчётов MATLAB – назначение, структура, основные функциональные возможности, преимущества и недостатки в сравнении с другими математическими пакетами.
27. m-язык управления и программирования в MATLAB, синтаксис, операторы, функции, управляющие конструкции в примерах.
28. Система компьютерной алгебры Mathcad – обзор основных математических возможностей (операторов, встроенных групп функций) в примерах.
29. Система компьютерной алгебры Mathcad – назначение, структура, основные функциональные возможности, преимущества и недостатки в сравнении с другими

математическими пакетами.

30. Обзор возможностей символьного вычислителя Mathcad в примерах.
31. Состав палитры Mathcad «Графики». Чем задается полярный график функции в Mathcad?
32. Подсистемы, которые можно условно выделить в ядре Mathcad.
33. Суть функций root, Find и MinErr в среде Mathcad.
34. Состав палитры MathCad «Матрицы». Индексирование элементов матриц.
35. Система компьютерной алгебры Mathcad – основные команды символьной математики.
36. Пакет прикладных программ GNU Octave. Основные сходства и различия с пакетом прикладных программ и языком программирования MATLAB.
37. Пакет прикладных программ Mathematica. Назначение, основные функциональные возможности.
38. Пакет прикладных программ Maple. Назначение, основные функциональные возможности.
39. Язык программирования R – обзор основных математических возможностей в примерах, особенности применения и интерфейса. Преимущества и недостатки.
40. Язык программирования R – основные функции для работы с матрицами.
41. Язык программирования R – функции ввода и вывода.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

### 8.3. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по дисциплине «**Универсальные программные средства решения математических задач**» проводится в 5 семестре и включает контрольные вопросы по разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачета с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 10 баллов, второй – 20 баллов, третий – 10 баллов.

Пример билета для *зачета с оценкой*.

<p>«<u>Утверждаю</u>»  <u>Зав. каф. КХТП</u>          (Должность, название кафедры)  <hr/> <u>Глебов М.Б.</u>          (Подпись) (И. О. Фамилия)  <hr/>         «__» _____ 201__ г.</p>	<p>Министерство науки и высшего образования Российской Федерации</p> <hr/> <p>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</p> <p>Кафедра кибернетики химико-технологических процессов 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</p> <p>Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»</p> <p>Дисциплина «Универсальные программные средства решения математических задач»</p> <p><b>БИЛЕТ №1</b></p>
<p>1. Пакет инженерных расчётов MATLAB – основные математические возможности (операторы, встроенные группы функций, toolboxes)</p> <p>2. MATLAB. Найти решение СЛАУ – вектор <math>x</math>. Показать, что решение верно. Определить между какими двумя столбцами матрицы <math>M</math> коэффициент линейной корреляции Пирсона максимален по абсолютной величине, и чему он равен.</p> $M = \begin{pmatrix} -1 & 5 & 2 & 5 & 1 \\ -7 & -1 & 0 & 5 & -7 \\ 0 & 4 & -7 & -7 & 4 \\ -1 & 9 & -7 & 6 & -6 \\ 6 & -7 & 5 & -4 & 4 \end{pmatrix} \quad b := M \cdot x \quad b = \begin{pmatrix} 70 \\ -58 \\ -36 \\ -6 \\ 27 \end{pmatrix}$ <p>3. Язык R. Найти все экстремумы нелинейной функции одного аргумента на заданном диапазоне, построить график этой функции, нанести точки найденных экстремумов и обозначить на графике линию нуля.</p> $y(x) = \frac{\cos^2(3x)}{\cos(2x)+1}, \quad x = [0,5]$	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А) Основная литература:

1. Горанский, А. В. Программные средства решения математических задач [Текст] : лабораторный практикум : учебное пособие / А. В. Горанский. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. - 72 с.
2. Охорзин, В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD : учебное пособие /

В. А. Охорзин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-0814-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167771> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Буховец, А. Г. Алгоритмы вычислительной статистики в системе R : учебное пособие / А. Г. Буховец, П. В. Москалев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 160 с. — ISBN 978-5-8114-1802-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168872> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Гордиенко, М. Г. Основы работы и программирования в среде MATLAB [Текст] : учебное пособие / М. Г. Гордиенко. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. - 78 с.

#### **Б) Дополнительная литература:**

1. Кирсанов, М. Н. Maple и MapleT. Решения задач механики : учебное пособие / М. Н. Кирсанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1271-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3181> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Практическое руководство по решению некоторых задач с использованием MICROSOFT EXCEL: учебное пособие/ Л. И. Артемьева и др.; ред.: Т. Н. Гартман. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2006. – 68 с.

3. Дударов, С. П. Использование численных методов в табличном процессоре Microsoft Excel [Текст] : лабораторный практикум : Учебное пособие / С. П. Дударов. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 115 с.

4. Обработка результатов исследований с применением многофункционального табличного редактора [Текст] : методические указания / сост. Э. А. Шакина. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. - 60 с.

5. Воскобойников, Ю. Е. Основы вычислений и программирования в пакете MathCAD PRIME : учебное пособие / Ю. Е. Воскобойников, А. Ф. Задорожный. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-2052-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108305> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Нарышкин, Д. Г. Расчетные задачи химической кинетики. Возможности математического пакета MATHCAD [Текст] : учебное пособие / Д. Г. Нарышкин. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. - 195 с.

7. Моделирование систем автоматического управления с использованием программной среды MATLAB/Simulink. Лабораторный практикум: учеб. пособие / П. Г. Михайлова, А. Ф. Егоров. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016. – 76 с.

8. Гордиенко, М. Г. Теория информации [Текст] : лабораторный практикум : Учебное пособие / М. Г. Гордиенко. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. - 46 с.

## **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

### ***Научно-технические журналы:***

– Программные продукты и системы. ISSN печатной версии: 0236-235X; ISSN онлайн-версии: 2311-2735.

– Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии. ISSN онлайн-версии: 1726-3522.

– Программные системы и вычислительные методы. ISSN онлайн-версии: 2454-0714.

– Кибернетика и программирование. ISSN онлайн-версии: 2306-4196.

– Программирование. ISSN печатной версии: 0132-3474.

– Программная инженерия. ISSN печатной версии: 2220-3397.

– Современные информационные технологии и ИТ-образование. ISSN печатной версии:2411-1473.

**Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:**

1. Центр Инженерных Технологий и Моделирования. Экспонента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://exponenta.ru/> (дата обращения: 22.04.2022).
2. WOLFRAM MATHEMATICA // Wolfram [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wolfram.com/mathematica/> (дата обращения: 22.04.2022).
3. Maple // Crystal Office Systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.crystaloffice.com/maple/> (дата обращения: 22.04.2022).
4. The R Project for Statistical Computing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.r-project.org/> (дата обращения: 22.04.2022).
5. Rstudio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rstudio.com/> (дата обращения: 22.04.2022).
6. PTC Mathcad // PTC Inc. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mathcad.com/en> (дата обращения: 22.04.2022).
7. GNU Octave [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gnu.org/software/octave/> (дата обращения: 22.04.2022).

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

– электронные конспекты лекций, презентации, материалы для выполнения лабораторных работ (цель и задачи, варианты заданий, требования к отчетам) в соответствии с программой дисциплины.

– методические рекомендации для выполнения лабораторных работ, варианты заданий для выполнения лабораторных работ, список рекомендуемой литературы; дополнительные источники информации; глоссарий основных понятий, определений.

Указанные информационно-образовательные ресурсы размещены на выделенном сервере кафедры КХТП в Междисциплинарной автоматизированной системе обучения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cis.muotr.ru/alk> (дата обращения: 20.04.2022) (доступны из локальной сети кафедры КХТП).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн с использованием LMS Moodle, включая обмен сообщениями, новостной форум и др., и платформы проведения видеоконференций Pruffme.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 г. 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета,

которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «» проводятся в форме лекций, практических, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе**

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеется 2 компьютерных класса с 17 компьютерами (2 для работы преподавателей, 15 для работы студентов) и 1 выделенный сервер. Все компьютеры имеют доступ к сети Интернет.

Для проведения практических занятий по дисциплине имеются: многофункциональная лаборатория, оборудованная мультимедийным оборудованием, имеющая 10 персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Интернет, и одно многофункциональное устройство; компьютерный класс, оборудованный 9 компьютерами, объединенными в локальную сеть с выходом в Интернет, и одним принтером.

Кафедра обладает стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5.

Для реализации информационно-образовательных ресурсов дисциплин вариативной части программы на выделенном сервере кафедры КХТП под управлением Microsoft Windows Server Standart 2008 развернуты веб-сервер Apache 2.2.17, Hypertext Preprocessor (php) 5.3.18, система управления базами данных (СУБД) MySQL 5, система дистанционного обучения (СДО) Moodle 2.6.1. Для доступа к Moodle используется веб-браузер Google Chrome или Mozilla FireFox.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия**

Слайды презентаций для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

На кафедре КХТП для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5.

При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях или при проведении лабораторных работ на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы.**

Электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов;

специализированное программное обеспечение.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на образовательном сайте междисциплинарной АСО <http://cis.muotr.ru/alk/>, разработанном на кафедре компьютерно-интегрированных систем в химической технологии с 2014 по 2021 г., поддерживаемом в настоящее время, сотрудниками кафедры КХТП и доступном из локальной сети кафедры.

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

При выполнении лабораторного практикума по дисциплине используется программное обеспечение:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	PTC Mathcad Express	Доступна на сайте разработчика по ссылке <a href="https://www.ptc.com/ru/products/mathcad-express-free-download">https://www.ptc.com/ru/products/mathcad-express-free-download</a>	-	30-дневная полнофункциональная версия. По истечении 30 дней автоматически – неограниченный срок доступа к PTC Mathcad Express, облегченной версии PTC Mathcad Prime
2.	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3.	Неисключительная лицензия на использование O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word Excel PowerPoint Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	5 лицензий для профессорско-преподавательского состава ВУЗа. Соглашение Microsoft OVS-ES № V6775907	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
4.	Неисключительная лицензия на использование O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	25 лицензий для студентов ВУЗа. Соглашение Microsoft OVS-ES № V6775907	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию)

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии (продукта)
	Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word Excel PowerPoint Microsoft Teams			

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Введение в теорию алгоритмов и структур данных	<p><b>Знает</b> классификацию, структуру, функциональные и математические возможности существующих универсальных программных средств решения математических задач.</p> <p><b>Умеет</b> выбирать пакет прикладных программ для решения конкретных вычислительных задач.</p> <p><b>Владеет</b> навыками решения прикладных, учебных, инженерных, научных задач с использованием современной компьютерной техники и программных средств.</p>	Оценка на зачете с оценкой
Раздел 2. Общие сведения о программном обеспечении (ПО) для решения математических задач	<p><b>Знает</b> классификацию, структуру, функциональные и математические возможности существующих универсальных программных средств решения математических задач.</p> <p><b>Умеет</b> выбирать пакет прикладных программ для решения конкретных вычислительных задач.</p> <p><b>Владеет</b> навыками решения прикладных, учебных, инженерных, научных задач с использованием современной компьютерной техники и программных средств.</p>	Оценка на зачете с оценкой Оценка за лабораторную работу № 1
Раздел 3. Система компьютерной алгебры Mathcad	<p><b>Знает</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификацию, структуру, функциональные и математические возможности существующих универсальных программных средств решения математических задач;</li> <li>- методики выполнения обработки, визуализации данных, проведения численных и символьных вычислений с использованием современных программных средств;</li> <li>- языки программирования (управления вычислениями), применяемые в современных программных средствах решения ма-</li> </ul>	Оценка за лабораторные работы № 2,3 Оценка на зачете с оценкой



Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>тематических задач.</p> <p><b>Умеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать пакет прикладных программ для решения конкретных вычислительных задач;</li> <li>- использовать универсальные программные средства для решения математических задач.</li> </ul> <p><b>Владеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками решения прикладных, учебных, инженерных, научных задач с использованием современной компьютерной техники и программных средств;</li> <li>- навыками использования современных прикладных программных средств для математических вычислений;</li> <li>- навыками документирования расчетов, проведенных с использованием современных программных средств.</li> </ul>	
<p>Раздел 4. Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и MATLAB (Matrix Laboratory)</p>	<p><b>Знает</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификацию, структуру, функциональные и математические возможности существующих универсальных программных средств решения математических задач;</li> <li>- методики выполнения обработки, визуализации данных, проведения численных и символьных вычислений с использованием современных программных средств;</li> <li>- языки программирования (управления вычислениями), применяемые в современных программных средствах решения математических задач.</li> </ul> <p><b>Умеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать пакет прикладных программ для решения конкретных вычислительных задач;</li> <li>- использовать универсальные программные средства для решения математических задач.</li> </ul> <p><b>Владеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками решения прикладных, учебных, инженерных, научных задач с использованием современной компьютерной техники и программных средств;</li> <li>- навыками использования современных прикладных программных средств для математических вычислений;</li> <li>- навыками документирования расчетов, проведенных с использованием современных программных средств</li> </ul>	<p>Оценка за лабораторную работу № 4</p> <p>Оценка на зачете с оценкой</p>
<p>Раздел 5. Использование альтернативных</p>	<p><b>Знает</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификацию, структуру, функциональные и математические воз-</li> </ul>	<p>Оценка за лабораторную работу № 5</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
программных средств для математических вычислений	<p>возможности существующих универсальных программных средств решения математических задач;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методики выполнения обработки, визуализации данных, проведения численных и символьных вычислений с использованием современных программных средств;</li> <li>- языки программирования (управления вычислениями), применяемые в современных программных средствах решения математических задач.</li> </ul> <p><b>Умеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать пакет прикладных программ для решения конкретных вычислительных задач;</li> <li>- использовать универсальные программные средства для решения математических задач.</li> </ul> <p><b>Владеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками решения прикладных, учебных, инженерных, научных задач с использованием современной компьютерной техники и программных средств;</li> <li>- навыками использования современных прикладных программных средств для математических вычислений;</li> <li>- навыками документирования расчетов, проведенных с использованием современных программных средств.</li> </ul>	Оценка на зачете с оценкой

### 13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_, протокол № \_\_, введенным в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_ № \_\_;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РПД**  
**по дисциплине «Универсальные программные средства решения**  
**математических задач»**  
**основной образовательной программы высшего образования – программы**  
**бакалавриата**  
**по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в**  
**химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»**  
**Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»**  
**Квалификация – бакалавр**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

«25» мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Численные методы решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов»**

**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки – "Основные процессы химических производств и химическая кибернетика"**

**Квалификация – «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022**

Программа составлена к.т.н., доцентом, доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов А.С. Скичко.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «26» апреля 2022 г., протокол № 7.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика», рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И.Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Численные методы решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана и является дисциплиной по выбору. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, вычислительной математики, информатики, процессов и аппаратов химической технологии.

**Цель дисциплины** – изучить теоретические основы и сформировать у студентов навыки численного решения дифференциальных уравнений, на основе которых строятся математические модели процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

### **Задачи дисциплины:**

- изучение типов основных дифференциальных уравнений, входящих в математические модели химико-технологических процессов (ХТП);
- изучение численных методов решения дифференциальных уравнений;
- формирование понимания основных принципов работы численных методов;
- формирование навыков разработки расчётных модулей для численного решения различных дифференциальных уравнений;
- выработка навыков оценки точности решения, полученного с помощью численных методов.

Дисциплина «Численные методы решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов» преподаётся в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведётся по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **профессиональных компетенций и индикаторов их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки
			ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция
			ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).

<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий</p>	<p>ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки</p> <p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы.  А/01.5. Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований (уровень квалификации – 5).  А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>
--	---	---	---	---



В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению;
- основные положения теории разностных схем;
- правила составления различных разностных схем.

*Уметь:*

- правильно выбирать метод численного решения для заданной системы дифференциальных уравнений;
- записывать заданную разностную схему для заданного дифференциального уравнения;
- выполнять преобразования, необходимые для решения разностных схем;
- разрабатывать расчётные модули для решения разностных схем;
- оценивать точность полученных результатов.

*Владеть:*

- методами и практическими навыками численного решения уравнений математических моделей ХТП;
- практическими навыками разработки модулей для решения сложных расчётных задач.

### 3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Контактная самостоятельная работа	1,78	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		63,6	47,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачёт с оценкой</b>		

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	ПЗ	ЛЗ	СР
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Постановка задачи численного решения уравнений математических моделей ХТП</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
1.1	Классификация дифференциальных уравнений. Начальные и граничные условия	3	0,5	0,5	1	1
1.2	Приведение уравнений математических моделей ХТП к безразмерному виду	3	0,5	0,5	–	2
1.3	Разработка тестовых задач для численного решения уравнений математических моделей ХТП	5	1	1	1	2
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Численное решение уравнения модели идеального вытеснения</b>	<b>46</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>19</b>

2.1	Аппроксимация уравнения модели идеального вытеснения	7	2	1	–	4
2.2	Устойчивость разностных схем	8	3	1	–	4
2.3	Разностные схемы «явный уголок» и «неявный уголок»	12,5	2	0,5	6	4
2.4	Разностные схемы «подкова», «z-схема» и «кабаре»	12,5	2	0,5	6	4
2.5	Метод тестовых задач и оценка точности численного решения реальной модели ХТП	6	1	–	2	3
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Численное решение уравнения диффузионной модели</b>	<b>40</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
3.1	Аппроксимация уравнения диффузионной модели	5,5	2	0,5	–	3
3.2	Явная разностная схема	7,5	2	0,5	2	3
3.3	Неявная разностная схема	12,5	4	0,5	4	4
3.4	Разностная схема Кранка–Николсона	8,5	2	0,5	4	2
3.5	Численное решение уравнения диффузионной модели для проточного трубчатого реактора	6	2	1	–	3
<b>4.</b>	<b>Раздел 4. Численные методы решения многомерных дифференциальных уравнений в частных производных</b>	<b>25</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>–</b>	<b>14</b>
4.1	Решение многомерных дифференциальных уравнений параболического типа	12	3	2	–	7
4.2	Решение многомерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка	6	2	1	–	3
4.3	Решение многомерных дифференциальных задач, описывающих процессы диффузии и теплопроводности	7	1	2	–	4
<b>5.</b>	<b>Раздел 5. Численные методы решения математических моделей, описывающих стационарные режимы</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>11</b>
5.1	Решение одномерных стационарных задач	16	1	2	6	7
5.2	Решение многомерных стационарных задач	6	1	1	–	4
	<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>64</b>

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

**Введение.** Предмет и методы дисциплины. Цели и задачи дисциплины. Структура дисциплины и правила рейтинговой системы.

**Раздел 1. Постановка задачи численного решения уравнений математических моделей ХТП.**

1.1. Классификация дифференциальных уравнений. Начальные и граничные условия.

Классификация дифференциальных уравнений математических моделей ХТП. Понятие начальных и граничных условий. Необходимость задания начальных и граничных условий. Виды граничных условий. Конкретные примеры уравнений математических моделей ХТП с позиции их классификации.

1.2. Приведение уравнений математических моделей ХТП к безразмерному виду.

Необходимость приведения дифференциальной задачи к безразмерному виду. Методика приведения к безразмерному виду уравнений математических моделей ХТП на конкретных примерах.

1.3. Разработка тестовых задач для численного решения уравнений математических моделей ХТП.

Понятие тестовой задачи. Цели использования тестовой задачи. Методика составления тестовой задачи. Методика оценки точности численного решения тестовой задачи.

## **Раздел 2. Численное решение уравнения модели идеального вытеснения**

### **2.1. Аппроксимация уравнения модели идеального вытеснения.**

Методика преобразования дифференциальной задачи в разностную. Виды разностной аппроксимации производной 1-го порядка. Понятия порядка аппроксимации и ошибки аппроксимации. Методика оценки ошибки аппроксимации производной 1-го порядка. Понятия разностной сетки, разностной схемы и разностного шаблона. Явные и неявные разностные схемы. Методика определения порядка аппроксимации разностной схемы. Разностная аппроксимация начальных и граничных условий.

### **2.2. Устойчивость разностных схем.**

Понятие устойчивости разностных схем. Методика анализа устойчивости разностных схем (метод гармоник). Анализ устойчивости явных и неявных разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка (уравнения модели идеального вытеснения). Правило выбора конечной разности для аппроксимации производной по координате в зависимости от знака коэффициента при этой производной. Принцип замороженных коэффициентов для уравнений с непостоянными коэффициентами при производных.

### **2.3. Разностные схемы «явный уголок» и «неявный уголок».**

Методика записи схем. Характеристики схем. Методика численного решения схем. Методика построения расчётных модулей в EXCEL для реализации численного решения схем. Блок-схемы для программной реализации численного решения схем. Демонстрация и анализ причин накопления расчётной ошибки в схеме «явный уголок». Методика оценки точности численного решения, полученного с помощью устойчивой схемы.

### **2.4. Разностные схемы «подкова», «z-схема» и «кабаре».**

Методика записи схем. Характеристики и особенности схем. Методика численного решения схем. Методика построения расчётных модулей в EXCEL для реализации численного решения схем. Блок-схемы для программной реализации численного решения схем. Анализ причин ситуаций, в которых схема «подкова» не позволяет получить более точного решения по сравнению со схемой «неявный уголок». Анализ причин ситуаций, в которых схема «z-схема» не позволяет получить более точного решения по сравнению со схемой «подкова».

### **2.5. Метод тестовых задач и оценка точности численного решения реальной модели ХТП.**

Примеры составления тестовых задач. Методика оценки точности численного решения тестовой задачи. Методика выявления факторов, влияющих на точность численного решения тестовой задачи. Влияние наличия информации об истинном решении дифференциального уравнения на интерпретацию результатов численного решения, полученных с помощью различных разностных схем. Методика выбора оптимальной схемы для численного решения модели идеального вытеснения, описывающей реальный химико-технологический процесс.

## **Раздел 3. Численное решение уравнения диффузионной модели.**

### **3.1. Аппроксимация уравнения диффузионной модели.**

Разностная аппроксимация производной 2-го порядка. Оценка ошибки аппроксимации производной 2-го порядка. Разностные схемы, аппроксимирующие одномерные дифференциальные уравнения параболического типа (уравнения диффузионной модели).

### **3.2. Явная разностная схема.**

Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного решения схемы. Демонстрация влияния выбора шага по времени на накопление расчётной ошибки в данной разностной схеме.

### **3.3. Неявная разностная схема.**

Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Метод прогонки (метод численного решения неявной разностной схемы). Математические преобразования, необходимые для решения неявной схемы методом прогонки. Условие сходимости прогонки. Методика определения начальных прогоночных коэффициентов в зависимости от типа граничных условий. Алгоритм решения метода прогонки. Блок-схема для

программной реализации метода прогонки. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для численного решения неявной схемы методом прогонки.

#### 3.4. Разностная схема Кранка–Николсона.

Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Численное решение схемы Кранка–Николсона методом прогонки. Анализ причин ситуаций, в которых схема Кранка–Николсона не позволяет получить более точного решения по сравнению с неявной схемой.

3.5. Численное решение уравнения диффузионной модели для проточного трубчатого реактора.

Влияние наличия производной 1-го порядка по координате на методику записи и характеристики разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения параболического типа. Разностные схемы с аппроксимацией первой производной по координате центральной конечной разностью (характеристика схем, изменение вида прогоночных коэффициентов и доказательство выполнения условия сходимости прогонки для неявной схемы).

### **Раздел 4. Численные методы решения многомерных дифференциальных уравнений в частных производных.**

#### 4.1. Решение многомерных дифференциальных уравнений параболического типа.

Примеры химико-технологических процессов, описываемых многомерными дифференциальными уравнениями. Разностная сетка для двумерных и трёхмерных задач. Явная разностная схема: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения. Неявная разностная схема: методика записи, характеристики, доказательство невозможности численного решения без дополнительных преобразований. Метод дробных шагов для численного решения неявной схемы. Разностные схемы, основанные на методе дробных шагов: схема расщепления и схема предиктор-корректор (методика записи, характеристики, блок-схемы для программной реализации численного решения).

4.2. Решение многомерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка.

Явные разностные схемы, исследование их устойчивости и методика решения. Неявные разностные схемы, основанные на методе дробных шагов: схема расщепления и схема предиктор-корректор (методика записи, характеристики, блок-схемы для программной реализации численного решения).

4.3. Решение многомерных дифференциальных задач, описывающих процессы диффузии и теплопроводности.

Решение многомерных дифференциальных уравнений параболического типа, содержащих первые производные по координатам. Составление разностных схем на основе метода дробных шагов для многомерных дифференциальных уравнений, содержащих определённый набор производных 1-го и 2-го порядка по координатам  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ; выбор граничных условий, необходимых для численного решения таких уравнений. Построение алгоритмов для решения многомерных задач диффузии и теплопроводности с учётом конвективных явлений.

### **Раздел 5. Численные методы решения математических моделей, описывающих стационарные режимы.**

#### 5.1. Решение одномерных стационарных задач.

Анализ возможности использования метода прогонки для решения разностных схем, аппроксимирующих обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ) 2-го порядка. Метод установления – преобразование стационарной задачи в нестационарную. Оценка целесообразности использования разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения параболического типа, совместно с методом установления. Методика оценки момента окончания расчётов. Методика построения расчётного модуля в EXCEL и блок-схема для программной реализации метода установления совместно с неявной разностной схемой.

#### 5.2. Решение многомерных стационарных задач.

Использование метода установления для решения дифференциальных уравнений эллиптического типа совместно с явной разностной схемой, схемой расщепления, схемой

предиктор-корректор. Построение алгоритмов для решения задач расчёта стационарных концентрационных и тепловых профилей в проточных трубчатых реакторах.

### 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Разделы					
		1	2	3	4	5	
<b>Знать:</b>							
1	основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению	+	+	+	+	+	
2	основные положения теории разностных схем		+	+	+		
3	правила составления различных разностных схем		+	+	+	+	
<b>Уметь:</b>							
4	правильно выбирать метод численного решения для заданной системы дифференциальных уравнений		+	+	+	+	
5	записывать заданную разностную схему для заданного дифференциального уравнения		+	+	+	+	
6	выполнять преобразования, необходимые для решения разностных схем		+	+	+	+	
7	разрабатывать расчётные модули для решения разностных схем		+	+		+	
8	оценивать точность полученных результатов		+	+		+	
<b>Владеть:</b>							
9	методами и практическими навыками численного решения уравнений математических моделей ХТП		+	+	+	+	
10	практическими навыками разработки модулей для решения сложных расчётных задач		+	+		+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:							
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>					
11	ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей	+				
		ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов		+	+	+	+
		ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов		+	+		+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Разделы					
		1	2	3	4	5	
12	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий	ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов		+	+		+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1 – 1.3	Постановка задачи численного решения уравнений математических моделей ХТП.	2
2	2.1	Виды разностной аппроксимации производной 1-го порядка. Методика определения порядка аппроксимации конечных разностей. Явные и неявные разностные схемы. Порядок аппроксимации разностной схемы. Разностная аппроксимация граничных условий.	1
3	2.2	Спектральный метод исследования устойчивости разностных схем.	1
4	2.3, 2.4	Методика записи разностных схем, аппроксимирующих уравнение модели идеального вытеснения, и преобразования, необходимые для их численного решения.	1
5	3.1 – 3.4	Разностная аппроксимация производной 2-го порядка. Разностные схемы, аппроксимирующие уравнение диффузионной модели, и исследование их устойчивости.	1
6	3.3, 3.4	Метод прогонки.	1
7	3.5	Численное решение уравнения диффузионной модели для проточного трубчатого реактора.	1
8	4.1	Решение многомерных дифференциальных уравнений параболического типа.	2
9	4.2	Решение многомерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка.	1
10	4.3	Решение многомерных дифференциальных задач, описывающих процессы диффузии и теплопроводности.	2
11	5.1	Решение одномерных стационарных задач.	2
12	5.2	Решение многомерных стационарных задач.	1

### 6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Численные методы решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов», а также дает знания и способствует выработке навыков разработки модулей для решения сложных расчётных задач.

Темы лабораторных работ и разделы, которые они охватывают:

№	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных занятий	Часы
1	1.1, 1.3	Общие представления о построении расчётных модулей в EXCEL для численного решения дифференциальных уравнений: задание осей переменных, задание начальных и граничных условий, выделение расчётной области, методика набора расчётных формул в EXCEL, методика расчёта погрешности численного решения тестовой задачи.	2
2	2.3 – 2.5	Численное решение уравнения модели идеального вытеснения с помощью различных разностных схем: построение расчётных модулей в EXCEL; оценка точности полученных численных решений; сравнение результатов, полученных с помощью различных разностных схем и различных значений шагов разбиения по переменным; выявление факторов, влияющих на точность численного решения.	14
3	3.2 – 3.4	Численное решение уравнения диффузионной модели с помощью различных разностных схем: построение расчётных модулей в EXCEL; оценка точности полученных численных решений; сравнение результатов, полученных с помощью различных разностных схем и различных значений $\Delta t$ ; выявление факторов, влияющих на точность численного решения конкретной дифференциальной задачи.	10
4	3.5, 5.1	Численное решение одномерного стационарного диффузионного процесса: преобразование стационарной задачи в нестационарную, построение расчётных модулей в EXCEL с учётом оценки точности установления стационарного состояния; оценка точности полученных численных решений; сравнение результатов, полученных с помощью различных разностных схем.	6

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- подготовку к лабораторным занятиям посредством вывода тестовых уравнений согласно индивидуальному заданию и разработки заготовок в EXCEL для последующей реализации численных методов;
- составление отчётов по лабораторным работам, включающих необходимый теоретический материал, методику построения расчётных модулей, результаты численного расчёта (в виде таблиц с погрешностями) и их анализ;
- подготовку к защите отчётов по лабораторным работам;
- подготовку к контрольным работам;
- подготовку к сдаче зачёта с оценкой.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение 2 контрольных работ (максимальная оценка – 15 баллов: 7 баллов за контрольную работу № 1 и 8 баллов за контрольную работу № 2), 3 циклов лабораторных работ (максимальная оценка – 27 баллов: 12 баллов за 1-й цикл, 9 баллов – за 2-й цикл и 6 баллов – за 3-й цикл), за составление и защиту отчётов по циклам лабораторных работ (максимальная оценка – 18 баллов: по 6 баллов за выполнение и защиту каждого отчёта) и итогового контроля в форме зачёта с оценкой (максимальная оценка – 40 баллов).

### 8.1. Темы и примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины

Контрольные работы выполняются в часы, выделенные учебным планом на практические занятия. Для текущего контроля предусмотрено **2 контрольные работы**.

#### Контрольная работа № 1

Тема: «**Постановка задачи численного решения уравнений математических моделей ХТП**».

Контрольная работа № 1 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 1. Максимальная оценка – **7 баллов**.

Контрольная работа № 1 состоит из **3 заданий**. Задание № 1 оценивается **3 баллами**, задание № 2 – **2 баллами**, задание № 3 – **2 баллами**.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 1 – не более 1 акад. часа.

#### **Пример варианта контрольной работы № 1 (7 баллов)**

**Задание 1** (3 балла). Для тестовой функции (ТФ):

$$u = t e^x$$

вывести дифференциальное уравнение в частных производных 2-го порядка параболического типа, истинным решением которого является заданная ТФ. Объяснить, на основе каких критериев полученное дифференциальное уравнение относится к требуемому типу.

**Задание 2** (2 балла). Для полученного в задании 1 дифференциального уравнения составить необходимый набор начальных и граничных условий на основе заданной ТФ.

**Задание 3** (2 балла). Привести уравнение математической модели ХТП

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - k c$$

к безразмерному виду и определить недостающие характерные величины процесса, если известно:  $c_0 = 35$  г/л,  $t_k = 20$  ч,  $L_x = 8$  м,  $L_y = 4$  м. Обозначения:  $c$  – концентрация химического реагента в аппарате;  $t$  – время;  $x$  – координата по длине аппарата;  $y$  – координата по ширине аппарата;  $k$  – константа химической реакции;  $D_x$  – коэффициент диффузии в направлении оси  $x$ ;  $D_y$  – коэффициент диффузии в направлении оси  $y$ ;  $c_0$  – начальная концентрация химического реагента в аппарате;  $t_k$  – время протекания процесса;  $L_x$  – длина аппарата;  $L_y$  – ширина аппарата.

#### Контрольная работа № 2

Тема: «**Численные методы решения многомерных дифференциальных уравнений в частных производных**».

Контрольная работа № 2 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 4. Максимальная оценка – **8 баллов**.



Контрольная работа № 2 состоит из **2 заданий**, каждое из которых оценивается **4 баллами**.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 2 – не более 2 акад. часов.

### Шаблон контрольной работы № 2 (8 баллов)

В отличие от традиционного представления контрольной работы, когда в каждом варианте полностью прописаны все задания, в данной контрольной работе задаются только шаблоны формул, а конкретные задания студенты должны сформировать самостоятельно согласно выбранным предварительно вариантам. Целью такого подхода является существенное увеличение количества вариантов и практически полное исключение их повторяемости.

**Шаблон задания 1** (4 балла). Для заданного шаблона двумерного дифференциального уравнения параболического типа:

$$= \sigma_1 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \sigma_2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + f \quad \left\{ \begin{array}{l} u(t, x=0, y) = \psi_1(t, y) \\ u(t, x=1, y) = \varphi_2(t, y) \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} u(t, x, y=1) = \psi_2(t, x) \\ u(t=0, x, y) = \xi(x, y) \end{array} \right.$$

сформировать индивидуальное задание, подставив коэффициенты  $V_1, V_2, \sigma_1, \sigma_2$  и функцию  $f$  согласно выбранным предварительно вариантам. Для полученного уравнения выбрать необходимые начальные и граничные условия и записать требуемую разностную схему (схему расщепления или предиктор-корректор) согласно выбранному варианту. Указать порядок аппроксимации схемы. Для каждой подсхемы определить метод решения и записать рекуррентное соотношение.

**Шаблон задания 2** (4 балла). Для заданного шаблона трёхмерного дифференциального уравнения параболического типа:

$$= \sigma_1 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \sigma_2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \sigma_3 \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad \left\{ \begin{array}{l} u(t, x=1, y, z) = yz \\ u(t, x, y=0, z) = 0 \\ u(t, x, y=1, z) = xz \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} u(t, x, y, z=1) = xy \\ u(t=0, x, y, z) = 0 \end{array} \right.$$

сформировать индивидуальное задание, подставив коэффициенты  $V_1, V_2, V_3, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  согласно выбранному варианту. Для полученного уравнения выбрать необходимые начальные и граничные условия и записать разностную схему, отличную от схемы в задании 1 (если в задании 1 требовалось записать схему расщепления, то в задании 2 требуется записать схему предиктор-корректор и наоборот). Указать порядок аппроксимации схемы. Для каждой подсхемы определить метод решения и записать рекуррентное соотношение.

## 8.2. Темы и примеры заданий для лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины

Лабораторные работы по дисциплине выполняются в компьютерном классе. Предусмотрено **10 заданий** для лабораторных работ, первое из которых является ознакомительным с базовыми возможностями EXCEL, требуемыми для реализации численных методов в рамках материала дисциплины, а остальные 9 заданий объединены тематически в **3 основных цикла лабораторных работ**.

По результатам выполнения каждого из 3 циклов лабораторных работ составляется отчёт, написание которого предусмотрено в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Также в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу, предусмотрены следующие виды работ, непосредственно связанных с выполнением лабораторных работ в компьютерном классе:

- подготовка к лабораторным занятиям посредством вывода тестовых уравнений согласно индивидуальному заданию и разработка заготовок в EXCEL для последующей реализации численных методов;
  - доработка расчётных модулей, построенных во время лабораторных занятий в компьютерном классе;
  - выполнение работы по исправлению ошибок в расчётных модулях, построенных во время лабораторных занятий в компьютерном классе.
- Защита отчётов по лабораторным работам предусмотрена во время аудиторных занятий.

### **Ознакомительная лабораторная работа (задание 1)**

Тема: «**Общие представления о построении расчётных модулей в EXCEL для численного решения дифференциальных уравнений**».

Ознакомительная лабораторная работа подразумевает, что вся группа студентов выполняет одно тренировочное задание под руководством преподавателя, целью которого является научить студентов грамотно распланировать рабочий лист EXCEL для разработки расчётного модуля в рамках материала дисциплины.

Выполнение ознакомительной лабораторной работы подразумевает следующую последовательность действий:

- правильное расположение на рабочем листе EXCEL осей переменных  $x$  и  $t$  с заданным шагом по каждой из них,
- заполнение ячеек, предназначенных для начальных и граничных условий,
- заполнение расчётной области,
- создание таблицы с истинными значениями тестовой функции,
- расчёт таблицы погрешностей численного решения тестовой задачи и расчёт усреднённой погрешности для численного метода.

Ознакомительная лабораторная работа необходима для последующего выполнения расчётных заданий, **в баллах не оценивается** и в суммарном рейтинге по дисциплине не учитывается.

### **Цикл лабораторных работ № 1 (задания 2–5)**

Тема: «**Численное решение уравнения модели идеального вытеснения с помощью различных разностных схем**».

Цикл лабораторных работ № 1 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по разделу № 2. Максимальная оценка за выполнение – **12 баллов**.

Цикл лабораторных работ № 1 состоит из **4 заданий**, выполнение каждого из которых оценивается **3 баллами**.

### **Шаблон цикла лабораторных работ № 1 (12 баллов)**

В отличие от традиционного представления заданий для лабораторных работ, когда в каждом варианте полностью прописаны все исходные данные, в данном случае задаются только шаблоны формул, а конкретные задания студенты должны сформировать самостоятельно согласно выбранным предварительно вариантам. Целью такого подхода является существенное увеличение количества вариантов и практически полное исключение их повторяемости.

Шаблон дифференциального уравнения модели идеального вытеснения:

$$k_1 \frac{\partial u}{\partial t} + k_2 \frac{\partial u}{\partial x} = \varphi(t, x)$$

Интервалы задания переменных:

$$x \in [0, 1], \quad t \in [0, 1].$$

Общий вид начальных и граничных условий:

$$u(t = 0, x) = \xi(x), \quad u(t, x = 0) = \psi_1(t), \quad u(t, x = 1) = \psi_2(t).$$

Значения шагов разбиения по переменным для выполнения расчётов:

- а)  $\Delta t = 0.1, h = 0.1$ ; б)  $\Delta t = 0.01, h = 0.1$ ;
- в)  $\Delta t = 0.1, h = 0.01$ ; г)  $\Delta t = 0.01, h = 0.01$ .

Для формирования окончательного вида уравнения и начальных и граничных условий необходимо согласно выбранным предварительно вариантам значений коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  и функции  $u(t, x)$  определить функции  $\varphi(t, x)$ ,  $\xi(x)$  и  $\psi_1(t)$  либо  $\psi_2(t)$  (в зависимости от знака  $k_2$ ).

Выполнить расчёты полученного уравнения с помощью:

**Задание 2** (3 балла). Разностной схемы «явный уголок»;

**Задание 3** (3 балла). Разностной схемы «неявный уголок»;

**Задание 4** (3 балла). Разностной схемы «подкова»;

**Задание 5** (3 балла). Разностной схемы «z-схема».

Для каждого задания определить суммарную абсолютную погрешность по формуле:

### Цикл лабораторных работ № 2 (задания 6–8)

Тема: «Численное решение уравнения диффузионной модели с помощью различных разностных схем».

Цикл лабораторных работ № 2 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по разделу № 3. Максимальная оценка за выполнение – **9 баллов**.

Цикл лабораторных работ № 2 состоит из **3 заданий**, выполнение каждого из которых оценивается **3 баллами**.

#### **Шаблон цикла лабораторных работ № 2 (9 баллов)**

В отличие от традиционного представления заданий для лабораторных работ, когда в каждом варианте полностью прописаны все исходные данные, в данном случае задаются только шаблоны формул, а конкретные задания студенты должны сформировать самостоятельно согласно выбранным предварительно вариантам. Целью такого подхода является существенное увеличение количества вариантов и практически полное исключение их повторяемости.

Шаблон дифференциального уравнения диффузионной модели:

$$k_1 \frac{\partial u}{\partial t} = k_2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \varphi(t, x)$$

Интервалы задания переменных:

$$x \in [0, 1], \quad t \in [0, 1].$$

Общий вид начальных и граничных условий:

$$u(t = 0, x) = \xi(x), \quad u(t, x = 0) = \psi_1(t), \quad u(t, x = 1) = \psi_2(t).$$

Значения шагов разбиения по переменным для выполнения расчётов:

$$\text{а) } \Delta t = 0.1, h = 0.1; \quad \text{б) } \Delta t = 0.001, h = 0.1.$$

Для формирования окончательного вида уравнения и начальных и граничных условий необходимо согласно выбранным предварительно вариантам значений коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  и функции  $u(t, x)$  определить функции  $\varphi(t, x)$ ,  $\xi(x)$ ,  $\psi_1(t)$ ,  $\psi_2(t)$ .

Выполнить расчёты полученного уравнения с помощью:

**Задание 6** (3 балла). Явной разностной схемы;

**Задание 7** (3 балла). Неявной разностной схемы;

**Задание 8** (3 балла). Разностной схемы Кранка–Николсона.

Для каждого задания определить суммарную абсолютную погрешность по формуле:

### Цикл лабораторных работ № 3 (задания 9,10)

Тема: «Численное решение одномерного стационарного диффузионного процесса».

Цикл лабораторных работ № 3 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по разделам № 3 и 5. Максимальная оценка за выполнение – **6 баллов**.

Цикл лабораторных работ № 3 состоит из **2 заданий**, выполнение каждого из которых оценивается **3 баллами**.

### Шаблон цикла лабораторных работ № 3 (6 баллов)

В отличие от традиционного представления заданий для лабораторных работ, когда в каждом варианте полностью прописаны все исходные данные, в данном случае задаются только шаблоны формул, а конкретные задания студенты должны сформировать самостоятельно согласно выбранным предварительно вариантам. Целью такого подхода является существенное увеличение количества вариантов и практически полное исключение их повторяемости.

Шаблон дифференциального уравнения, описывающего одномерный стационарный диффузионный процесс:

$$v \frac{du}{dx} + \sigma \frac{d^2 u}{dx^2} + \varphi(x) = 0$$

Интервал задания переменной:

$$x \in [0, 1].$$

Общий вид граничных условий:

$$u(x=0) = \psi_1, \quad u(x=1) = \psi_2.$$

Значения шагов разбиения по переменным для выполнения расчётов:

$$\Delta t = 0.1, \quad h = 0.1.$$

Для формирования окончательного вида уравнения и граничных условий необходимо согласно выбранным предварительно вариантам значений коэффициентов  $v$  и  $\sigma$  и функции  $u(x)$  определить функцию  $\varphi(x)$  и константы  $\psi_1$  и  $\psi_2$ .

Используя метод установления, преобразовать полученное ОДУ в уравнение параболического типа (соблюдая при этом правила группировки производных). Для полученного уравнения задать начальное условие.

Выполнить расчёты полученного уравнения с помощью:

**Задание 9** (3 балла). Неявной разностной схемы с аппроксимацией  $du/dx$  левой или правой конечной разностью (выбор согласно соответствующему правилу);

**Задание 10** (3 балла). Неявной разностной схемы с аппроксимацией  $du/dx$  центральной конечной разностью.

Установление стационарного состояния (окончание расчётов по временным итерациям) отслеживать по формуле:

$$\sqrt{h \sum_j (u_j^{n+1} - u_j^n)^2} \leq \varepsilon.$$

Порядок  $\varepsilon$  выбрать самостоятельно в интервале  $[-4, -7]$ .

Для каждого задания определить суммарную абсолютную погрешность по формуле:

### 8.3. Составление отчётов по лабораторным работам для текущего контроля освоения дисциплины

По результатам выполнения каждого из 3 циклов лабораторных работ составляется отчёт, написание которого предусмотрено в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Защита отчётов по лабораторным работам предусмотрена во время аудиторных занятий.

Составление отчётов по лабораторным работам предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу соответствующих разделов. Максимальная оценка за выполнение и защиту каждого отчёта – **6 баллов** (за 3 отчёта – **18 баллов**).

## Примерный план отчёта по циклу лабораторных работ № 1 (6 баллов)

Тема: «Численное решение уравнения модели идеального вытеснения с помощью различных разностных схем».

Составление отчёта по циклу лабораторных работ № 1 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу раздела № 2. Максимальная оценка за выполнение и защиту – **6 баллов**.

1. Формирование индивидуального варианта задания: вывод дифференциального уравнения и получение начального и граничного условий согласно выбранным предварительно вариантам значений коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  и функции  $u(t, x)$ .

2. Теоретический материал к **заданию 2**: расчёт с помощью разностной схемы «явный уголок»:

- 2.1) записать разностную схему «явный уголок»,
- 2.2) определить порядок аппроксимации схемы,
- 2.3) провести исследование устойчивости схемы,
- 2.4) кратко описать методику решения схемы,
- 2.5) вывести расчётную формулу,
- 2.6) привести результаты расчётов в виде таблицы со значениями  $\delta$ ,
- 2.7) провести сравнение и анализ полученных результатов – описать, как влияют значения  $\Delta t$  и  $h$  и тип устойчивости схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо сходства результатов, полученных с использованием разных значений  $\Delta t$  и  $h$ .

3. Теоретический материал к **заданию 3**: расчёт с помощью разностной схемы «неявный уголок»:

- 3.1) записать разностную схему «неявный уголок»,
- 3.2) определить порядок аппроксимации схемы,
- 3.3) провести исследование устойчивости схемы,
- 3.4) кратко описать методику решения схемы,
- 3.5) вывести расчётную формулу,
- 3.6) привести результаты расчётов в виде таблицы со значениями  $\delta$ ,
- 3.7) провести сравнение и анализ полученных результатов – описать, как влияют значения  $\Delta t$  и  $h$  и тип устойчивости схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо сходства результатов, полученных с использованием разных значений  $\Delta t$  и  $h$ .

4. Теоретический материал к **заданию 4**: расчёт с помощью разностной схемы «подкова»:

- 4.1) записать разностную схему «подкова»,
- 4.2) указать порядок аппроксимации схемы,
- 4.3) указать тип устойчивости схемы,
- 4.4) кратко описать методику решения схемы,
- 4.5) вывести расчётную формулу,
- 4.6) привести результаты расчётов в виде таблицы со значениями  $\delta$ ,
- 4.7) провести сравнение и анализ полученных результатов – описать, как влияют значения  $\Delta t$  и  $h$  и тип устойчивости схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо сходства результатов, полученных с использованием разных значений  $\Delta t$  и  $h$ .

5. Теоретический материал к **заданию 5**: расчёт с помощью разностной схемы «z-схема»:

- 5.1) записать разностную схему «z-схема»,
- 5.2) указать порядок аппроксимации и тип устойчивости схемы,
- 5.3) кратко описать методику решения схемы и возникающие при этом сложности,
- 5.4) вывести основную расчётную формулу,
- 5.5) записать разностную схему «подкова» для определения значений на заданной границе и вывести расчётную формулу,

- 5.6) привести результаты расчётов в виде таблицы со значениями  $\delta$ ,
- 5.7) провести сравнение и анализ полученных результатов – описать, как влияют значения  $\Delta t$  и  $h$ , а также использование для определения значений на незаданной границе схемы «подкова» на точность расчётов, и указать причины различия либо схождения результатов, полученных с использованием разных значений  $\Delta t$  и  $h$ .

6. Провести сравнение и анализ результатов, полученных с использованием разных схем при одинаковых значениях  $\Delta t$  и  $h$ : описать, как влияет выбор схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо схождения результатов, полученных с использованием разных схем. Выбрать оптимальный метод численного решения данной дифференциальной задачи, позволяющий добиться наиболее точных результатов при наименьших затратах на организацию и выполнение расчётов.

### **Примерный план отчёта по циклу лабораторных работ № 2 (6 баллов)**

Тема: «**Численное решение уравнения диффузионной модели с помощью различных разностных схем**».

Составление отчёта по циклу лабораторных работ № 2 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу раздела № 3. Максимальная оценка за выполнение и защиту – **6 баллов**.

1. Формирование индивидуального варианта задания: вывод дифференциального уравнения и получение начального и граничных условий согласно выбранным предварительно вариантам значений коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  и функции  $u(t, x)$ .

2. Теоретический материал к **заданию 6**: расчёт с помощью явной разностной схемы:

- 2.1) записать явную разностную схему,
- 2.2) определить порядок аппроксимации схемы,
- 2.3) провести исследование устойчивости схемы,
- 2.4) кратко описать методику решения схемы,
- 2.5) вывести расчётную формулу,
- 2.6) привести результаты расчётов в виде таблицы со значениями  $\delta$ ,
- 2.7) провести сравнение и анализ полученных результатов – описать, как влияют значение  $\Delta t$  и тип устойчивости схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо схождения результатов, полученных с использованием разных значений  $\Delta t$ .

3. Теоретический материал к **заданию 7**: расчёт с помощью неявной разностной схемы:

- 3.1) записать неявную разностную схему,
- 3.2) определить порядок аппроксимации схемы,
- 3.3) провести исследование устойчивости схемы,
- 3.4) кратко описать методику решения схемы,
- 3.5) вывести прогоночные коэффициенты,
- 3.6) проверить сходимость прогонки,
- 3.7) привести результаты расчётов в виде таблицы со значениями  $\delta$ ,
- 3.8) провести сравнение и анализ полученных результатов – описать, как влияют значение  $\Delta t$  и тип устойчивости схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо схождения результатов, полученных с использованием разных значений  $\Delta t$ .

4. Теоретический материал к **заданию 8**: расчёт с помощью разностной схемы Кранка–Николсона:

- 4.1) записать разностную схему Кранка–Николсона,
- 4.2) определить порядок аппроксимации схемы,
- 4.3) провести исследование устойчивости схемы,
- 4.4) кратко описать методику решения схемы,
- 4.5) вывести прогоночные коэффициенты,
- 4.6) проверить сходимость прогонки,
- 4.7) привести результаты расчётов в виде таблицы со значениями  $\delta$ ,

4.8) провести сравнение и анализ полученных результатов – описать, как влияют значение  $\Delta t$  и тип устойчивости схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо схождения результатов, полученных с использованием разных значений  $\Delta t$ .

5. Провести сравнение и анализ результатов, полученных с использованием разных схем при одинаковых значениях  $\Delta t$ : описать, как влияет выбор схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо схождения результатов, полученных с использованием разных схем. Выбрать оптимальный метод численного решения данной дифференциальной задачи, позволяющий добиться наиболее точных результатов при наименьших затратах на организацию и выполнение расчётов.

### **Примерный план отчёта по циклу лабораторных работ № 3 (6 баллов)**

Тема: «Численное решение одномерного стационарного диффузионного процесса».

Составление отчёта по циклу лабораторных работ № 3 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу разделов № 3 и 5. Максимальная оценка за выполнение и защиту – **6 баллов**.

1. Формирование индивидуального варианта задания: вывод дифференциального уравнения и получение граничных условий согласно выбранным предварительно вариантам значений коэффициентов  $\nu$  и  $\sigma$  и функции  $u(x)$ .

2. Доказательство невозможности численного решения полученного уравнения с помощью метода прогонки напрямую.

3. Преобразование с помощью метода установления ОДУ в уравнение параболического типа; запись начального условия и порядка  $\epsilon$  (точности установления стационарного состояния), заданных самостоятельно при выполнении лабораторной работы.

4. Теоретический материал к **заданию 9**: расчёт с помощью неявной разностной схемы с аппроксимацией  $du/dx$  левой или правой конечной разностью:

4.1) записать требуемую разностную схему (выбор конечной разности для аппроксимации  $du/dx$  обосновать с помощью соответствующего правила),

4.2) определить порядок аппроксимации схемы,

4.3) провести исследование устойчивости схемы,

4.4) кратко описать методику решения схемы,

4.5) вывести прогоночные коэффициенты,

4.6) проверить сходимость прогонки,

4.7) привести результаты расчётов в виде значения  $\delta$ ,

5. Теоретический материал к **заданию 10**: расчёт с помощью неявной разностной схемы с аппроксимацией  $du/dx$  центральной конечной разностью:

5.1) записать требуемую разностную схему,

5.2) определить порядок аппроксимации схемы,

5.3) провести исследование устойчивости схемы,

5.4) кратко описать методику решения схемы,

5.5) вывести прогоночные коэффициенты,

5.6) проверить сходимость прогонки (допускается использование численных значений прогоночных коэффициентов, полученных при выполнении лабораторной работы),

5.7) привести результаты расчётов в виде значения  $\delta$ ,

6. Провести сравнение и анализ результатов, полученных с использованием разных схем: описать, как влияет выбор схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо схождения результатов, полученных с использованием разных схем. Также сравнить число итераций, требуемых каждой из схем для установления стационарного состояния (при выбранном начальном условии и  $\epsilon$ ).

#### 8.4. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачёт с оценкой, 6 семестр)

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – 40 баллов. Билет содержит один теоретический вопрос и одну расчётную задачу, для численной реализации которой требуется EXCEL. Таким образом, для проведения зачёта необходимо наличие компьютерного класса с предустановленным программным обеспечением. Максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов.

Примеры теоретических вопросов:

1. Классификация дифференциальных уравнений математических моделей ХТП. Понятие начальных и граничных условий. Необходимость задания начальных и граничных условий. Виды граничных условий.
2. Классификация дифференциальных уравнений математических моделей ХТП. Конкретные примеры уравнений математических моделей ХТП с позиции их классификации и краткая характеристика методов их численного решения.
3. Методика приведения к безразмерному виду уравнений математических моделей ХТП.
4. Разработка тестовых задач для численного решения уравнений математических моделей ХТП. Методика оценки точности численного решения тестовой задачи. Методика выявления факторов, влияющих на точность численного решения тестовой задачи.
5. Виды разностной аппроксимации производной 1-го порядка. Понятия порядка аппроксимации и ошибки аппроксимации. Методика оценки ошибки аппроксимации производной 1-го порядка.
6. Понятия разностной сетки, разностной схемы и разностного шаблона. Явные и неявные разностные схемы. Методика определения порядка аппроксимации разностной схемы. Разностная аппроксимация начальных и граничных условий.
7. Понятие устойчивости разностных схем. Методика анализа устойчивости разностных схем (метод гармоник). Анализ устойчивости явных и неявных разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка. Правило выбора конечной разности для аппроксимации производной по координате.
8. Разностная схема «явный уголок». Методика записи схемы. Характеристики схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного решения схемы.
9. Разностная схема «неявный уголок». Методика записи схемы. Характеристики схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного решения схемы.
10. Разностная схема «подкова». Методика записи схемы. Характеристики схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного решения схемы. Анализ причин ситуаций, в которых схема «подкова» не позволяет получить более точного решения по сравнению со схемой «неявный уголок».
11. Разностная схема «z-схема». Методика записи схемы. Характеристики и особенности схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного решения схемы. Анализ причин ситуаций, в которых схема «z-схема» не позволяет получить более точного решения по сравнению со схемой «подкова».
12. Разностная схема «кабаре». Методика записи схемы. Характеристики и особенности схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного решения схемы. Анализ причин накопления расчётной ошибки в схеме.



13. Метод тестовых задач и оценка точности численного решения реальной модели ХТП. Влияние наличия информации об истинном решении дифференциального уравнения на интерпретацию результатов численного решения, полученных с помощью различных разностных схем. Методика выбора оптимальной схемы для численного решения модели идеального вытеснения.
14. Разностная аппроксимация производной 2-го порядка. Оценка ошибки аппроксимации производной 2-го порядка. Разностные схемы, аппроксимирующие одномерные дифференциальные уравнения параболического типа (уравнения диффузионной модели).
15. Явная разностная схема, аппроксимирующая одномерное дифференциальное уравнение параболического типа. Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного решения схемы.
16. Неявная разностная схема, аппроксимирующая одномерное дифференциальное уравнение параболического типа. Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Метод прогонки. Математические преобразования, необходимые для решения неявной схемы методом прогонки. Условие сходимости прогонки. Алгоритм решения метода прогонки.
17. Неявная разностная схема, аппроксимирующая одномерное дифференциальное уравнение параболического типа. Методика записи схемы. Характеристики схемы. Метод прогонки. Методика определения начальных прогоночных коэффициентов в зависимости от типа граничных условий. Алгоритм решения метода прогонки. Блок-схема для программной реализации метода прогонки.
18. Неявная разностная схема, аппроксимирующая одномерное дифференциальное уравнение параболического типа. Методика записи схемы. Характеристики схемы. Метод прогонки. Методика определения начальных прогоночных коэффициентов в зависимости от типа граничных условий. Алгоритм решения метода прогонки. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для численного решения неявной схемы методом прогонки.
19. Разностная схема Кранка–Николсона. Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Численное решение схемы Кранка–Николсона методом прогонки. Анализ причин ситуаций, в которых схема Кранка–Николсона не позволяет получить более точного решения по сравнению с неявной схемой.
20. Численное решение уравнения диффузионной модели для проточного трубчатого реактора. Влияние наличия производной 1-го порядка по координате на методику записи и характеристики разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения параболического типа.
21. Решение одномерных дифференциальных уравнений параболического типа, содержащих первую производную по координате, с помощью неявной разностной схемы с аппроксимацией первой производной по координате центральной конечной разностью. Характеристики схемы. Методика численного решения схемы. Исследование сходимости прогонки.
22. Примеры химико-технологических процессов, описываемых многомерными дифференциальными уравнениями. Разностная сетка для двумерных и трёхмерных дифференциальных уравнений параболического типа. Явная разностная схема: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
23. Метод дробных шагов для численного решения неявной разностной схемы, аппроксимирующей двумерное дифференциальное уравнение параболического типа. Схема расщепления: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
24. Метод дробных шагов для численного решения неявной разностной схемы, аппроксимирующей двумерное дифференциальное уравнение параболического типа. Схема предиктор-корректор: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.

25. Метод дробных шагов для численного решения неявной разностной схемы, аппроксимирующей трёхмерное дифференциальное уравнение параболического типа. Схема расщепления: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
26. Метод дробных шагов для численного решения неявной разностной схемы, аппроксимирующей трёхмерное дифференциальное уравнение параболического типа. Схема предиктор-корректор: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
27. Явные разностные схемы для численного решения двумерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка: методика записи, исследование устойчивости, блок-схема для программной реализации численного решения.
28. Явные разностные схемы для численного решения трёхмерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка: методика записи, исследование устойчивости, блок-схема для программной реализации численного решения.
29. Схема расщепления для численного решения двумерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
30. Схема расщепления для численного решения трёхмерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
31. Схема предиктор-корректор для численного решения двумерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
32. Схема предиктор-корректор для численного решения трёхмерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
33. Решение многомерных дифференциальных уравнений параболического типа, содержащих первые производные по координатам. Составление разностных схем на основе метода дробных шагов для многомерных дифференциальных уравнений, содержащих определённый набор производных 1-го и 2-го порядка по координатам  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ; выбор граничных условий, необходимых для численного решения таких уравнений. Привести примеры.
34. Анализ возможности использования метода прогонки для решения разностных схем, аппроксимирующих ОДУ 2-го порядка. Обоснование выбора метода решения в зависимости от типа свободного члена уравнения.
35. Метод установления для преобразования одномерной стационарной задачи в нестационарную. Оценка целесообразности использования разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения параболического типа, совместно с методом установления. Методика оценки момента окончания расчётов. Методика построения расчётного модуля в EXCEL и блок-схема для программной реализации метода установления совместно с неявной разностной схемой.
36. Использование метода установления для решения дифференциальных уравнений эллиптического типа совместно с явной разностной схемой. Методика оценки момента окончания расчётов. Блок-схема для программной реализации метода.
37. Использование метода установления для решения дифференциальных уравнений эллиптического типа совместно со схемой расщепления. Методика оценки момента окончания расчётов. Блок-схема для программной реализации метода.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

## 8.5. Структура и пример билета для зачёта с оценкой

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме зачёта с оценкой, который включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет содержит один теоретический контрольный вопрос (из списка п. 8.4) и одну расчётную задачу (по типу заданий для лабораторных работ), для численной реализации которой требуется EXCEL. Таким образом, для проведения зачёта необходимо наличие компьютерного класса с предустановленным программным обеспечением. Вопросы билета должны относиться к разным разделам дисциплины. Ответы на вопросы зачёта с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за каждый вопрос – 20 баллов.

Пример билета для зачёта с оценкой:

<i>"Утверждаю"</i>	Министерство науки и высшего образования РФ
<i>Зав. каф. КХТП</i>	Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева
<i>Глебов М.Б.</i>	Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
	18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
	технологии, нефтехимии и биотехнологии
«__» ____ 20__ г.	Профиль "Основные процессы химических производств и химическая кибернетика"

### ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

#### БИЛЕТ № 1

1. Классификация дифференциальных уравнений математических моделей ХТП. Понятие начальных и граничных условий. Необходимость задания начальных и граничных условий. Виды граничных условий (максимальная оценка – 20 баллов).

2. Для уравнения

$$2 \frac{\partial u}{\partial t} = 7 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{2x}{e^t}, \quad x \in [0, 1], \quad t \in [0, 1],$$

$$u(t=0, x) = x, \quad u(t, x=0) = 0, \quad u(t, x=1) = 1/e^t$$

записать неявную разностную схему; выполнить математические преобразования, необходимые для решения схемы методом прогонки; построить расчётный модуль в EXCEL при  $\Delta t = 0.01$  и  $h = 0.1$ ; выполнить оценку точности полученного решения, если истинное решение дифференциального уравнения описывается функцией  $u = x/e^t$  (максимальная оценка – 20 баллов).

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Кольцова Э.М., Скичко А.С., Женса А.В. Численные методы решения уравнений математической физики и химии: учебное пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2020. 220 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://urait.ru/book/chislennyye-metody-resheniya-uravneniy-matematicheskoy-fiziki-i-himii-454210> (дата обращения: 25.04.2022).

2. Скичко А.С., Кольцова Э.М. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016. 56 с.

Б) Дополнительная литература:

1. Кольцова Э.М., Скичко А.С., Женса А.В. Численные методы решения уравнений математической физики и химии. Сборник задач. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2008. 40 с.

2. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики : учебное пособие для студ. ун-тов. 4-е изд., испр. М.: Наука, 1972. 735 с.

### **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

- Журнал «Numerical Methods for Partial Differential Equations». ISSN: 0749-159X.
- Журнал «Calculus of Variations and Partial Differential Equations». ISSN: 0944-2669.
- Журнал «Успехи в химии и химической технологии». ISSN: 1506-2017.
- Журнал «Дифференциальные уравнения». ISSN: 0374-0641.
- Журнал «Вестник Тульского государственного университета. Серия: Дифференциальные уравнения и прикладные задачи». ISSN: 2410-8251.
- Журнал «Differential Equations». ISSN: 0012-2661.
- Журнал «Journal of Differential Equations». ISSN: 0022-0396.

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

– компьютерный класс на 14 посадочных мест с предустановленным программным обеспечением (Windows 7, Microsoft Office 2010) и возможностью подключения к сети Интернет;

- конспекты лекций в формате \*.pdf – 8;
- банк вариантов контрольной работы № 1 – 50;
- банк вариантов контрольной работы № 2 – 12500;
- банк вариантов циклов лабораторных работ и связанной с ними контролируемой самостоятельной работы (написание отчётов по циклам лабораторных работ) – 900;
- банк билетов для зачёта с оценкой – 50.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка заменяется следующим разделом:

– групповой чат в ЭИОС, индивидуальные чаты и тематическая группа в социальной сети <http://vk.com/>, групповые онлайн-конференции и индивидуальные онлайн-собеседования в Discord.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине.

Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ составляет на 01.01.2022 года 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе**

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Компьютерный класс, насчитывающий не менее 14 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel) и выходом в Интернет для проведения лабораторных занятий.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия**

Учебные пособия по дисциплине.

Электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Инструкции по формированию индивидуальных заданий лабораторных работ из шаблонов.

### **11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы**

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим и лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

### **11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения**

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	10	Бессрочно
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	10	Бессрочно

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p><b>Раздел 1.</b> Постановка задачи численного решения уравнений математических моделей ХТП.</p>	<p><b>Знает:</b> основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению.</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 1 (наивысший балл – 7). Оценка на зачёте.</p>
<p><b>Раздел 2.</b> Численное решение уравнения модели идеального вытеснения.</p>	<p><b>Знает:</b> основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению; основные положения теории разностных схем; правила составления различных разностных схем. <b>Умеет:</b> правильно выбирать метод численного решения для заданной системы дифференциальных уравнений; записывать заданную разностную схему для заданного дифференциального уравнения; выполнять преобразования, необходимые для решения разностных схем; разрабатывать расчётные модули для решения разностных схем; оценивать точность полученных результатов. <b>Владеет:</b> методами и практическими навыками численного решения уравнений математических моделей ХТП; практическими навыками разработки модулей для решения сложных расчётных задач.</p>	<p>Оценка за цикл лабораторных работ № 1 (наивысший балл – 12). Оценка за отчёт по циклу лабораторных работ № 1 (наивысший балл – 6). Оценка на зачёте.</p>
<p><b>Раздел 3.</b> Численное решение уравнения диффузионной модели.</p>	<p><b>Знает:</b> основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению; основные положения теории разностных схем; правила составления различных разностных схем. <b>Умеет:</b> правильно выбирать метод численного решения для заданной системы дифференциальных уравнений; записывать заданную разностную схему для заданного дифференциального уравнения; выполнять преобразования, необходимые для решения разностных схем; разрабатывать расчётные модули для решения разностных схем; оценивать точность полученных результатов. <b>Владеет:</b> методами и практическими навыками численного решения уравнений математических моделей ХТП; практическими навыками разработки модулей для решения сложных расчётных задач.</p>	<p>Оценка за цикл лабораторных работ № 2 (наивысший балл – 9). Оценка за отчёт по циклу лабораторных работ № 2 (наивысший балл – 6). Оценка на зачёте.</p>
<p><b>Раздел 4.</b> Численные методы решения многомерных дифференциальных уравнений в</p>	<p><b>Знает:</b> основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению; основные положения теории разностных схем; правила составления различных разностных схем. <b>Умеет:</b> правильно выбирать метод численного</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 2 (наивысший балл – 8). Оценка на зачёте.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
частных производных.	<p>решения для заданной системы дифференциальных уравнений; записывать заданную разностную схему для заданного дифференциального уравнения; выполнять преобразования, необходимые для решения разностных схем.</p> <p><b>Владеет:</b> методами и практическими навыками численного решения уравнений математических моделей ХТП.</p>	
<p><b>Раздел 5.</b> Численные методы решения математических моделей, описывающих стационарные режимы.</p>	<p><b>Знает:</b> основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению; правила составления различных разностных схем.</p> <p><b>Умеет:</b> правильно выбирать метод численного решения для заданной системы дифференциальных уравнений; записывать заданную разностную схему для заданного дифференциального уравнения; выполнять преобразования, необходимые для решения разностных схем; разрабатывать расчётные модули для решения разностных схем; оценивать точность полученных результатов.</p> <p><b>Владеет:</b> методами и практическими навыками численного решения уравнений математических моделей ХТП; практическими навыками разработки модулей для решения сложных расчётных задач.</p>	<p>Оценка за цикл лабораторных работ № 3 (наивысший балл – 6).</p> <p>Оценка за отчёт по циклу лабораторных работ № 3 (наивысший балл – 6).</p> <p>Оценка на зачёте.</p>

### 13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_, протокол № \_\_, введенным в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_ № \_\_;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

## ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РПД

### «Численные методы решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов»

#### основной образовательной программы

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»

Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
3		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

«25» мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Языки и среды программирования»**

**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в  
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии  
Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»  
Квалификация «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022**

Программа составлена д.т.н., профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов (КХТП) А.Ф. Егоровым и к.т.н., ассистентом кафедры КХТП А.М. Сверчковым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КХТП РХТУ им. Д.И. Менделеева «26» апреля 2022 г., протокол № 7.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии Ученого совета и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Языки и среды программирования» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору студента. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области таких дисциплин как «Основы информационных технологий», «Профильное программное обеспечение для решения задач профессиональной деятельности», «Вычислительная математика» и аналогичных дисциплинах других направлений подготовки бакалавров.

**Цель дисциплины** – получение студентами знаний о существующих интегрированных средах разработки программных приложений и навыков самостоятельной разработки программных продуктов с использованием этих сред.

**Задачи** изучения дисциплины «Языки и среды программирования» заключаются:

- в получении знаний и развитии навыков по программированию в интегрированных средах разработки приложений;
- в развитии ранее полученных навыков структурного программирования;
- в изучении основ объектно-ориентированного подхода к программированию.

Дисциплина «Языки и среды программирования» преподается в 5 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области	ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
	химического и химико-технологического производства).		ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных	ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
работ по разработке технологической документации	научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	компьютерных технологий		<p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/01.5. Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований (уровень квалификации – 5).</p> <p>А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>

В результате изучения дисциплины обучающийся по программе бакалавриата должен:

**Знать:**

- основные этапы эволюции языков программирования, тенденции развития современных языков и сред программирования;
- правила построения блок-схем алгоритмов в соответствии с действующими стандартами и нормативно-методическими документами;
- этапы жизненного цикла программного обеспечения.

**Уметь:**

- проектировать графический интерфейс пользователя программного приложения;
- оптимизировать программный код с целью эффективной организации программы.

**Владеть:**

- основными процедурами, функциями и операторами языка программирования интегрированной среды разработки приложений;
- навыками решения прикладных задач программирования с использованием интегрированных сред разработки приложений.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,3</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,4	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,7</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,7	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	44,85
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>зачёт</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Лаб. работы	Самостоятельная работа
	<b>Введение</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	–	–
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Общие сведения о языках и средах программирования и разработке программных приложений</b>	<b>21</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>16</b>
1.1	Эволюция языков и сред программирования	3	0.5	–	2.5
1.2	Алгоритмизация программ и процедур	3	0.5	–	2.5
1.3	Этапы жизненного цикла программного обеспечения	3	0.5	–	2.5
1.4	Проектирование интерфейса пользователя	7	1	2	4
1.5	Оптимизация программного кода	5	0.5	–	4.5
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Интегрированная среда разработки приложений</b>	<b>26</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>8</b>
2.1	Основные инструменты разработчика	5	1	2	2
2.2	Основные компоненты	8	2	4	2
2.3	Язык программирования среды	13	5	4	4
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Решение прикладных задач программирования</b>	<b>60</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>36</b>
3.1	Решение задач на закрепление навыков работы с основными компонентами	13	1	4	8
3.2	Решение задач на закрепление навыков работы с основными процедурами и функциями	13	1	4	8
3.3	Решение задач на закрепление навыков работы с файлами	11	1	4	6
3.4	Решение вычислительных задач	23	1	8	14
	<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>60</b>

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

#### **Введение.**

Цели и задачи дисциплины. Структура. Основные понятия и определения.

**Раздел 1. Общие сведения о языках и средах программирования и разработке программных приложений.**

**1.1. Эволюция языков и сред программирования.** Машинный язык, языки низкого и высокого уровней. Современные языки и среды программирования: языки для быстрой разработки приложений, языки и среды специального назначения.

**1.2. Алгоритмизация программ и процедур.** Принципы разработки алгоритмов программ и процедур. Правила оформления блок-схем алгоритмов на основе действующих стандартов и нормативно-методических документов.



**1.3. Этапы жизненного цикла программного обеспечения.** Циклы разработки, сопровождения и обновления программного обеспечения: этапы, проблемы и противоречия между разработчиком и пользователем программного обеспечения.

**1.4. Проектирование интерфейса пользователя.** Понятия графического и дружелюбного пользователю интерфейса. Основные элементы интерфейса. Стандарты интерфейса windows-приложений.

**1.5. Оптимизация программного кода.** Основные направления оптимизации программного кода. Проблемы скорости работы программы, компактности программного кода, функциональности и удобства для пользователя. Способы достижения оптимальности программного кода.

## **Раздел 2. Интегрированная среда разработки приложений.**

**2.1. Основные инструменты разработчика.** Палитра компонентов. Инспектор объектов. Проектировщик формы. Редактор программного кода.

**2.2. Основные компоненты.** Основные визуальные компоненты, их свойства и методы: формы, панели, разделители, подписи, поля редактирования (ввода), текстовые поля, выпадающие списки, опции и группы опций, кнопки, таблицы. Компонент для представления данных в графическом виде. Компоненты для работы с приложением и экраном. Невизуальные диалоговые компоненты.

**2.3. Язык программирования среды.** Описание переменных, массивов, записей, множеств, констант, меток. Базовые типы переменных. Объявление новых типов переменных. Глобальные и локальные переменные. Процедуры и функции, определяемые пользователем. Создание новых модулей процедур и функций. Операторы и команды управления ходом выполнения программы. Процедуры и функции для работы с массивами и текстовыми файлами. Математические процедуры и функции. Операции со строками. Взаимные преобразования строк и чисел. Использование диалоговых функций.

## **Раздел 3. Решение прикладных задач программирования.**

**3.1. Решение задач на закрепление навыков работы с основными компонентами.** Задачи на проектирование интерфейса. Изучение свойств и методов работы с компонентами.

**3.2. Решение задач на закрепление навыков работы с основными процедурами и функциями.** Задачи, требующие взаимного преобразования строковых и числовых переменных. Работа со статическими и динамическими массивами.

**3.3. Решение задач на закрепление навыков работы с файлами.** Чтение информации из файла и запись в файл. Сохранение и загрузка исходных данных в приложениях.

**3.4. Решение вычислительных задач.** Задачи, требующие выполнения матричных операций. Вычислительные процедуры и функции, определяемые пользователем. Представление результатов вычислений в форме таблиц, диаграмм и графиков.

## **5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>			
1	основные этапы эволюции языков программирования, тенденции развития современных языков и сред программирования;	+		

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
2	правила построения блок-схем алгоритмов в соответствии с действующими стандартами и нормативно-методическими документами;	+		
3	этапы жизненного цикла программного обеспечения;	+		
	<b>Уметь:</b>			
4	проектировать графический интерфейс пользователя программного приложения;	+	+	+
5	оптимизировать программный код с целью эффективной организации программы;	+		+
	<b>Владеть:</b>			
6	основными процедурами, функциями и операторами языка программирования интегрированной среды разработки приложений;		+	+
7	навыками решения прикладных задач программирования с использованием интегрированных сред разработки приложений.		+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <b>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>				
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>		
8	ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов		+
		ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	+	+
9	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий	ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов		+

## 6. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Языки и среды программирования», а также дает знания о разработке приложений по решению прикладных задач с использованием интегрированной среды разработки Delphi.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 56 баллов (максимально от 2 до 20 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Создание интерфейса пользователя, аналогичного стандартной программе	2
2	2	Изучение основных инструментов разработчика интегрированной среды разработки приложений	2
3	2	Изучение свойств и методов основных компонентов; Проектирование интерфейса пользователя с использованием основных компонентов	2
4	2	Изучение основных процедур, функций, операторов и команд управления ходом выполнения программы	2
5	3	Разработка процедур и функций – обработчиков событий основных компонентов; Работа с таблицами	2
6	3	Разработка программ, требующих взаимного преобразования строковых и числовых переменных при работе с полями ввода и таблицами	2
7	3	Разработка процедур сохранения исходных данных в текстовый файл и загрузки данных из файла; Статические и динамические массивы	2
8	3	Разработка вычислительных процедур и функций, определяемых пользователем; Разработка процедур представления результатов вычислений в форме диаграмм и графиков	2
9	3	Разработка процедур и функций матричных вычислений	6
10	3	Разработка процедур и функций для решения нелинейных алгебраических уравнений	10

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачета и лабораторного практикума по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

По дисциплине «Языки и среды программирования» предусмотрены следующие баллы текущего контроля освоения дисциплины:

- Контрольная работа №1 (раздел 1) – 8 баллов;
- Контрольная работа №2 (раздел 2) – 8 баллов;
- Контрольная работа №3 (раздел 3) – 8 баллов;
- Лабораторная работа №1-8 (раздел 1–3) – по 2 балла;
- Лабораторная работа №9 (раздел 3) – 20 баллов;
- Лабораторная работа №10 (раздел 3) – 20 баллов;
- Зачет по теоретическому материалу – 20 баллов.

### **8.1. Примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины**

**Для текущего контроля освоения дисциплины предусмотрено 3 контрольных работы. Тематика контрольных работ следующая:**

- Контрольная работа №1 «Задачи, требующие выполнения матричных операций. Оформление блок-схем алгоритмов на основе действующих стандартов и нормативно-методических документов».
- Контрольная работа №2 «Операции со строками»;
- Контрольная работа №3 «Задачи, требующие выполнения матричных операций. Работа со статическими и динамическими массивами»;

**Раздел 1. Примеры контрольной работы № 1 «Задачи, требующие выполнения матричных операций. Оформление блок-схем алгоритмов на основе действующих стандартов и нормативно-методических документов». Максимальная оценка – 8 баллов. Контрольная работа содержит 1 задачу.**

#### **Вариант 1 (8 баллов)**

Построить блок-схему алгоритма для следующей задачи: Написать универсальную функцию, возвращающую среднее арифметическое значение показаний температуры на входе и выходе из рубашки аппарата при ацелировании димекарбина уксусным ангидридом при производстве ацетоксииндола. Значения температур хранятся в двумерном массиве.

#### **Вариант 2 (8 баллов)**

Построить блок-схему алгоритма для следующей задачи: Написать универсальную функцию, возвращающую пользователю максимальное значение температуры воды при

высаливании ацетоксииндола из его уксуснокислого раствора. Значения температуры хранятся в двухмерном массиве.

### **Вариант 3 (8 баллов)**

Построить блок-схему алгоритма для следующей задачи: Написать универсальную функцию, возвращающую пользователю отсортированный по убыванию одномерный массив значений температуры воды, применяемой для обогрева аппарата при получении эмоксипина действием соляной кислоты на 2-этил-6-метил-оксипиридин. Значения температуры хранятся в текстовом файле.

**Раздел 2. Примеры контрольной работы № 2 «Операции со строками».**  
**Максимальная оценка – 8 баллов. Контрольная работа содержит 1 задачу.**

### **Вариант 1 (8 баллов)**

В исходной строке записана математическая формула со скобками. Написать универсальную функцию, определяющую, совпадает ли количество открывающих скобок с закрывающими скобками.

### **Вариант 2 (8 баллов)**

Дана строка, состоящая из цифр, разделенных пробелами. Написать универсальную функцию, возвращающую вычисленную сумму цифр, входящих в строку.

### **Вариант 3 (8 баллов)**

Дана строка, состоящая из номенклатурных названий аппаратов, участвующих в производстве ацетоксииндола, написанных через пробел. Написать универсальную процедуру, вставляющую запятую после каждого наименования, а в конце получившегося перечисления – точку.

**Раздел 3. Примеры контрольной работы № 3 «Задачи, требующие выполнения матричных операций. Работа со статическими и динамическими массивами».**  
**Максимальная оценка – 8 баллов. Контрольная работа содержит 1 задачу.**

### **Вариант 1 (8 баллов)**

Написать универсальную функцию, возвращающую пользователю максимальное значение температуры воды при высаливании ацетоксииндола из его уксуснокислого раствора. Значения температуры хранятся в двухмерном массиве.

### **Вариант 2 (8 баллов)**

Написать универсальную функцию, возвращающую пользователю отсортированный по убыванию одномерный массив значений температуры воды, применяемой для обогрева аппарата при получении эмоксипина действием соляной кислоты на 2-этил-6-метил-оксипиридин. Значения температуры хранятся в текстовом файле.

### **Вариант 3 (8 баллов)**

Написать универсальную функцию, возвращающую среднее арифметическое значение показаний температуры на входе и выходе из рубашки аппарата при ацетилировании

димекарбина уксусным ангидридом при производстве ацетоксииндола. Значения температур хранятся в двухмерном массиве.

## 8.2. Примеры лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины

### Примеры заданий для лабораторных работ № 1-8:

#### 1. *Изменение свойств объектов с использованием инспектора объектов.*

**Задача 1.1.** С использованием закладки «Свойства» инспектора объектов поочередно изменить свойства формы, присвоенные по умолчанию, таким образом, чтобы в режиме редактирования:

- высота и ширина формы уменьшились вдвое;
- левый верхний левый край формы примыкал к верхнему левому краю экрана монитора;
- форма поменяла свой цвет;
- изменился заголовок формы.

**Задача 1.2.** С использованием закладки «Свойства» инспектора объектов поочередно изменить свойства формы, присвоенные по умолчанию, таким образом, чтобы в режиме исполнения программы форма:

- заняла левую часть экрана по всей его высоте, сохранив свою ширину;
- стала неактивной (невозможно воспользоваться ни одним элементом управления на форме);
- стала прозрачной;
- развернулась на весь экран;
- заняла положение в центре экрана.

#### 2. *Изменение свойств объектов с использованием редактора программного кода.*

**Задача 2.1.** Выполнить поочередно действия, перечисленные в формулировках задач 1.1, 1.2, написав в редакторе программного кода процедуру – обработчик события – создания формы.

**Задача 2.2.** Разработать процедуру – обработчик события, позволяющую заменить цвет формы на другой случайным образом при нажатии клавиши мыши, если курсор расположен на форме.

**Контрольная задача 1.** Разработать программу, позволяющую при нажатии левой клавиши мыши, если курсор расположен на форме, увеличить её длину и ширину на две точки, а при нажатии правой клавиши – уменьшить её длину и ширину на две точки. В процессе всех изменений форма должна неизменно занимать положение в центре экрана.

**Задача 2.3.** Разместить на форме две кнопки. Разработать процедуру, позволяющую при нажатии видимой кнопки прятать её и показывать ранее невидимую другую кнопку.

**Задача 2.4.** Разместить на форме поле ввода и кнопку. Разработать процедуру, позволяющую при нажатии кнопки изменять заголовок формы в соответствии с текстом, введённым в поле ввода.

**Контрольная задача 2.** Разместить на форме поле ввода с произвольным текстом. Программно реализовать замену цвета поля ввода на случайный при нажатии левой клавиши мыши, если курсор расположен на поле ввода, и аналогичную замену цвета текста в поле ввода при нажатии правой клавиши мыши.

#### 3. *Структурирование интерфейса пользователя.*

**Задача 3.1.** Разместить на форме последовательно слева направо первую панель, разделитель, вторую панель и текстовое поле таким образом, чтобы они занимали всю высоту формы, а вторая панель к тому же занимала всё незанятое пространство формы. Написать программный код, обеспечивающий возможность сохранения ширины второй панели при работе разделителя.

**Задача 3.2.** Разместить на форме пять страниц с закладками. Написать процедуру, позволяющую пользователю программы видеть только предыдущую и следующую закладки, помимо закладки на активной странице.

**Задача 3.3.** Воссоздать на пустой форме структуру главного меню программы-калькулятора операционной системы.

**Контрольная задача 3.** Разместить на форме две страницы с горизонтальными закладками. Первую страницу разделить на две части горизонтальным разделителем и вверху поместить текстовое поле, а внизу – три вложенные страницы с закладками. На второй странице расположить две панели, разделённые вертикальным разделителем. Программно установить ограничения, не допускающие уменьшения любой области разделителями на страницах до размеров менее 1/3 площади соответствующей страницы.

*4. Опции и группы опций.*

**Задача 4.1.** Разместить на форме группу из трёх опций альтернативного выбора и три поля ввода. Программно обеспечить возможность видимости только одного поля ввода – соответствующего выбранной опции.

**Задача 4.2.** Разместить на форме список опций комбинированного выбора и три поля ввода. Программно обеспечить активность только тех полей ввода, для которых выбраны соответствующие опции.

**Контрольная задача 4.** Разместить на форме две опции комбинированного выбора и две кнопки. Разработать процедуру, состоящую из не более чем четырёх операций (строк программного кода), позволяющую обеспечить все нижеперечисленные условия:

- невидимость обеих кнопок, если обе опции не выбраны;
- видимость и неактивность кнопки, если выбрана только одна, соответствующая ей опция;
- видимость и активность обеих кнопок, если обе опции выбраны.

*5. Работа со списками строк.*

**Задача 5.1.** Разместить на форме поле ввода, кнопку и текстовое поле. Разработать процедуру переноса в конец списка строк текстового поля информации из поля ввода при нажатии на кнопку.

**Задача 5.2.** Разместить на форме поле ввода и выпадающий список, включающий не менее четырёх различных строк. Написать программный код, позволяющий перенести в поле ввода текст выбранной в выпадающем списке строки.

**Задача 5.3.** Разместить на форме группу опций альтернативного выбора без заранее определённого списка позиций и список опций комбинированного выбора, включающий не менее пяти позиций. Программно реализовать изменение состава позиций группы опций альтернативного выбора в зависимости от состава выбранных опций комбинированного выбора. Позиции группы опций альтернативного выбора должны быть расставлены в алфавитном порядке.

**Контрольная задача 5.** Разместить на форме поле ввода, четыре кнопки и выпадающий список. Программно реализовать четыре функциональные возможности, закрепив их за соответствующей кнопкой:

- внесение в конец выпадающего списка строки из поля ввода;
- внесение в начало выпадающего списка строки из поля ввода;
- замена выбранной в выпадающем списке позиции на строку из поля ввода;
- очистка выпадающего списка.

*6. Работа с таблицами.*

**Задача 6.1.** Разместить на форме таблицу, поле ввода и кнопку. Поочерёдно написать варианты программного кода, выполняющегося при нажатии на кнопку, позволяющего в соответствии со значением, введённым в поле ввода, изменить следующие свойства таблицы:

- количество строк;
- количество столбцов;
- количество фиксированных строк;

- количество фиксированных столбцов;
- высоту всех строк;
- ширину всех столбцов;
- высоту случайно выбранной строки;
- ширину случайно выбранного столбца.

**Задача 6.2.** Разместить на форме таблицу, имеющую один столбец данных, поле ввода, текстовое поле и две кнопки. Программно закрепить за каждой кнопкой соответствующие им функции:

- добавление новой строки в таблицу с переносом в неё содержимого поля ввода;
- копирование содержимого таблицы в текстовое поле.

**Контрольная задача 6.** Спроектировать интерфейс пользователя и разработать программу, предназначенную для табулирования функции вида  $y = ax^2 + bx + c$ . Предусмотреть возможность ввода пользователем коэффициентов функции, пределов и шага изменения аргумента.

*7. Работа с текстовыми файлами.*

**Задача 7.1.** Разместить на форме поле ввода, текстовое поле и кнопку. Разработать процедуру сохранения содержимого поля ввода в расположенный в текущей папке текстовый файл с именем, введённым в поле ввода.

**Задача 7.2.** Таблицу числовых данных с любым возможным количеством строк и столбцов, сохранённую в расположенный в текущей папке текстовый файл «table.txt», загружать в компонент-таблицу на форме каждый раз при запуске программы.

**Контрольная задача 7.** Программно реализовать возможность запуска программного приложения с таким же содержимым трёх полей ввода и таблицы, расположенных на форме, какое было в момент последнего закрытия программы.

*8. Элементы управления диалогом.*

**Задача 8.1.** Решить задачу 7.2 для любого файла, содержащего таблицу числовых данных, выбираемого при помощи диалога открытия файла.

**Задача 8.2.** Разместить на форме поле ввода и кнопку. Организовать программную запись информации из поля ввода в конец текстового файла, имя и местонахождение которого выбираются при помощи диалога сохранения файла. Предусмотреть проверку существования файла, в который сохраняется информация. В случае выбора уже существующего файла запрашивать пользователя о подтверждении сохранения данных.

**Контрольная задача 8.** Разработать программу, позволяющую выбирать из списка строк, сохранённых в текстовом файле, те, которые содержат хотя бы одну букву или символ, указанный пользователем в поле ввода. Результат сохранять в другой текстовый файл. Перед выбором строк из исходного файла с использованием окна диалога спрашивать у пользователя, следует ли учитывать регистр, в котором указана буква в поле ввода. При открытии и сохранении файлов обязательно использовать соответствующие элементы управления диалогом.

*9. Процедуры и функции, определяемые пользователем.*

**Задача 9.1.** Модифицировать решение контрольной задачи 6, введя в программу табулируемую функцию в виде функции, определяемой пользователем.

**Задача 9.2.** Разработать программу, позволяющую подсчитать и вывести в таблицу количество раз, которое встречается символ, введённый пользователем в поле ввода, в каждой строке текстового поля. Подпрограмму подсчёта количества символов в строке, аналогичных введённому пользователем, реализовать в виде:

- функции, определяемой пользователем;
- процедуры, определяемой пользователем.

**Контрольная задача 9.** Разместить на форме таблицу, состоящую из двух столбцов («Диаметр сечения трубы», «Площадь сечения трубы») и пяти строк данных, и кнопку. Пользователь программы заполняет по своему выбору одну из ячеек в каждой строке таблицы.



Программно реализовать возможность расчёта неизвестной характеристики трубы в каждой строке при нажатии пользователя на кнопку. Расчёт диаметра организовать с использованием процедуры, определяемой пользователем, а расчёт площади – с использованием функции, определяемой пользователем.

10. *Статические и динамические массивы.*

**Задача 10.1.** Создать таблицу, содержащую одну колонку и пять числовых значений. При нажатии на кнопку необходимо рассчитать максимальное, минимальное, среднее арифметическое, сумму введённых в таблицу чисел, а также сумму квадратов отклонений этих чисел от их среднего арифметического значения. Результаты вывести в поля ввода. Все расчётные операции выполнять со статическими массивами.

**Задача 10.2.** Определить среднее арифметическое, минимальное и максимальное значения элементов матрицы любого возможного размера, загруженной из текстового файла. Результаты вывести в поля ввода. Все расчётные операции выполнять с динамическими массивами.

**Контрольная задача 10.** Разместить на форме два поля ввода, определяющих размер матрицы, две таблицы: для ввода числовых данных и вывода результатов расчёта, два поля ввода и кнопку. Разработать процедуру – обработчик события – нажатия на кнопку, позволяющую рассчитать и вывести на экран элементы матрицы, представляющей собой произведение двух других матриц – исходной транспонированной и исходной. В поля ввода вывести максимальное из значений элементов главной диагонали результирующей матрицы и среднее арифметическое этих значений. Все расчётные операции выполнять с динамическими массивами.

11. *Построение диаграмм и графиков.*

**Задача 11.1.** Результаты табулирования, полученные при решении контрольной задачи 6, представить в виде графика функции.

**Задача 11.2.** Разместить на форме элемент управления для построения графиков и диаграмм, поле ввода и две кнопки. Программно закрепить за каждой кнопкой соответствующие им функции:

- добавление введённого в поле ввода значения к столбчатой диаграмме;
- очистка данных диаграммы.

**Контрольная задача 11.** Разработать программу, демонстрирующую на столбчатой диаграмме в режиме реального времени изменение частоты случайной генерации каждого из целых чисел от 1 до 10. Данные по количеству генераций каждого числа хранить в статическом массиве.

## **Примеры заданий для лабораторной работы № 9:**

**Тема.** Программирование матричных операций.

**Цель работы.** Получение практики решения задач, требующих выполнения матричных операций. Закрепление навыков использования динамических массивов, циклов, таблиц в интегрированной среде разработки приложений.

**Задача.** Разработка программного приложения для выполнения операций и исследования свойств векторов и матриц.

**Задание.** Разработать интерфейс программного приложения в соответствии с выданным вариантом. Разработать процедуры, реализующие матричные операции. Для ввода и вывода информации обязательно использовать стандартные компоненты – таблицы, а для реализации вычислений – динамические массивы и циклы. При необходимости осуществлять проверку корректности ввода исходных данных и своевременно предупреждать пользователя программы о возможных ошибках.

Варианты задания представлены в следующей таблице:

№ вар.	Вариант программы
1	Сложение векторов
2	Сложение матриц
3	Умножение матрицы на вектор-столбец
4	Умножение вектора-строки на вектор-столбец
5	Умножение вектора-строки на матрицу
6	Умножение матриц
7	Транспонирование матрицы
8	Обращение квадратной матрицы методом Жордана
9	Обращение квадратной матрицы методом союзной матрицы
10	Поэлементное возведение в степень элементов матрицы
11	Умножение на константу диагональных элементов квадратной матрицы
12	Замена отрицательных элементов матрицы на их абсолютные значения
13	Исключение из исходной матрицы строки или столбца
14	Включение в исходную матрицу строки или столбца
15	Сортировка элементов вектора по возрастанию или убыванию
16	Сортировка строк матрицы в порядке возрастания диагональных элементов
17	Сортировка столбцов матрицы в порядке убывания элементов заданной строки
18	Сортировка строк матрицы в порядке возрастания (убывания) среднего арифметического значения элементов в них
19	Замена всех нулевые элементы матрицы на среднее арифметическое всех ненулевых элементов
20	Перестановка местами пары строк или столбцов матрицы
21	Определение среднего арифметического, суммы, суммы квадратов всех элементов матрицы, наибольшего и наименьшего значений элементов и элемента, наиболее близкого по величине к среднему арифметическому значению
22	Замена элементов отдельно взятого столбца (строки) матрицы на элементы вектора
23	Расчет всех отклонений значений элементов матрицы от их среднего арифметического значения и среднего отклонения
24	Решение системы линейных алгебраических уравнений методом Жордана-Гаусса
25	Решение системы линейных алгебраических уравнений методом обратной матрицы
26	Решение системы линейных алгебраических уравнений методом Гаусса
27	Расчёт определителя квадратной матрицы
28	Решение системы линейных алгебраических уравнений методом Крамера
29	Решение системы линейных алгебраических уравнений методом простых итераций
30	Решение системы линейных алгебраических уравнений модифицированным методом простых итераций

### Примеры заданий для лабораторной работы № 10:

**Тема.** Решение нелинейных алгебраических уравнений.

**Цель работы.** Получение практики решения нелинейных алгебраических уравнений и

вычисления производной функции с использованием программирования в интегрированной среде разработки приложений. Закрепление знаний о численных методах решения нелинейных алгебраических уравнений. Закрепление навыков использования процедур и функций, определяемых пользователем, и построения графических зависимостей с использованием специального стандартного компонента отображения графических зависимостей.

**Задача.** Разработка программного приложения для решения нелинейного алгебраического уравнения.

В следующей таблице представлены варианты функциональных зависимостей:

№ вар.	Функция
1	$y = a_0 + a_1x + \frac{a_2}{x} + a_3 \sin(a_4x) + a_5 \ln(a_6x)$
2	$y = a_0 + a_1x + a_2x^x + \frac{a_3}{x} + \frac{a_4}{x^2} + a_5 \sin(a_6x)$
3	$y = a_0 + a_1 \sin(a_2x) + a_3 \sin(a_4x^x) + a_5 \exp(a_6x) + a_7 \exp\left(\frac{a_8}{x}\right)$
4	$y = a_0 + a_1x + a_2x^x + a_3 \ln(a_4x) + a_5 \ln(a_6x^x)$
5	$y = a_0 + a_1x + a_2 \sin(a_3 x ) + a_4 \sin(a_5x) + a_6 \sin^x(a_7x)$
6	$y = a_0 + a_1x + a_2x^x + a_3x^x + a_4x^x$
7	$y = a_0 + a_1 \sin(a_2x) + a_3 \sin(a_4x^x) + a_5 \sin(a_6x^x) + a_7 \sin(a_8x^x)$
8	$y = a_0 + a_1 \exp(a_2x) + a_3 \exp(a_4x) + a_5 \exp(a_6x) + a_7 \exp(a_8x)$
9	$y = a_0 + a_1 \exp(a_2x) + a_3 \exp(a_4x) + a_5 \exp(a_6x^x) + a_7 \exp(a_8x^x)$
10	$y = a_0 + a_1 \sin(a_2x) + a_3 \sin(a_4 x ) + a_5  \sin(a_6x)  + a_7 \sin(a_8x^x)$
11	$y = a_0 + a_1x \cdot \sin(a_2x) + a_3 x  \cdot \sin(a_4x) + a_5x + a_6x^x$
12	$y = a_0 + a_1x + a_2x^x + a_3x^x + a_4x \cdot \sin(a_5x)$
13	$y = a_0 + a_1x + a_2x^x + a_3 \exp(a_4x) \sin(a_5x) + a_6 \exp(a_7x)$
14	$y = a_0 + a_1x + a_2x^x + a_3^x \sin(a_4x) + a_5^x \sin(a_6x^x)$
15	$y = a_0 + a_1 x  \cdot \sin(a_2x) + a_3x \cdot  \sin(a_4x)  + a_5x \cdot \ln(a_6x) + a_7 \sin(a_8x)$

**Задание.** Разработать интерфейс программного приложения, предназначенного для графической визуализации функции, соответствующей выданному варианту. По графику функции провести исследование: на выбранной области допустимых значений указать количество и определить интервалы локализации нулей функции, максимумов и минимумов. Заданным методом решения нелинейных алгебраических уравнений на выбранном интервале локализации уточнить нуль функции (используя исходную функцию) или экстремум (используя производную исходной функции). Вычисление значений и производных реализовать с использованием процедур или функций, определяемых пользователем. При построении графиков и вычислении значений и производных функций осуществлять проверку аргумента на принадлежность области допустимых значений.

Варианты задания для выполнения лабораторной работы представлены в следующей таблице:

№№ вар.	Вариант функции	Вариант метода	№№ вар.	Вариант функции	Вариант метода
1	1	1	16	1	4
2	2	2	17	2	1
3	3	3	18	3	2
4	4	4	19	4	3
5	5	1	20	5	4
6	6	2	21	6	1
7	7	3	22	7	2
8	8	4	23	8	3
9	9	1	24	9	4
10	10	2	25	10	1
11	11	3	26	11	2
12	12	4	27	12	3
13	13	1	28	13	4
14	14	2	29	14	1
15	15	3	30	15	2

Варианты методов решения нелинейных алгебраических уравнений:

- 1) половинного деления;
- 2) пропорциональных частей;
- 3) простых итераций;
- 4) касательных (Ньютона).

### 8.3. Примеры контрольных вопросов для зачета

1. Приведите общую структуру программного модуля Object Pascal (Delphi).
2. Назначение раздела Unit в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
3. Назначение раздела Interface в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
4. Назначение раздела Const в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
5. Назначение раздела Uses в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
6. Назначение раздела Type в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
7. Назначение раздела Var в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
8. Назначение раздела Implementation в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
9. Приведите общую структуру процедуры в Object Pascal (Delphi).
10. Приведите общую структуру функции в Object Pascal (Delphi).
11. Назначение раздела Label в структуре процедуры или функции Object Pascal (Delphi).
12. Покажите на примере как использовать метку в процедуре или функции.
13. Для чего используется конструкция begin... end?
14. Как правильно запрограммировать новую процедуру и получить к ней доступ из других процедур?

15. В чем особенность описания констант и переменных, передаваемых через процедуры и функции, определяемые пользователем?
16. Приведите пример описания массива данных в виде константы.
17. Что такое константа в Object Pascal (Delphi)?
18. Чем отличаются друг от друга нетипизированные и типизированные константы?
19. Приведите пример описания нетипизированной константы-числа.
20. Приведите пример описания типизированной константы-числа.
21. Приведите пример описания константы-массива.
22. Чем отличаются глобальные и локальные переменные?
23. К какой группе типов переменных относится `boolean`?
24. К какой группе типов переменных относится `integer`?
25. К какой группе типов переменных относится `shortint`?
26. К какой группе типов переменных относится `smallint`?
27. К какой группе типов переменных относится `byte`?
28. К какой группе типов переменных относится `word`?
29. К какой группе типов переменных относится `longword`?
30. К какой группе типов переменных относится `real`?
31. К какой группе типов переменных относится `single`?
32. К какой группе типов переменных относится `double`?
33. К какой группе типов переменных относится `extended`?
34. К какой группе типов переменных относится `shortstring`?
35. К какой группе типов переменных относится `string`?
36. Какие значения может принимать переменная `boolean`?
37. Какой тип можно задать переменной, хранящей количество наименований продуктов, и почему?
38. Какой тип можно задать переменной, хранящей массу партии продуктов, и почему?
39. Какой тип можно задать переменной, хранящей наименование продукта, и почему?
40. Какой тип можно задать переменной, содержащей указание на наличие продукта на складе, и почему?
41. Для чего используется тип переменной `textfile`?
42. Как следует правильно описать строковую переменную, максимально возможная, длина которой известна?
43. Как при описании переменной задать значение по умолчанию?
44. Приведите пример использования переменной-строки как массива символов.
45. Что такое массив?
46. Что такое вектор данных?
47. Что такое матрица данных?
48. Приведите пример описания массива-вектора действительных чисел с фиксированным числом элементов.
49. Приведите пример описания массива-матрицы целых чисел с фиксированным числом элементов.
50. Сколько переменных содержит массив `x: array[1..5, 1..3] of real`?
51. В чем особенности использования динамических массивов?
52. Приведите пример описания динамического массива-вектора логических значений.
53. Приведите пример описания динамического массива-вектора действительных чисел.
54. Какая процедура используется для задания количества элементов динамического массива?

55. Какая функция позволяет определить количество элементов вектора данных?
56. Каким образом можно увеличить на один количество элементов динамического вектора данных?
57. Что такое запись в Object Pascal (Delphi)?
58. Приведите пример описания структуры записи в Object Pascal (Delphi).
59. Может ли запись в Object Pascal (Delphi). Содержать массив элементов?
60. Для чего используется функция Low?
61. Для чего используется функция High?
62. Для чего используется функция Length?
63. Для чего используется функция Mean при работе с числовыми массивами?
64. Для чего используются функции MaxValue и MaxIntValue при работе с числовыми массивами? Чем они отличаются?
65. Для чего используются функции MinValue и MinIntValue при работе с числовыми массивами? Чем они отличаются?
66. Для чего используются функции Sum и SumInt при работе с числовыми массивами? Чем они отличаются?
67. Для чего используется функция SumOfSquares при работе с числовыми массивами?
68. Для чего используется функция SetLength при работе с числовыми массивами?
69. Для чего используется функция SumAndSquares при работе с числовыми массивами?
70. Какой модуль необходимо подключить в разделе uses для использования арифметических процедур и функций с массивами числовых данных?
71. Перечислите условные операторы.
72. В каких случаях используется оператор If?
73. В каких случаях используется оператор Case?
74. Приведите структуру оператора If.
75. Приведите структуру оператора Case.
76. Можно ли в операторе Case использовать строковые переменные?
77. Перечислите операторы циклов.
78. В каких случаях используется оператор цикла For?
79. В каких случаях используется оператор цикла While?
80. В каких случаях используется оператор цикла Repeat until?
81. Можно ли в операторе For использовать действительные значения переменной цикла?
82. Можно ли в операторе For выполнить изменение переменной цикла в порядке убывания?
83. Какие Вы знаете команды для работы с циклами?
84. Для чего используется команда break?
85. Для чего используется команда continue?
86. Для чего используется метод ProcessMessages компонента TApplication?
87. Для чего используется команда goto?
88. Приведите структуру оператора For.
89. Приведите структуру оператора While.
90. Приведите структуру оператора Repeat until.
91. Для чего используется процедура AssignFile?
92. Для чего используется процедура Append?
93. Для чего используется процедура Reset?
94. Для чего используется процедура Rewrite?

95. Для чего используется процедура CloseFile?
96. Для чего используется процедура Rename?
97. Для чего используются процедуры Read и Readln?
98. Для чего используются процедуры Write и Writeln?
99. В чем отличие между процедурами Read и Readln?
100. В чем отличие между процедурами Write и Writeln?
101. Как правильно использовать процедуры записи данных в текстовый файл, если нужно добавить информацию в конец файла, но не известно, существует ли этот файл?
102. Для чего используется функция Eof?
103. Для чего используется функция Eoln?
104. Для чего используется функция FileExists?
105. Назначение функции Abs.
106. Назначение функции Tan.
107. Назначение функции Int.
108. Назначение функции Round.
109. В чем заключается разница между функциями Int и Round?
110. Назначение функции DegToRad.
111. Назначение функции RadToDeg.
112. Назначение функции Exp.
113. Назначение функции Ln.
114. Назначение функции Log10.
115. Назначение функции LogN.
116. Назначение функции Power.
117. Назначение функции Frac.
118. Назначение функции Hypot.
119. Назначение функции Sqr.
120. Назначение функции Sqrt.
121. Назначение функции AnsiLowerCase.
122. Назначение функции AnsiUpperCase.
123. Назначение функции AnsiPos.
124. Назначение функции Concat.
125. Назначение функции Copy.
126. Как можно заменить функцию Concat в Object Pascal (Delphi).
127. Назначение функции Delete при работе со строками.
128. Назначение функции Insert при работе со строками.
129. Назначение функции Length при работе со строками.
130. Назначение функции Trim.
131. Назначение функции TrimLeft.
132. Назначение функции TrimRight.
133. Как преобразовать строку в целое число?
134. Как преобразовать строку в действительное число?
135. Как преобразовать целое число в строку?
136. Как преобразовать действительное число в строку?
137. Для чего нужна и как используется процедура Str?
138. Как можно определить десятичный разделитель, установленный в операционной системе?
139. Назначение функции ShowMessage.
140. Назначение процедуры Randomize.
141. Назначение функции Random.

142. Назначение процедуры Sleep.
143. Назначение функции GetCurrentDir.
144. За что отвечает свойство Visible визуальных компонентов?
145. За что отвечает свойство Enabled визуальных компонентов?
146. За что отвечает свойство Name визуальных компонентов?
147. За что отвечает свойство Caption визуальных компонентов?
148. За что отвечает свойство Text визуальных компонентов?
149. За что отвечает свойство Align визуальных компонентов?
150. За что отвечают свойства Height и Width визуальных компонентов?
151. За что отвечают свойства Left и Top визуальных компонентов?
152. За что отвечает свойство Font визуальных компонентов?
153. За что отвечает свойство Color визуальных компонентов?
154. Родительские и дочерние элементы управления.
155. Каково назначение компонента-формы?
156. Каково назначение компонента-панели?
157. Может ли панель являться одновременно родительским и дочерним элементом управления? Когда?
158. Каково назначение компонента **TSplitter**?
159. В каком порядке следует располагать две панели и разделитель, который должен менять соотношение размеров этих панелей? Какие значения присваиваются свойству Align каждой панели?
160. Можно ли панель расположить на другой панели?
161. Каково назначение компонента **TCheckBox**?
162. Каково назначение компонента **TRadioButton**?
163. Каково назначение компонента **TRadioGroup**?
164. В чем отличие опций **TCheckBox** и **TRadioButton**?
165. Назначение свойства checked компонента опции?
166. Каково назначение компонента **TComboBox**?
167. Какой метод используется для добавления строки в конец списка?
168. Какой метод используется для вставки в указанную позицию списка?
169. Какой метод используется для удаления строки из списка?
170. Какой метод используется для очистки списка?
171. Каково назначение компонента **TStringGrid**?
172. Назначение свойства ColCount компонента-таблицы.
173. Назначение свойства RowCount компонента-таблицы.
174. Назначение свойства Col компонента-таблицы.
175. Назначение свойства Row компонента-таблицы.
176. Назначение свойства ColWidth компонента-таблицы.
177. Назначение свойства RowHeight компонента-таблицы.
178. Назначение свойства DefaultColWidth компонента-таблицы.
179. Назначение свойства DefaultRowHeight компонента-таблицы.
180. Назначение свойства Cells компонента-таблицы.
181. Назначение свойства Cols компонента-таблицы.
182. Назначение свойства Rows компонента-таблицы.
183. Как правильно поместить значение числовой переменной в ячейку таблицы **TStringGrid**?
184. Как правильно передать значение ячейки таблицы **TStringGrid** числовой переменной?
185. Значения какого типа данных хранятся в ячейках таблицы **TStringGrid**?
186. Приведите пример описания функции, определяемой пользователем.



187. Приведите пример описания процедуры, определяемой пользователем.
188. Когда целесообразно использовать процедуры и функции, определяемые пользователем?
189. В чем разница между процедурами и функциями, определяемыми пользователем?
190. Для чего нужна переменная `Result` при работе с функциями, определяемыми пользователем?
191. Как обратиться к серии данных при использовании компонента **TChart**?
192. Каково назначение компонента **TChart**?
193. Для чего необходимо очищать серии данных перед началом процедуры построения графика?
194. Какой метод используется для добавления точки с заданными координатами на график?

Зачет состоит из 5 случайных вопросов из вышеуказанного банка вопросов. Каждый из них оценивается в 4 балла. Максимальный суммарный результат за зачет составляет 20 баллов.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А) Основная литература**

1. Разработка приложений баз данных: учеб. пособие / А. М. Сверчков, П. Г. Михайлова. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2017 – 146 с.

#### **Б) Дополнительная литература**

1. Разработка программного обеспечения с использованием современных языков и сред программирования: учеб. пособие/ С. П. Дударов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2008. – 112 с.
2. Программирование и численные методы в задачах химической технологии. Лабораторный практикум: учеб. пособие/ С. П. Дударов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. – 108 с.
3. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: Учеб. пособие для вузов/ Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. – М.: «Академкнига», 2008. – 415 с.
4. Ачкасов, В.Ю. Введение в программирование на Delphi [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Ю. Ачкасов. — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 295 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100698>. — Загл. с экрана.
5. Санников, Е.В. Курс практического программирования в Delphi. Объектно-ориентированное программирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Санников. — Электрон. дан. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2013. — 188 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/64955>. — Загл. с экрана.

### **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

#### **НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖУРНАЛЫ**

- «Программные продукты и системы», ISSN (печатное издание) – 0236-235X, ISSN (электронное издание) – 2311-2735;
- «Вестник компьютерных и информационных технологий», ISSN – 1810-7206;
- «Информационные технологии и вычислительные системы», ISSN – 2071-8632;

- «Системы управления и информационные технологии» ISSN – 1729-5068;
- «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN – 2073-2597;
- «Системы и средства информатики», ISSN (печатное издание) – 0869-6527, ISSN (электронное издание) – 2311-0325;
- «Информационные системы и технологии», ISSN – 2072-8964;
- «Прикладная информатика», ISSN – 1993-8313;
- Журнал «RSDN» (Russian Software Developer Network), ISSN – 0234-6621, и другие.

### **ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ**

- Мастера DELPHI. Русскоязычный каталог Delphi ресурсов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.delphimaster.ru](http://www.delphimaster.ru) (дата обращения: 15.04.2022);
- Форум программистов и сисадминов Киберфорум. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.cyberforum.ru](http://www.cyberforum.ru) (дата обращения: 15.04.2022);
- Исходники DELPHI. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.delphisources.ru](http://www.delphisources.ru) (дата обращения: 15.04.2022);
- Документация и книги по программированию [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.helloworld.ru](http://www.helloworld.ru) (дата обращения: 15.04.2022);
- Delphi basics. Справочник. Основы Delphi. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.delphibasics.ru](http://www.delphibasics.ru) (дата обращения: 15.04.2022).

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные классы на 17 посадочных мест с предустановленным базовым программным обеспечением, в том числе с возможностью подключения к сети Интернет;
- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вариантов – 58);
- банк заданий для теоретического контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 194).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на:

- тематическая группа в социальной сети Вконтакте, доступ к групповым чатам (WhatsApp, Вконтакте), к вебинарам ([webinar.ru](http://webinar.ru), [zoom.us](http://zoom.us)), онлайн-конференции в Skype или Microsoft Teams.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные,

справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Языки и среды программирования» проводятся в форме лекций, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающихся.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе**

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеется 2 учебные аудитории с 17 компьютерами (2 для работы преподавателей, 15 для работы студентов) и 1 выделенный сервер. Все компьютеры имеют доступ к сети Интернет.

Для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием, имеющая 8 персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Интернет, и одно многофункциональное устройство; компьютерный класс, оборудованный 9 компьютерами, объединенными в локальную сеть с выходом в Интернет, и одним принтером.

Для реализации информационно-образовательных ресурсов дисциплин вариативной части программы на выделенном сервере кафедры КХТП под управлением Microsoft Windows Server Standart 2008 развернуты веб-сервер apache 2.2.17, Hypertext Preprocessor (php) 5.3.18, система управления базами данных (СУБД) MySQL 5.

### **11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства**

На кафедре КХТП для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.4.

При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях или при проведении лабораторных работ на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

### **11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы**

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к проведению лабораторных работ; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

На кафедре КХТП электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; специализированное программное обеспечение.

#### 11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

При выполнении лабораторного практикума по дисциплине используется специализированное программное обеспечение:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 7 Pro	Microsoft Open License Номер лицензии 47837475	20	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013	20	Бессрочно
3	Microsoft Windows Server - Standard 2008	Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open License Номер лицензии 61068797	1	Бессрочно
4	Lazarus (открытая среда разработки программного обеспечения)	Бесплатное ПО	Не ограничено	Не ограничен
5	Delphi	Государственный контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10, Акт № Tr048787, накладная № Tr048787 от 20.12.10	17	Бессрочно
6	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	20	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
7	PCУБД FireBird версия 3	Свободно-распространяемое ПО	Не ограничено	Не ограничен
8	Неисключительная лицензия на использование O365ProPlusOpenFclty	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	20	12 месяцев (ежегодное продление)

	ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word Excel PowerPoint Microsoft Teams		Соглашение Microsoft OVS- ES № V6775907	подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
9	Неисключительная лицензия на использование O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word Excel PowerPoint Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	20  Соглашение Microsoft OVS- ES № V6775907	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Общие сведения о языках и средах программирования и разработке программных приложений	<b>Знает:</b> – основные этапы эволюции языков программирования, тенденции развития современных языков и сред программирования; – правила построения блок-схем алгоритмов в соответствии с действующими стандартами и нормативно-методическими документами; – этапы жизненного цикла программного обеспечения;  <b>Умеет:</b> – проектировать графический интерфейс пользователя программного приложения; – оптимизировать программный код с целью эффективной организации программы.	Оценка за контрольную работу №1  Оценка за лабораторную работу №1  Оценка за зачет

<p><b>Раздел 2.</b> Интегрированная среда разработки приложений</p>	<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проектировать графический интерфейс пользователя программного приложения;</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основными процедурами, функциями и операторами языка программирования интегрированной среды разработки приложений;</li> <li>– навыками решения прикладных задач программирования с использованием интегрированных сред разработки приложений.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №2</p> <p>Оценка за лабораторную работу №2-4</p> <p>Оценка за зачет</p>
<p><b>Раздел 3.</b> Решение прикладных задач программирования</p>	<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проектировать графический интерфейс пользователя программного приложения;</li> <li>– оптимизировать программный код с целью эффективной организации программы;</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основными процедурами, функциями и операторами языка программирования интегрированной среды разработки приложений;</li> <li>– навыками решения прикладных задач программирования с использованием интегрированных сред разработки приложений.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №3</p> <p>Оценка за лабораторную работу №5-10</p> <p>Оценка за зачет</p>

### 13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_, протокол № \_\_, введенным в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от \_\_.\_\_.20\_\_ № \_\_\_\_;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к РПД  
по дисциплине «Языки и среды программирования»  
основной образовательной программы высшего образования – программы  
бакалавриата  
по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»  
Профиль «Основные процессы химических производств и химическая  
кибернетика»  
Квалификация – бакалавр**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		протокол заседания кафедры № _____ от « ___ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ___ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ___ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ___ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ___ » _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

«25» мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ**

**«Учебная практика: ознакомительная практика»**

**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки – "Основные процессы химических производств и  
химическая кибернетика"**

**Квалификация – «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

Москва 2022



Программа составлена

д.т.н., профессором, заведующим кафедрой кибернетики химико-технологических процессов

М.Б. Глебовым,

д.т.н., профессором, профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов

Т.В. Савицкой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «26» апреля 2022 г., протокол № 7.

---

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (ФГОС ВО), профиль «**Основные процессы химических производств и химическая кибернетика**», с рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом проведения практики кафедрой **Кибернетики химико-технологических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к обязательной части учебного плана блока «Практики» (Б2.О.01(У)) и рассчитана на проведение практики в 4 семестре обучения.

**Цель практики** – получение студентами общих представлений об основных аппаратах химических производств и методах химической кибернетики, знакомство с основными видами деятельности учебных и научных подразделений университета, а также получение первичных профессиональных умений и навыков путем самостоятельного творческого выполнения задач, поставленных программой практики.

### **Задачи практики:**

– приобретение обучающимися первичных знаний в области изучения и исследования объектов будущей профессиональной деятельности – химико-технологических процессов и систем, моделирования, энерго- и ресурсосберегающих технологических процессов производств химической, нефтехимической и биотехнологической продукции;

– приобретение навыков систематизации материала и оформления отчета по практике.

Способ проведения практики: **стационарная.**

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа практики может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Проведение практики способствует формированию следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Естественно-научная подготовка	ОПК-1. Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных	ОПК-1.1 Знает теоретические основы общей и неорганической химии и понимает принципы строения вещества и протекания химических процессов; ОПК-1.2. Знает основы классификации органических соединений, строение, способы получения и химические свойства различных классов органических соединений, основные механизмы протекания органических реакций; ОПК-1.3. Знает основные законы и соотношения физической химии (химической термодинамики, электрохимии, химической кинетики, основы фазовых равновесий и переходов),

	<p>классов химических элементов, соединений, веществ и материалов</p>	<p>способы их применения для решения теоретических и прикладных задач, роль физической химии как теоретического фундамента современной химии и процессов химической технологии;</p> <p>ОПК-1.4. Знает основные законы и соотношения термодинамики поверхностных явлений, основные свойства дисперсных систем, основные методы исследования поверхностных явлений и дисперсных систем;</p> <p>ОПК-1.5 Умеет выполнять основные химические операции;</p> <p>ОПК-1.6 Умеет использовать химические законы, справочные данные и количественные соотношения органических реагентов в органических реакциях для решения профессиональных задач;</p> <p>ОПК-1.7 Умеет прогнозировать влияние различных факторов на химическое равновесие, на фазовое равновесие, на равновесие в растворах электролитов, на потенциал электродов и ЭДС гальванических элементов, на направление и скорость химических реакций; составлять кинетические уравнения для кинетически простых реакций, классифицировать электроды и электрохимические цепи, пользоваться справочной литературой по физической химии;</p> <p>ОПК-1.8 Умеет проводить расчеты с использованием основных соотношений термодинамики поверхностных явлений и расчеты основных характеристик дисперсных систем;</p> <p>ОПК-1.9 Владеет теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в Периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физических и химических свойств неорганических соединений.</p> <p>ОПК-1.10. Владеет экспериментальными методами органического синтеза, методами очистки, определения физико-химических свойств и установления структуры органических соединений</p> <p>ОПК-1.11 и Владеет навыками проведения типовых физико-химических исследований и навыками решения типовых задач в области химической термодинамики,</p>
--	---	---

		фазовых равновесий и фазовых переходов, электрохимии, химической кинетики
Профессиональная методология	ОПК-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	<p>ОПК-2.1 Знает основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики</p> <p>ОПК-2.2 Знает математические теории и методы, лежащие в основе математических моделей</p> <p>ОПК-2.3 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий, основы работы в локальных и глобальных сетях, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации</p> <p>ОПК-2.4 Знает физические основы механики, физики колебаний и волн, электричества и магнетизма, электродинамики, статистической физики и термодинамики, квантовой физики</p> <p>ОПК-2.5 Умеет проводить анализ функций, решать основные задачи теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам, применять математические методы при решении типовых профессиональных задач</p> <p>ОПК-2.6 Умеет работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач</p> <p>ОПК-2.7 Умеет решать типовые задачи, связанные с основными разделами физики, использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности</p> <p>ОПК-2.8 Умеет использовать химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения общей и неорганической химии для решения профессиональных задач</p> <p>ОПК-2.9 Владеет основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации</p> <p>ОПК-2.10 Владеет методами поиска и</p>

		<p>обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях, техническими и программными средствами защиты информации при работе с компьютерными системами, включая приемы антивирусной защиты</p> <p>ОПК-2.11 Владеет методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента</p>
<p>Адаптация к производственным условиям</p>	<p>ОПК-3. Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом законодательства Российской Федерации, в том числе в области экономики и экологии</p>	<p>ОПК-3.1. Знает основы российской правовой системы и российского законодательства, правовые и нравственно-этические нормы в сфере профессиональной деятельности</p> <p>ОПК-3.2. Знает правовые нормы, регулирующие отношение человека к человеку, обществу, окружающей среде</p> <p>ОПК-3.3. Знает основы административного, трудового и гражданского законодательства</p> <p>ОПК-3.4. Знает основные категории и законы экономики</p> <p>ОПК-3.5. Знает основы экономической деятельности предприятия, его структуру и отраслевую специфику; классификацию предприятий по правовому статусу</p> <p>ОПК-3.6. Знает показатели использования производственных ресурсов и эффективности деятельности предприятия</p> <p>ОПК-3.7. Знает содержание этапов разработки оперативных планов работы первичных производственных подразделений</p> <p>ОПК-3.8. Знает факторы, определяющие устойчивость биосферы, характеристики возрастания антропогенного воздействия на природу, глобальные проблемы экологии и принципы рационального природопользования, методы снижения хозяйственного воздействия на биосферу, организационные и правовые средства охраны окружающей среды, способы достижения устойчивого развития</p> <p>ОПК-3.9. Умеет использовать и составлять документы правового характера, относящиеся к профессиональной деятельности, предпринимать необходимые меры к восстановлению нарушенных прав</p> <p>ОПК-3.10. Умеет реализовывать права и свободы человека и гражданина в различных сферах жизнедеятельности</p> <p>ОПК-3.11. Умеет использовать знания основ</p>

		<p>экономики при решении производственных задач</p> <p>ОПК-3.12. Умеет осуществлять в общем виде оценку антропогенного воздействия на окружающую среду с учетом специфики природно-климатических условий</p> <p>ОПК-3.13. Умеет использовать нормативно-правовые акты при работе с экологической документацией</p> <p>ОПК-3.14. Владеет основами хозяйственного и экологического права</p> <p>ОПК-3.15. Умеет проводить технико-экономический анализ инженерных решений</p> <p>ОПК-3.16. Владеет методами разработки производственных программ и плановых заданий для первичных производственных подразделений</p> <p>ОПК-3.17. Владеет навыками выбора экономически обоснованных решений с учетом имеющихся ограничений</p> <p>ОПК-3.18. Владеет методами выбора рационального способа снижения воздействия на окружающую среду</p>
<p>Информационно-коммуникационные технологии для профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-4.1 Знает и соблюдает нормы информационной безопасности в профессиональной деятельности</p> <p>ОПК-4.2 Умеет решать инженерно-технические задачи и задачи вычислительной математики с применением современных программных комплексов и языков программирования</p> <p>ОПК-4.3 Владеет современными информационными технологиями при сборе, анализе, обработке и представлении информации</p>

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: учебным планом не предусмотрены**

В результате прохождения практики студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- особенности организации учебной и научной деятельности в лабораториях, кафедрах и подразделениях РХТУ;
- основные виды лабораторного и технологического оборудования, контрольно-измерительных приборов, области их использования;
- основные технологические параметры химико-технологических процессов, способы их контроля и управления;
- основные математические методы обработки экспериментальных данных и их использование в учебном процессе;

*Уметь:*

- проводить поиск информации с использованием открытых баз данных и информационных систем по выбранному направлению исследований и сравнение их с экспериментальными данными;
- применять теоретические методы анализа и обработки исходных данных с лабораторных установок с использованием стандартного программного обеспечения;

*Владеть:*

- навыками использования стандартных компьютерных программ для обработки экспериментальных данных;
- навыками изложения полученных знаний в виде отчета о прохождении практики, описания исходных материалов, лабораторного оборудования, и измерения параметров процессов.

### 3. ОБЪЕМ ПРАКТИКИ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Практика организуется в 4 семестре бакалавриата на базе знаний, полученных студентами при изучении дисциплин направления подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**. Контроль освоения студентами материала практики осуществляется путем проведения зачета с оценкой.

Вид учебной работы	Объем практики		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость практики</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	-	-	-
Вид контактной работы ( <i>при наличии</i> ):	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
в том числе в форме практической подготовки:	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
Контактная самостоятельная работа ( <i>АттК из УП для зач / зач с оц.</i> )	3	0.4	0.3
Самостоятельное изучение разделов практики ( <i>или другие виды самостоятельной работы</i> )		107.6	80.7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

Ознакомление с историей и направлениями деятельности учебных и научных подразделений факультета цифровых технологий и химического инжиниринга (ЦиТХИн) и университета, центра коллективного пользования, международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических технологий и других мест проведения практики (история, основные этапы развития, выполняемые функции и т.п.).

Посещение лабораторий центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Посещение лабораторий кафедры кибернетики химико-технологических процессов (КХТП).

Ознакомление с компьютерным моделированием, которое используется для учебного процесса и научных исследований на кафедре КХТП, с автоматизацией научных исследований, с автоматизированной обработкой данных в лабораториях, с современными системами автоматизированного, электронного и дистанционного обучения на кафедре КХТП, факультете и университете.

Посещение других учебных и научных подразделений факультета и университета. Ознакомление с функциональным назначением, принципами работы лабораторного оборудования, установок и аналитических приборов и высокопроизводительного сверхмощного компьютера (производительностью 4 TFlops) для компьютерного моделирования.

Подготовка отчета о прохождении учебной практики.

##### 4.1. Разделы практики

Разделы	Раздел практики	Объем раздела, акад. ч.
Раздел 1	Ознакомление с историей и направлениями деятельности учебных и научных подразделений кафедры кибернетики химико-технологических процессов факультета цифровых технологий и химического инжиниринга, центра коллективного пользования и других мест проведения практики.	36
Раздел 2	Посещение и ознакомление с лабораториями подразделений.	54
Раздел 3	Подготовка отчета о прохождении учебной практики: ознакомительной практики.	18
	<b>Всего часов</b>	<b>108</b>

##### 4.2. Содержание разделов практики

**Раздел 1. Ознакомление с историей и направлениями деятельности учебных и научных подразделений кафедры кибернетики химико-технологических процессов факультета цифровых технологий и химического инжиниринга, центра коллективного пользования и других мест проведения практики.**

**Раздел 2. Посещение и ознакомление с лабораториями подразделений.**

2.1. Посещение лабораторий центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева: электронной микроскопии (ЭМ), атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС), молекулярной оптической спектроскопии (МОС).

2.2. Посещение кафедры кибернетики химико-технологических процессов:

- лаборатории моделирования химико-технологических процессов, оснащенной установками типовых химико-технологических процессов (теплообменных, массообменных, реакционных);



- лаборатории управления химико-технологическими процессами и системами, оснащенной современными системами цифрового управления;
- химической лаборатории, оснащенной химическими столами, вытяжными шкафами, оборудованием и приборами для проведения химических экспериментов;
- лаборатории современных средств автоматизации, оснащенной 4 компьютерами, демонстрационным стендом по законам регулирования, роботизированным манипулятором – для проведения лабораторных научно-исследовательских работ и организации практики;
- лаборатории инновационных образовательных технологий для организации научно-исследовательской работы, включающей компьютерное оборудование и средства оргтехники, объединенные в локальную вычислительную сеть с выходом в сеть Интернет.

2.3. Посещение учебных и научных подразделений факультета и университета. Ознакомление с функциональным назначением, принципами работы лабораторного оборудования, установок и аналитических приборов и высокопроизводительного сверхмощного компьютера (производительностью 4 TFlops) для компьютерного моделирования

### **Раздел 3. Подготовка отчета о прохождении учебной практики: ознакомительной практики.**

Требования, предъявляемые к написанию и представлению отчета.

Конкретное содержание учебной практики: ознакомительной практики определяется индивидуальным заданием обучающегося с учётом интересов и возможностей кафедры или организации, где она проводится. Индивидуальное задание разрабатывается по профилю изучаемой программы бакалавриата.

Подготовка отчета включает описание и систематизацию результатов, полученных при посещении подразделений и выполнении индивидуального задания подгруппой студентов из 2-3-х человек по тематике исследования кафедр.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

№	В результате прохождения практики студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>			
1	– особенности организации учебной и научной деятельности в лабораториях, кафедрах и подразделениях РХТУ	+		
2	– основные виды лабораторного и технологического оборудования, контрольно-измерительных приборов, области их использования	+	+	
3	– основные технологические параметры химико-технологических процессов, способы их контроля и управления		+	
4	– основные математические методы обработки экспериментальных данных и их использование в учебном процессе		+	+
	<b>Уметь:</b>			
5	– проводить поиск информации с использованием открытых баз данных и информационных систем по выбранному направлению исследований и сравнение их с экспериментальными данными	+	+	+
6	– применять теоретические методы анализа и обработки исходных данных с лабораторных установок с использованием стандартного программного обеспечения		+	+
	<b>Владеть:</b>			
7	– навыками использования стандартных компьютерных программ для обработки экспериментальных данных		+	+
8	– навыками изложения полученных знаний в виде отчета о прохождении практики, описания исходных материалов, лабораторного оборудования, и измерения параметров процессов			+
В результате прохождения практики студент должен приобрести следующие <b><u>общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u></b>				
	<b>Код и наименование ОПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ОПК</b>		
9	ОПК-1. Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и	ОПК-1.1 Знает теоретические основы общей и неорганической химии и понимает принципы строения вещества и протекания химических процессов;	+	+

<p>окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов</p>	<p>ОПК-1.2. Знает основы классификации органических соединений, строение, способы получения и химические свойства различных классов органических соединений, основные механизмы протекания органических реакций;</p>	+	+	
	<p>ОПК-1.3. Знает основные законы и соотношения физической химии (химической термодинамики, электрохимии, химической кинетики, основы фазовых равновесий и переходов), способы их применения для решения теоретических и прикладных задач, роль физической химии как теоретического фундамента современной химии и процессов химической технологии;</p>	+	+	
	<p>ОПК-1.4. Знает основные законы и соотношения термодинамики поверхностных явлений, основные свойства дисперсных систем, основные методы исследования поверхностных явлений и дисперсных систем;</p>	+	+	
	<p>ОПК-1.5 Умеет выполнять основные химические операции;</p>	+	+	
	<p>ОПК-1.6 Умеет использовать химические законы, справочные данные и количественные соотношения органических реагентов в органических реакциях для решения профессиональных задач;</p>	+	+	

	ОПК-1.7 Умеет прогнозировать влияние различных факторов на химическое равновесие, на фазовое равновесие, на равновесие в растворах электролитов, на потенциал электродов и ЭДС гальванических элементов, на направление и скорость химических реакций; составлять кинетические уравнения для кинетически простых реакций, классифицировать электроды и электрохимические цепи, пользоваться справочной литературой по физической химии;	+	+	
	ОПК-1.8 Умеет проводить расчеты с использованием основных соотношений термодинамики поверхностных явлений и расчеты основных характеристик дисперсных систем;	+	+	
	ОПК-1.9 Владеет теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в Периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физических и химических свойств неорганических соединений.	+	+	
	ОПК-1.10. Владеет экспериментальными методами органического синтеза, методами очистки, определения физико-химических свойств и установления структуры органических соединений	+	+	
	ОПК-1.11 Владеет навыками проведения типовых физико-химических исследований и навыками решения типовых задач в области химической термодинамики, фазовых равновесий и фазовых переходов, электрохимии, химической кинетики	+	+	

10	ОПК-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.1 Знает основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики	+	+	
		ОПК-2.2 Знает математические теории и методы, лежащие в основе математических моделей	+	+	
		ОПК-2.3 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий, основы работы в локальных и глобальных сетях, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации	+	+	
		ОПК-2.4 Знает физические основы механики, физики колебаний и волн, электричества и магнетизма, электродинамики, статистической физики и термодинамики, квантовой физики	+	+	
		ОПК-2.5 Умеет проводить анализ функций, решать основные задачи теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам, применять математические методы при решении типовых профессиональных задач	+	+	
		ОПК-2.6 Умеет работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач		+	+
		ОПК-2.7 Умеет решать типовые задачи, связанные с основными разделами физики, использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности	+	+	

		ОПК-2.8 Умеет использовать химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения общей и неорганической химии для решения профессиональных задач	+	+	
		ОПК-2.9 Владеет основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации	+	+	
		ОПК-2.10 Владеет методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях, техническими и программными средствами защиты информации при работе с компьютерными системами, включая приемы антивирусной защиты	+	+	
		ОПК-2.11 Владеет методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента	+	+	
11	ОПК-3. Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом законодательства Российской Федерации, в том числе в области экономики и экологии	ОПК-3.1. Знает основы российской правовой системы и российского законодательства, правовые и нравственно-этические нормы в сфере профессиональной деятельности		+	
		ОПК-3.2. Знает правовые нормы, регулирующие отношение человека к человеку, обществу, окружающей среде		+	
		ОПК-3.3. Знает основы административного, трудового и гражданского законодательства		+	
		ОПК-3.4. Знает основные категории и законы экономики		+	

	ОПК-3.5. Знает основы экономической деятельности предприятия, его структуру и отраслевую специфику; классификацию предприятий по правовому статусу		+	
	ОПК-3.6. Знает показатели использования производственных ресурсов и эффективности деятельности предприятия		+	
	ОПК-3.7. Знает содержание этапов разработки оперативных планов работы первичных производственных подразделений		+	+
	ОПК-3.8. Знает факторы, определяющие устойчивость биосферы, характеристики возрастания антропогенного воздействия на природу, глобальные проблемы экологии и принципы рационального природопользования, методы снижения хозяйственного воздействия на биосферу, организационные и правовые средства охраны окружающей среды, способы достижения устойчивого развития		+	
	ОПК-3.9. Умеет использовать и составлять документы правового характера, относящиеся к профессиональной деятельности, предпринимать необходимые меры к восстановлению нарушенных прав		+	
	ОПК-3.10. Умеет реализовывать права и свободы человека и гражданина в различных сферах жизнедеятельности		+	+
	ОПК-3.11. Умеет использовать знания основ экономики при решении производственных задач		+	
	ОПК-3.12. Умеет осуществлять в общем виде оценку антропогенного воздействия на окружающую среду с учетом специфики природно-климатических условий		+	

		ОПК-3.13. Умеет использовать нормативно-правовые акты при работе с экологической документацией		+	+
		ОПК-3.14. Владеет основами хозяйственного и экологического права		+	
		ОПК-3.15. Умеет проводить технико-экономический анализ инженерных решений	+	+	
		ОПК-3.16. Владеет методами разработки производственных программ и плановых заданий для первичных производственных подразделений		+	
		ОПК-3.17. Владеет навыками выбора экономически обоснованных решений с учетом имеющихся ограничений	+	+	
		ОПК-3.18. Владеет методами выбора рационального способа снижения воздействия на окружающую среду	+	+	
12	ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Знает и соблюдает нормы информационной безопасности в профессиональной деятельности	+		+
		ОПК-4.2 Умеет решать инженерно-технические задачи и задачи вычислительной математики с применением современных программных комплексов и языков программирования			+
		ОПК-4.3 Владеет современными информационными технологиями при сборе, анализе, обработке и представлении информации	+	+	+



## **6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

### **6.1. Практические занятия**

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика» проведение практических занятий по практике «Учебная практика: ознакомительная практика» не предусмотрено.

### **6.2. Лабораторные занятия**

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии проведение лабораторных занятий по практике не предусмотрено.

## **7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

Рабочей программой практики «Учебная практика: ознакомительная практика» предусмотрена самостоятельная работа обучающихся в объеме 108 акад. часов (81 астрон. часов)

Самостоятельная работа проводится с целью закрепления знаний по практике и предусматривает:

- этапы ознакомления с учебной и научной деятельностью кафедры КХТП и факультета ЦиТХИи, центра коллективного пользования и других мест проведения практики;
- этап практического решения индивидуальных задач с использованием стандартного программного обеспечения.

Ознакомление осуществляется в виде экскурсий в указанные подразделения, прослушивания и конспектирования обзорных лекций и самостоятельного изучения материалов на сайтах подразделений (лабораторного оборудования, установок и т.п.).

При посещении лабораторий и подразделений и ознакомления с их деятельностью обучающийся должен собрать материал, необходимый для подготовки отчета по практике.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ**

Итоговая оценка по учебной практике (зачет с оценкой, максимальная оценка – 100 баллов) выставляется студенту по итогам написания отчета о прохождении практики (максимальная оценка за отчет о прохождении практики – 60 баллов) и итогового опроса студента (максимальная оценка за итоговый опрос – 40 баллов).

### **8.1. Примеры оценочных средств текущего контроля знаний**

1. Расскажите об аппаратном оборудовании учебных и научных подразделений факультета и университета.
2. Расскажите о лабораторном оборудовании и установках лаборатории моделирования химико-технологических процессов (теплообменных, массообменных, реакционных).
3. Расскажите о лаборатории электронной микроскопии центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева.
4. Расскажите о лаборатории атомно-абсорбционной спектроскопии центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева.
5. Расскажите о лаборатории молекулярной оптической спектроскопии центра

коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева.

6. Расскажите об использовании современных систем автоматизированного, электронного и дистанционного обучения на кафедре КХТП, факультете ЦИТХИ и университете.

7. Приведите примеры баз данных и информационных систем для поиска информации для решения задач моделирования и проектирования химической технологии.

8. Приведите примеры настроек основных элементов учебного курса в междисциплинарной автоматизированной системе обучения в СДО Moodle.

9. Расскажите про подготовку и реализацию баз данных в междисциплинарной автоматизированной системе обучения в СДО Moodle на основе изучения каталогов по технологическому оборудованию химических производств.

10. Расскажите об особенностях реализации различных типов вопросов в СДО Moodle и приведите примеры подготовки банка вопросов по выбранной теме.

11. Расскажите о программном комплексе TOXI+Risk, функциональном назначении основных программных модулей и его использовании для расчетов опасных производственных объектов химической и нефтехимической промышленности.

12. Какие исходные данные задаются в программном комплексе TOXI+Risk для анализа риска опасных производственных объектов.

13. Расскажите о способах отображения результатов в программном комплексе TOXI+Risk и правильной их интерпретации специалистом – исследователем.

14. Расскажите об алгоритмах классификации опасности отходов для человека и окружающей среды.

15. Расскажите о программном обеспечении для классификации опасностей химической продукции. Приведите примеры классификации опасности индивидуального вещества.

16. Расскажите о программном модуле для решения задачи эвакуации в программном комплексе TOXI+Risk. Приведите примеры таких задач для учебных и научных организаций.

## **8.2. Примерная тематика реферативно-аналитической работы**

*Реферативно-аналитическая работа не предусмотрена*

## **8.3. Вопросы для итогового контроля освоения практики (Зачет с оценкой)**

1. Расскажите историю становления и развития кафедры КХТП и об основных направлениях их учебной и научной деятельности.

2. Какие направления научной деятельности наиболее востребованы на современном рынке труда?

3. Расскажите о лабораторном оборудовании и установках лаборатории управления химико-технологическими процессами и системами, оснащенной современными системами цифрового управления.

4. Расскажите о лабораторном оборудовании, установках и приборах химической лаборатории кафедры кибернетики химико-технологических процессов для проведения химических экспериментов.

5. Расскажите об аналитических исследованиях, проводимых в центре коллективного пользования.

6. Расскажите о методах сбора и обработки экспериментальных данных. Приведите примеры.

7. Расскажите о компьютерном моделировании, используемом для учебного процесса и научных исследованиях, проводимых на кафедре КХТП.

8. Приведите примеры автоматизации научных исследований и автоматизированной обработки данных в лабораториях и подразделениях – местах экскурсий.

9. Проведите сравнительный анализ современных автоматизированных, электронных и дистанционных технологий обучения при подготовке химиков – технологов.

10. Расскажите о специализированном программном обеспечении, используемом на кафедрах факультета ЦиТХИИ для решения химико-технологических и других задач.

11. Расскажите о проблеме классификации отходов промышленных предприятий. Приведите примеры отходов некоторых предприятий.

12. Расскажите о программном обеспечении для классификации отходов промышленных предприятий.

13. Расскажите о проблеме классификации опасностей химической продукции.

14. Расскажите об информационных источниках, которые рекомендуется использовать для решения задач классификации опасностей химической продукции.

15. Расскажите о программном обеспечении для классификации опасностей химической продукции. Приведите примеры классификации опасности смесевой химической продукции.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

#### 8.4. Структура и пример билета зачета с оценкой

Зачет с оценкой по практике «Учебная практика: ознакомительная практика» включает 2 контрольных вопроса, *каждый из которых оценивается максимально в 20 баллов.*

Пример билета к зачету с оценкой:

<p>«<u>Утверждаю</u>» <u>Зав. каф. КХТП</u> (Должность, название кафедры)</p> <p><u>Глебов М.Б.</u> (Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<p><b>Министерство науки и высшего образования РФ</b></p>
	<p><b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b></p> <p><b>Кафедра кибернетики химико-технологических процессов</b></p> <p><b>18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</b></p> <p><b>Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»</b></p> <p><b>«Учебная практика: ознакомительная практика»</b></p>
<p><b>Билет № 1</b></p> <p>1. Расскажите о лабораторном оборудовании и установках лаборатории моделирования химико-технологических процессов (теплообменных, массообменных, реакционных).</p> <p>2. Приведите примеры автоматизации научных исследований и автоматизированной обработки данных в лабораториях и подразделениях – местах экскурсий.</p>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### *А. Основная литература*

1. Требования к оформлению выпускных квалификационных (дипломных) и курсовых работ [Текст] : методические указания / сост.: В. М. Аристов, С. Г. Комарова, Х. А. Невмятулина. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. - 35 с.

#### *Б. Дополнительная литература*

1. Филиппова Е.Б., Савицкая Т.В. Методические рекомендации по выполнению и подготовке к защите выпускных квалификационных работ студентов факультета информационных технологий и управления – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева –2012- 28 с.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика», ISSN – 2073-0004;
- «СТА: современные технологии автоматизации», ISSN – 0206-975X;
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;
- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Стандарты и качество», ISSN – 0038-9692;
- «Контроль качества продукции», ISSN – 2541-9900;
- «Безопасность труда в промышленности», ISSN – 0409-2961;
- «Интеллектуальные системы в производстве», ISSN (печатной версии) – 1813-7911, ISSN (онлайновой версии) – 2410-9304;
- «Интеллектуальные системы. Теория и приложения», ISSN – 2411-4448;
- «Безопасность в техносфере», ISSN – 1998-071X;
- «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN – 2073-2597;
- «Химическое и нефтегазовое машиностроение», ISSN – 023-1126.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Официальный сайт «РХТУ им. Д.И. Менделеева» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://muctr.ru/> (дата обращения: 15.04.2022).
2. Официальный сайт «Центр коллективного пользования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ckr-rf.ru> (дата обращения: 15.04.2022).
3. Официальный сайт Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева. Подразделения. Факультет цифровых технологий и химического инжиниринга. Кафедра кибернетики химико-технологических процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.muctr.ru/university/departments/khttp/info/> (дата обращения 15.04.2022).
4. Официальный сайт «Аэрогели» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aerogel-russia.ru> (Дата обращения 15.01.2022).
5. Информационно-правовой портал «Гарант» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/> (дата обращения: 15.04.2022).
6. Междисциплинарная автоматизированная система обучения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: - <http://cis.muctr.ru/alk> (дата обращения: 15.04.2022) (доступно в локальной сети кафедры КХТП).

### 9.3. Средства обеспечения освоения практики

Для реализации практики подготовлены следующие средства обеспечения освоения практики:

- банки тестовых заданий для итогового контроля прохождения практики;
- методические указания для подготовки отчета по учебной практике.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн с использованием LMS Moodle, включая обмен сообщениями, новостной форум и др., и платформы проведения видеоконференций ZOOM, Pruffme, Discord.

Руководители практики для взаимодействия со студентами также используют групповой чат в ЭИОС, индивидуальные чаты и тематические группы в социальной сети <http://vk.com/>, групповые онлайн-конференции и индивидуальные онлайн-собеседования с использованием платформ проведения видеоконференцсвязи ZOOM, Pruffme, Discord.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по практике. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ**

В соответствии с учебным планом занятия по практике «Учебная практика: ознакомительная практика» проводятся в форме самостоятельной работы студента.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Кафедра кибернетики располагает 94 персональными компьютерами, из которых 54 компьютеров используются в образовательном процессе. При этом число компьютеров, объединенных в локальные сети и имеющих выход в интернет 94. Все персональные компьютеры современные с процессорами Pentium II и выше.

Кафедра кибернетики располагает компьютерными классами на 15 посадочных мест (ауд. 243а), 16 посадочных мест (ауд. 247), на 8 посадочных мест (ауд.112), 9 посадочных мест (ауд.111), 3 учебно-научными лабораториями: лабораторией

современных средств автоматизации, лабораторией математического моделирования и лабораторией гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория). Все лаборатории оснащены необходимыми приборами и аппаратами.

Лаборатория современных средств автоматизации (ауд. 244) оснащена: 1) двухпозиционной системой управления калорифером на базе ТРМ-2, 2) двухпозиционной системой регулирования температуры жидкости в емкости с мешалкой на базе 2ТРМ1 3) трёхпозиционной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости с мешалкой на базе ИРТ5920, 4) переносной трёхпозиционной системой регулирования температуры воздуха на базе ИРТ5920Н, 5) системой непосредственного цифрового управления калорифером с использованием БУСТ, 6) импульсной системой управления калорифером с использованием широтно-импульсной модуляции на базе ТРМ12-РiС, 7) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры на выходе из калорифера на базе ТРМ101, 8) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости на базе ТРМ101, 9) каскадной автоматической системой регулирования уровня на базе контроллера СуВго2, 10) микропроцессорной системой управления объектом периодического действия на базе программируемого логического контроллера ПЛК150, 11) микропроцессорной системой управления калорифером на базе программируемого логического контроллера ПЛК150, 12) микропроцессорной системой управления климатической камерой КК-350 ТХВ на базе программируемого логического контроллера ПЛК150. Каждая установка имеет автоматизированное рабочее место, основу которого составляет ПК с системным блоком, напрямую соединённым через СОМ-порт с базовыми микропроцессорными устройствами. Все 12 ПК объединены в единую лабораторную сеть, имеют необходимое программное обеспечение и доступ в Интернет.

Лаборатория математического моделирования (ауд. 243) оснащена установками теплообмена, ректификации, абсорбции, кристаллизации, фазового равновесия, сушки, химическим реактором, мембранной установкой, аэротенком. Для занятий используются 2 ПК с предустановленным программным обеспечением.

Лаборатория гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория, ауд. 207) оснащена каталитической установкой для проведения химических реакций, насадочной ректификационной установкой «Луммарк», установками ректификации, газоанализатором «ГИАМ-310-02-2-2», газовым хроматографом 3700 с двумя капиллярными и четырьмя насадочными колонками, ПИД регулятором одноканальным ТРМ-101-СС.

На кафедре КХТП имеется учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебные аудитории для проведения практических занятий, оборудованные электронными средствами демонстрации; компьютерные классы с предустановленным программным обеспечением для выполнения практических работ; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет для организации самостоятельной работы и выполнения индивидуальных заданий.

## **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

В процессе выполнения практики «Учебная практика: ознакомительная практика» доступна рабочая программа, размещенная на сайте междисциплинарной автоматизированной системы обучения в LMS Moodle <http://cis.muotr.ru/alk/>. Студенты могут использовать электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, размещенные на данном сайте по отдельным лекциям учебных дисциплин, преподаваемым в соответствии с учебным планом. Доступны комплексы лабораторных работ по различным дисциплинам, включающие типовые примеры выполнения работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с моделирующим программным обеспечением.

Используются компьютерные конспекты лекций; видеоуроки для проведения практических занятий, направленных на приобретение навыков работы со специализированным программным обеспечением; электронные учебные пособия; глоссарии основных понятий и определений в предметной области. Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

На кафедре КХТП для организации учебной практики имеются персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводные точки доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

При необходимости использования аудиовизуального материала при проведении обсуждения материалов практики в виде презентации и защите отчетов по «Учебная практика: практика по получению первичных профессиональных умений и навыков» на кафедре имеются проекторы, настенные и переносные экраны, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Для организации самостоятельной работы обучающихся, выполнения индивидуальных заданий и подготовки отчета по учебной практике доступны информационно-образовательные и информационно-справочные материалы, размещенные на сайте междисциплинарной автоматизированной системы обучения <http://cis.muotr.ru/alk/> в разделе «Учебная практика». Размещены презентации лекций, теоретические положения к выполнению заданий в программных комплексах, руководства по работе с моделирующим программным обеспечением, требования к оформлению результатов расчетов, примеры к выполнению заданий по разработке баз данных по типовому оборудованию химических производств и др.

Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

Бакалавры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при изучении учебных дисциплин и написания выпускной квалификационной работы.

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

На кафедре для проведения учебной практики имеются следующие электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; инновационный учебно-методический комплекс по проблемам химической безопасности и биологической безопасности; специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения и другие.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на образовательном сайте междисциплинарной АСО <http://cis.muotr.ru/alk/>, разработанном на кафедре.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для бакалавров, высокая. Ко всем научным изданиям и

учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет. Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на сайте кафедры <http://khttp.muctr.ru>.

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество	Срок окончания действия лицензии
1.	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	25	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
2	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
4	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
5	System Identification Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная



<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование программного продукта</b>	<b>Реквизиты договора поставки</b>	<b>Количество</b>	<b>Срок окончания действия лицензии</b>
	License)			
6	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
7	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
8	Global Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
9	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
10	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
11	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
12	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477	36	бессрочная
13	Microsoft Windows Server - Standard 2008	Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open License Номер лицензии 61068797	9	бессрочно
14	Microsoft Windows 8.1	Контракт № 62-	16	бессрочная

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество	Срок окончания действия лицензии
	Professional Get Genuine	64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478		
15	Интегрированная среда разработки приложений TRACE MODE 6	Доступна на сайте разработчика по ссылке <a href="http://www.adastra.ru/products/dev/scada/">http://www.adastra.ru/products/dev/scada/</a>	-	Бессрочная
16	Toxi+Risk	Письмо о передаче: исх. от 21.09.2016 № ЕЮ-01/1860	10 одновременно работающих лицензий	бессрочная

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Ознакомление с историей и направлениями деятельности учебных и научных подразделений кафедры кибернетики химико-технологических процессов факультета цифровых технологий и химического инжиниринга, центра коллективного пользования, международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических технологий и других мест проведения практики.	<i>Знает:</i> – особенности организации учебной и научной деятельности в лабораториях, кафедрах и подразделениях РХТУ; – основные виды лабораторного и технологического оборудования, контрольно-измерительных приборов, области их использования; <i>Умеет:</i> – проводить поиск информации с использованием открытых баз данных и информационных систем по выбранному направлению исследований и сравнение их с экспериментальными данными;	Оценка за отчет по практике  Оценка при сдаче зачета с оценкой
Раздел 2. Посещение и ознакомление с лабораториями	<i>Знает:</i> – основные виды лабораторного и технологического оборудования,	Оценка за отчет по практике

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
подразделений.	<p>контрольно-измерительных приборов, области их использования;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные технологические параметры химико-технологических процессов, способы их контроля и управления;</li> <li>– основные математические методы обработки экспериментальных данных и их использование в учебном процессе;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить поиск информации с использованием открытых баз данных и информационных систем по выбранному направлению исследований и сравнение их с экспериментальными данными;</li> <li>– применять теоретические методы анализа и обработки исходных данных с лабораторных установок с использованием стандартного программного обеспечения;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками использования стандартных компьютерных программ для обработки экспериментальных данных;</li> </ul>	Оценка при сдаче зачета с оценкой
Раздел 3. Подготовка отчета о прохождении учебной практики: ознакомительной практики.	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные математические методы обработки экспериментальных данных и их использование в учебном процессе;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить поиск информации с использованием открытых баз данных и информационных систем по выбранному направлению исследований и сравнение их с экспериментальными данными;</li> <li>– применять теоретические методы анализа и обработки исходных данных с лабораторных установок с использованием стандартного программного обеспечения;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками использования стандартных компьютерных программ для обработки экспериментальных данных;</li> <li>– навыками изложения полученных знаний в виде отчета о прохождении практики, описания исходных материалов, лабораторного оборудования, и измерения параметров процессов.</li> </ul>	<p>Оценка за отчет по практике</p> <p>Оценка при сдаче зачета с оценкой</p>

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 , протокол № , введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 № ;

– Положением о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 , протокол № 4, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 № ;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе практики  
«Учебная практика: ознакомительная практика»  
основной образовательной программы  
18.03.02. «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии»**

**«Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»**

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

«25» мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ**

**«Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика»**

**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки – "Основные процессы химических производств и химическая кибернетика"**

**Квалификация – «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

Москва 2022

Программа составлена

д.т.н., профессором, заведующим кафедрой кибернетики химико-технологических процессов

М.Б. Глебовым,

д.т.н., профессором, профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов

Т.В. Савицкой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «26» апреля 2022 г., протокол № 7.

---

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (ФГОС ВО), профиль «**Основные процессы химических производств и химическая кибернетика**», рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом проведения практик кафедрой **кибернетики химико-технологических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана блока «Практики Б2.В.01(П) и рассчитана на прохождение обучающимися в 6 семестре (3 курс) обучения. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области неорганической, органической, физической химии, процессов и аппаратов химической технологии, методов оптимизации и планирования эксперимента.

**Цель практики** – получение профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности путем самостоятельного творческого выполнения задач, поставленных программой практики, связанных с практическим изучением технологических циклов производств различных видов химической продукции, структуры предприятия, методов и особенностей управления производственным процессом. Формирование у обучающегося способности осуществлять энерго- и ресурсосберегающий технологический процесс производства различных видов химической продукции.

**Задачами практики** являются:

– формирование у обучающихся компетенций, связанных с целостным представлением об основных технологических процессах производств химической, нефтехимической и биотехнологической продукции, организацией и структурой предприятий по их производству;

– формирование способности и готовности осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для контроля основных параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции;

– формирование способности работать с нормативно-технической документацией, способности и готовности участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, в том числе с использованием методов математического моделирования.

Способ проведения практики: **стационарная.**

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа практики может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Проведение практики способствует формированию следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

**Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:**

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Разработка и	УК-2. Способен	УК-2.1. Знает правила и условности при



реализация проектов	определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	выполнении конструкторской документации проекта; УК-2.3. Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности; УК-2.6. Умеет решать конкретные задачи проекта требуемого качества и за установленное время.
---------------------	---	--

**Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения: учебным планом не предусмотрены.**

**Профессиональные компетенции и индикаторных достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Для всего направления</b>				
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по
			ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	
			ПК-1.3. Владеет навыками осуществления технологического процесса в соответствии с регламентом	
			ПК-1.4. Знает основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры; функциональный состав и компоненты химического производства; основы теории химических процессов, методологию	

			<p>исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, типовые химические процессы и их аппаратное оформление; концепции синтеза химико-технологических систем; основные химические производства</p>	<p>отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>
			<p>ПК-1.5. Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры оптимальной организации процесса в химическом реакторе; рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта; оценивать технологическую эффективность химико-технологического процесса</p>	
<p><b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b></p>				

<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-2. Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные</p>	<p>ПК-2.1. Знает основные методы и приемы пробоотбора и пробоподготовки анализируемых объектов, методы разделения и концентрирования веществ</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>
			<p>ПК-2.2. Умеет проводить лабораторные исследования, замеры и анализы отобранных проб</p>	
			<p>ПК-2.3. Владеть навыками работы на аналитическом оборудовании и правилами его эксплуатации</p>	

Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки	
			ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов		Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
			ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов		
<b>Профиль “Основные процессы химических производств и химическая кибернетика”</b>					
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>					
Выполнение	Химическое,	ПК-4. Способен	ПК-4.1. Знает методы сбора,	Анализ требований к	

<p>фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации</p>	<p>химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий</p>	<p>анализа и систематизации экспериментальных данных, обобщения научно-технической информации в области профессиональной деятельности с использованием информационных компьютерных технологий</p>	<p>профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки</p> <p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/01.5. Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований (уровень квалификации – 5).</p> <p>А/02.5. Осуществление выполнения</p>
			<p>ПК-4.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии и специализированное программное обеспечение для решения научно-исследовательских задач в области энерго- и ресурсосбережения</p>	
			<p>ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов</p>	

				экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
Исследование и разработка средств и систем автоматизации и управления различного назначения, в том числе жизненным циклом продукции и ее качеством применительно к конкретным условиям производства на основе отечественных и международных нормативных документов	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-5. Способен проводить расчеты и выбирать средства автоматизации и управления технологическими процессами и системами в области профессиональной деятельности	ПК-5.1. Знает основные этапы анализа и синтеза одно- и многоконтурных систем автоматического регулирования химико-технологических процессов	Профессиональный стандарт 40.057 "Специалист по автоматизированным системам управления машиностроительным предприятием" утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28.09.2020 N 658н Обобщенная трудовая функция С. Разработка АСУП. С/01.6. Определение целесообразности автоматизации процессов управления в организации (уровень квалификации – 6) С/02.6. Разработка информационного обеспечения АСУП (уровень квалификации – 6)
			ПК-5.2. Умеет составлять базовую схему регулирования химико-технологического процесса с использованием принятых обозначений, использовать современные программно-аппаратные средства автоматизированного управления	
			ПК-5.3. Владеет методами расчета, сравнения и выбора оптимальных схем регулирования технологических процессов с использованием специализированного программного обеспечения.	
Предотвращение (минимизация)	Химическое, химико-	ПК-6. Способен формулировать и	ПК-6.1. Знает методы и модели эколого-	Профессиональный стандарт 40.117. "Специалист по экологической

негативного воздействия производственной деятельности промышленной организации на окружающую среду	технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	решать задачи экологической безопасности энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности	экономического анализа и прогнозирования последствий негативных воздействий объектов профессиональной деятельности	безопасности (в промышленности)» утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2020 № 569н. Обобщенная трудовая функция С. Разработка и проведение мероприятий по повышению эффективности природоохранной деятельности организации С/01.6. Проведение экологического анализа проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования в организации (уровень квалификации – б). С/02.6. Экологическое обеспечение производства новой продукции в организации (уровень квалификации – б). С/03.6. Разработка и эколого-экономическое обоснование планов внедрения новой природоохранной техники и технологий в организации (уровень квалификации – б). С/04.6. Установление причин и последствий аварийных выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, подготовка предложений по предупреждению негативных последствий (уровень
			ПК-6.2. Умеет проводить эколого-экономические расчеты и оценку экологических рисков при разработке новых и совершенствовании существующих энерго- и ресурсосберегающих химических, нефтехимических и биотехнологических производств с использованием специализированного программного обеспечения	
			ПК-6.3. Владеет способами анализа и оценки последствий негативных воздействий предприятий химической промышленности на человека и окружающую среду с использованием информационных компьютерных технологий и специализированных	



			программных средств	квалификации – 6).
--	--	--	---------------------	--------------------

В результате прохождения практики студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- технологические процессы и основное технологическое оборудование, используемое в химико-технологических производствах;
- основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции;
- основные нормативные документы по стандартизации и сертификации продукции химических предприятий;
- правила техники безопасности и производственной санитарии; организационную структуру предприятия;

*Уметь:*

- проводить анализ технологических процессов, технологического оборудования, химико-технологических систем как объектов моделирования, проектирования, оптимизации и управления;
- применять на практике теоретические знания в области математического моделирования энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических процессов;
- анализировать техническую документацию, реализовывать на практике требования нормативной документации в области создания энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

*Владеть:*

- методами проектирования технологических линий и подбора технологического оборудования, методами управления технологическими процессами и выбора программно-аппаратных средств контроля и управления технологическими процессами;
- методами проведения вычислительных экспериментов с использованием стандартного и специализированного программного обеспечения;
- способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.

### 3. ОБЪЕМ ПРАКТИКИ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Практика проводится в 6 семестре. Контроль освоения студентами материала практики осуществляется путем проведения зачета с оценкой.

Вид учебной работы	Объем практики		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость практики</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	-	-	-
Вид контактной работы ( <i>при наличии</i> ):	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
в том числе в форме практической подготовки:	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
Контактная самостоятельная работа ( <i>АттК из УП для зач / зач с оц.</i> )	3	0.4	0.3
Самостоятельное изучение разделов практики ( <i>или другие виды самостоятельной работы</i> )		107.6	80.7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

### 4.1. Разделы практики

Разделы	Раздел практики	Самостоятельная работа, акад. ч.
Раздел 1	Ознакомление с технологией производства и местом производственной практики	36
Раздел 2	Практическое освоение технологических процессов и методов их контроля на предприятиях химической промышленности на основе изучения технологических регламентов производств, проведение моделирования химико-технологических процессов с использованием стандартного программного обеспечения (индивидуальное задание).	54
Раздел 3	Систематизация материала, подготовка отчета	18
	<b>Всего часов</b>	<b>108</b>

### 4.2. Содержание разделов практики

Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика направлена на закрепление теоретических знаний, полученных обучающимися при изучении программы бакалавриата, и развитие у обучающихся навыков научно-исследовательской деятельности.

Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика состоит из двух этапов:

- ознакомление с технологией производства и местом производственной практики;
- практическое освоение технологических процессов и методов их контроля на предприятиях химической промышленности на основе изучения технологических регламентов производств, проведение моделирования химико-технологических процессов с использованием стандартного программного обеспечения (индивидуальное задание).

#### **Раздел 1. Ознакомление с технологией производства и местом производственной практики.**

Ознакомление с технологией производства осуществляется в виде экскурсий на предприятия соответствующего профиля. А также путем изучения технологических и технических документов, предоставляемых организациями – местами производственной практики. При посещении предприятия (организации) и ознакомления с деятельностью объекта исследования обучающийся должен собрать материал, необходимый для подготовки отчета по практике.

Отчет по практике включает:

- историческую справку о предприятии;
- номенклатуру выпускаемой продукции;
- виды и нормы расхода сырьевых материалов;
- описание основных технологических процессов производства;
- методы контроля технологических параметров процессов;
- мероприятия по устранению отклонений (нарушений) режимных параметров работы оборудования и технологических процессов;
- методы безопасного ведения технологических процессов;

- характеристики источников выбросов, сбросов и образования отходов на предприятии;
- методы и средства защиты от вредных негативных факторов на предприятии;
- описание средств автоматизации и управления производством и характеристики технических и др.

**Раздел 2. Практическое освоение технологических процессов и методов их контроля на предприятиях химической промышленности на основе изучения технологических регламентов производств, проведение моделирования химико-технологических процессов с использованием стандартного программного обеспечения (индивидуальное задание).**

Практическое освоение технологических процессов на конкретном предприятии обучающийся осуществляет в соответствии с индивидуальным заданием по практике, которое включает:

- изучение ассортимента выпускаемой продукции, их видов и марок;
- требования ГОСТ Р и другой нормативной документации к качеству выпускаемой продукции;
- изучение сырьевых материалов и методов входного контроля качества;
- методы и методики проведения испытаний и контроля качества химической продукции и различных видов ее опасностей;
- изучение параметров технологического процесса, предусмотренных в регламенте, и методов его контроля;
- подробное описание вида и типа оборудования для осуществления конкретного технологического процесса;
- изучение методов контроля и диагностики неисправностей и отказов оборудования, контрольно-измерительных приборов и др.;
- действия обслуживающего персонала при чрезвычайных ситуациях на основе изучения технологических регламентов и планов локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- изучение функциональных возможностей специализированного программного обеспечения для решения задач моделирования, оптимизации, проектирования и управления химико-технологическими процессами и системами и приобретение практических навыков работы с использованием одного или нескольких программных средств.

При выполнении индивидуального задания студент должен собрать материалы по структуре предприятия, методам управления, системе сбыта готовой продукции, методам контроля и управления качеством окружающей среды на предприятии, возможным технологическим нарушениям и отклонениям и др.

**Раздел 3. Систематизация материала, подготовка отчета**

Обобщение и систематизация данных по структуре, технологии производства, применяемому оборудованию, выпускаемой предприятием продукции, методам и формам контроля продукции. Поиск и сбор недостающих данных для расчетов с использованием специализированного программного обеспечения. Подготовка и написание отчета по практике. Подготовка и написание отчета по выполнению индивидуального задания.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

№	В результате прохождения практики студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>			
1	– технологические процессы и основное технологическое оборудование, используемое в химико-технологических производствах;	+	+	+
2	– основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции;		+	+
3	– основные нормативные документы по стандартизации и сертификации продукции химических предприятий;	+	+	+
4	– правила техники безопасности и производственной санитарии; организационную структуру предприятия;	+	+	
	<b>Уметь:</b>			
8	– проводить анализ технологических процессов, технологического оборудования, химико-технологических систем как объектов моделирования, проектирования, оптимизации и управления;		+	+
9	– применять на практике теоретические знания в области математического моделирования энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических процессов;		+	+
10	– анализировать техническую документацию, реализовывать на практике требования нормативной документации в области создания энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;	+	+	
	<b>Владеть:</b>			
12	– методами проектирования технологических линий и подбора технологического оборудования, методами управления технологическими процессами и выбора программно-аппаратных средств контроля и управления технологическими процессами;		+	+
13	– методами проведения вычислительных экспериментов с использованием стандартного и специализированного программного обеспечения;		+	+
14	– способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.		+	+
В результате прохождения практики студент должен приобрести следующие <u>универсальные и профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>				

	<b>Код и наименование УК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения УК</b>			
16	– УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	– УК-2.1. Знает правила и условности при выполнении конструкторской документации проекта;	+	+	+
		– УК-2.3. Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности	+	+	+
		– УК-2.6. Умеет решать конкретные задачи проекта требуемого качества и за установленное время	+	+	+
17	– УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	– УК-4.2. Знает основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности, приемы работы с оригинальной литературой по специальности.	+	+	+
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
18	– ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья.	– ПК-1.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса.	+	+	+
		– ПК 1.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.	+	+	+
		– ПК-1.3 Владеет навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.	+	+	

		– ПК-1.4. Знает основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры; функциональный состав и компоненты химического производства; основы теории химических процессов, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и всех масштабных уровнях, типовые химические процессы и их аппаратное оформление; концепции синтеза химико-технологических систем; основные химические производства	+	+	+
		– ПК-1.5. Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры оптимальной организации процесса в химическом реакторе; рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта; оценивать технологическую эффективность химико-технологического процесса.	+	+	+
19	– ПК-2. Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные.	– ПК-2.1. Знает основные методы и приемы пробоотбора и пробоподготовки анализируемых объектов, методы разделения и концентрирования веществ.	+	+	+
		– ПК-2.2. Умеет проводить лабораторные исследования, замеры и анализы отобранных проб.	+	+	
		– ПК-2.3. Владеет навыками работы на аналитическом оборудовании и правилами его эксплуатации.	+	+	

20	– ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности.	– ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей.	+	+	+
		– ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго и ресурсосберегающих процессов.	+	+	+
		– ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов.	+	+	+
21	– ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий.	– ПК-4.1. Знает методы сбора, анализа и систематизации экспериментальных данных, обобщения научно-технической информации в области профессиональной деятельности с использованием информационных компьютерных технологий.	+	+	+
		– ПК-4.2. Умеет применять информационно-коммуникационные технологии и специализированное программное обеспечение для решения научно-исследовательских задач в области энерго- и ресурсосбережения.	+	+	+
		– ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов.	+	+	+



22	– ПК-5. Способен проводить расчеты и выбирать средства автоматизации и управления технологическими процессами и системами в области профессиональной деятельности.	– ПК-5.1. Знает основные этапы анализа и синтеза одно- и многоконтурных систем автоматического регулирования химико-технологических процессов.	+	+	+
		– ПК-5.2. Умеет составлять базовую схему регулирования химико-технологического процесса с использованием принятых обозначений, использовать современные программно-аппаратные средства автоматизированного управления.	+	+	+
		– ПК-5.3. Владеет методами расчета, сравнения и выбора оптимальных схем регулирования технологических процессов с использованием специализированного программного обеспечения.	+	+	
23	– ПК-6. Способен формулировать и решать задачи экологической безопасности энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности.	– ПК-6.1. Знает методы и модели эколого-экономического анализа и прогнозирования последствий негативных воздействий объектов профессиональной деятельности.	+	+	+
		– ПК-6.2. Умеет проводить эколого-экономические расчеты и оценку экологических рисков при разработке новых и совершенствовании существующих энерго- и ресурсосберегающих химических, нефтехимических и биотехнологических производств с использованием специализированного программного обеспечения.	+	+	+
		– ПК-6.3. Владеет способами анализа и оценки последствий негативных воздействий предприятий химической промышленности на человека и окружающую среду с использованием информационных компьютерных технологий и специализированных программных средств.	+	+	+

## **6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

### **6.1. Практические занятия**

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии* проведение практических занятий по практике не предусмотрено.

### **6.2. Лабораторные занятия**

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии* проведение лабораторных занятий по практике не предусмотрено.

## **7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

Рабочей программой практики предусмотрена самостоятельная работа обучающегося на предприятии или в научно-исследовательской, проектно-конструкторской, инжиниринговой и других организациях химико-технологического или смежного профиля под руководством руководителя практики.

К прохождению практики на территории предприятия допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности, внутреннему распорядку предприятия и прослушавшие лекции о структуре завода и организации производственного процесса. Регламент практики определяется и устанавливается в соответствии с учебным планом.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ**

Итоговая оценка по практике (зачет с оценкой, максимальная оценка – 100 баллов) выставляется студенту по итогам написания отчета о прохождении практики (максимальная оценка за отчет о прохождении практики – 60 баллов), и итогового опроса студента (максимальная оценка за итоговый опрос – 40 баллов).

### **8.1. Требования к отчету о прохождении практики**

Отчет о прохождении практики выполняется студентом во время прохождения практики в соответствии с календарным учебным графиком учебного плана подготовки бакалавров по направлению подготовки *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии*, профиль «*Основные процессы химических производств и химическая кибернетика*».

Отчет должен содержать следующие основные структурные элементы:

- Титульный лист с наименованием вида практики и названия предприятия – места прохождения практики;
- Задание на производственную практику;
- Содержание отчета;
- Цели и задачи производственной практики;
- Краткая историческая справка о предприятии – места прохождения практики;
- Ассортимент и объемы продукции, производимой предприятием, с указанием нормативных документов и сертификатов на выпускаемую продукцию;
- Структура предприятия, основные производственные цеха и отделы;
- Технологическая схема процесса производства основного продукта с указанием

основного оборудования, применяемого для осуществления того или иного технологического процесса, при возможности – с указанием параметров работы основного технологического оборудования;

- Технологический контроль, контроль качества выпускаемой продукции с указанием нормативных документов, по которым производится контроль качества продукции и информационно-программных средств с использованием которых проводится контроль;

- Сведения об источниках выбросов, сбросов, образования отходов и мероприятия по защите окружающей среды, осуществляемые предприятием;

- Мероприятия по охране труда, технике безопасности и производственной санитарии на предприятии;

- Результаты выполнения индивидуального задания;

- Выводы о производственной практике, в которых необходимо отразить и содержательно раскрыть перечень профессиональных компетенций, приобретенных обучающимися в ходе выполнения производственной практики;

- Список источников информации для подготовки отчета.

Отчет о прохождении практики выполняется с помощью персонального компьютера на листах формата А4, поля – стандартные, шрифт – Times New Roman, 12, через 1,5 интервала. Желательно иллюстрировать текстовый материал рисунками и фотографиями, выполненными во время прохождения практики или полученными из сети Интернет.

Объем отчета не должен превышать 50 стр.

## **8.2. Примерная тематика индивидуальных заданий**

Индивидуальное задание выполняется обучающимся самостоятельно на основе сбора дополнительной информации во время прохождения производственной практики, а также информации, полученной из других источников, например, сети Интернет.

Индивидуальное задание направлено на углубленное изучение обучающимся тех или иных вопросов, связанных с деятельностью предприятия (организации, подразделения, отдела – места прохождения практики), технологических процессов, оборудования для их осуществления, технологических параметров процессов производства, контроля качества производимой продукции – объектов изучения и исследования как объектов моделирования энерго- и ресурсосберегающих процессов, оптимизации (минимизации негативных воздействий), источников опасности и т.п.

Отчет о выполнении индивидуального задания должен представляться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к отчету о прохождении производственной практики. Отчет о выполнении индивидуального задания должен включать текст, необходимые рисунки, формулы, схемы и фотографии, описания интерфейсов и руководств пользователей, протоколы расчетов.

Примерная тематика индивидуальных заданий представлена ниже.

1. Сбор, систематизация и анализ научной литературы по тематике научно-исследовательской работы с использованием отечественных библиотечных систем и баз данных.

2. Сбор, систематизация и анализ научной литературы по тематике научно-исследовательской работы с использованием международных баз цитирования.

3. Изучение объекта практического исследования как объекта моделирования, управления, проектирования, реконструкции, модернизации, оптимизации в зависимости от целей работы, систематизация результатов в виде раздела в отчет практики.

4. Изучение объекта практического исследования как источника промышленной и экологической опасности или как объекта энерго- и ресурсосбережения в зависимости от

целей научно-исследовательской работы, систематизация результатов в виде раздела в отчет практики.

5. Проведение лабораторных или практических экспериментов с использованием современных методик и технических средств по тематике исследования.

6. Проведение компьютерных экспериментов с использованием универсального и специализированного программного обеспечения по тематике научных исследований.

7. Освоение новых программных модулей, комплексов программных средств по тематике учебной и научной деятельности кафедр или профильных подразделений предприятий (организаций);

8. Тестирование программных комплексов, баз данных, разрабатываемых в рамках учебной и научно-исследовательской работы кафедр, предприятий, организаций. Составление или изучение руководств пользователей по работе с программными комплексами или базами данных, протоколов тестирования программного обеспечения.

9. Разработка докладов по материалам практического исследования и иллюстративного материала в форме постера.

10. Разработка доклада по материалам практического исследования и иллюстративного материала в форме презентации.

### **8.3. Примеры вопросов для итогового контроля освоения практики** *(Вид контроля зачет с оценкой)*

Перечень вопросов для итогового контроля:

1. Расскажите основные этапы исследования производственного объекта как объекта моделирования.

2. Расскажите основные этапы исследования производственного объекта как объекта управления.

3. Расскажите основные этапы исследования производственного объекта как объекта проектирования.

4. Расскажите основные этапы исследования производственного объекта как объекта реконструкции.

5. Расскажите основные этапы исследования производственного объекта как объекта модернизации.

6. Расскажите основные этапы исследования производственного объекта как объекта оптимизации.

7. Расскажите основные этапы анализа предприятия химической и смежных отраслей промышленности как источника промышленной опасности.

8. Расскажите основные этапы анализа предприятия химической и смежных отраслей промышленности как источника экологической опасности.

9. Расскажите основные этапы анализа предприятия химической и смежных отраслей промышленности как объекта энерго- и ресурсосбережения.

10. Расскажите о структуре технологического регламента химического или нефтеперерабатывающего производства.

11. Расскажите об основных источниках информации о свойствах химических веществ, полупродуктов, продуктов, используемых в технологии производства.

12. Расскажите о требованиях, предъявляемых к контролю качества продукции.

13. Приведите примеры использования универсального и специализированного программного обеспечения для составления материальных балансов непрерывных и периодических химико-технологических процессов и систем.

14. Приведите примеры общепроизводственных объектов химических производств. Какие требования предъявляются к их функционированию.

15. Приведите примеры организации контроля и управления технологическим процессом.

16. Какие требования, обеспечивающие экологическую безопасность, включают в технологический регламент?

17. Приведите примеры нормативных и нормативно-методических документов, регламентирующих деятельность промышленного предприятия.

18. Расскажите о средствах индивидуальной защиты работников химических предприятий.

19. Перечислите основные технологические параметры теплообменного процесса, которые подлежат контролю и управлению.

20. Перечислите основные технологические параметры массообменного процесса (газ-жидкость), которые подлежат контролю и управлению.

21. Перечислите основные требования к контролю качества химической продукции.

22. Приведите примеры расчета теплового баланса химического реактора

23. Приведите примеры специализированных баз данных и других информационных источников при проектировании химических производств.

24. Расскажите о способах обезвреживания отходов на предприятиях.

25. Расскажите о действиях производственного персонала при возникновении аварийных ситуаций.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

#### 8.4. Структура и пример билетов для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по практике включает 2 контрольных вопроса, каждый из которых оценивается максимально в 20 баллов.

Пример билета к зачету с оценкой:

<p style="text-align: center;"><i>Утверждаю»</i> <b>Зав. каф. КХТП</b> (Должность, название кафедры)  <u>Глебов М.Б.</u> (Подпись) (И. О. Фамилия)  «__» _____ 20__ г.</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра кибернетики химико-технологических процессов</b>
	<b>18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</b>
	<b>Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»</b>
	<b>«Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика»</b>
<b>Билет № 1</b>	
1. Расскажите основные этапы исследования производственного объекта как объекта моделирования.	
2. Перечислите основные технологические параметры теплообменного процесса, которые подлежат контролю и управлению.	

<p style="text-align: center;"><i>«Утверждаю»</i>  <b>Зав. каф. КХТП</b>          (Должность, название кафедры)</p> <p style="text-align: center;">_____ <b>Глебов М.Б.</b>          (Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p style="text-align: center;">«__» _____ 20__ г.</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра кибернетики химико-технологических процессов</b>
	<b>18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</b>
	<b>Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»</b>
<b>«Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика»</b>	
<b>Билет № 2</b>	
<p>1. Расскажите основные этапы анализа предприятия химической и смежных отраслей промышленности как объекта энерго- и ресурсосбережения.</p> <p>2. Приведите примеры использования универсального и специализированного программного обеспечения для составления материальных балансов непрерывных и периодических химико-технологических процессов и систем.</p>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### *А. Основная литература*

1. Требования к оформлению выпускных квалификационных (дипломных) и курсовых работ: методические указания / сост. В.М. Аристов, С.Г. Комарова, Х.А. Невмятулина. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. – 36 с.

#### *Б. Дополнительная литература*

1. Филиппова Е.Б., Савицкая Т.В. Методические рекомендации по выполнению и подготовке к защите выпускных квалификационных работ студентов факультета информационных технологий и управления – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева –2012- 28 с.

2. Глебов М. Б., Дудоров А. А. Моделирование массообменных процессов химической технологии [Текст] : учебное пособие.- М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. - 110 с.

3. Дубровский И. И. Проектирование автоматизированных систем управления химико-технологическими процессами и системами [Текст] : учебное пособие / И. И. Дубровский, В. Л. Лукьянов. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – 211 с.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Автоматизация в промышленности», ISSN – 1819-5962;
- «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика», ISSN – 2073-0004;

- «СТА: современные технологии автоматизации», ISSN – 0206-975X;
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;
- «Химическая промышленность сегодня, ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Стандарты и качество», ISSN – 0038-9692;
- «Контроль качества продукции», ISSN – 2541-9900;
- «Безопасность труда в промышленности», ISSN – 0409-2961;
- «Безопасность в техносфере», ISSN – 1998-071X;
- «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN – 2073-2597;
- «Химическое и нефтегазовое машиностроение», ISSN – 023-1126.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- Каталог оборудования группы компаний ТЭФОС, ООО ТД «Нефтехиммаш КО» (Нижний Новгород). [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.tefos.ru](http://www.tefos.ru) (дата обращения: 15.04.2022).
- Лабораторное оборудование компании «БИОХИМПРО». [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.biohimpro.ru](http://www.biohimpro.ru) (дата обращения: 15.04.2022).
- Официальный дистрибьютор высокотехнологичного оборудования химических процессов от ведущих производителей Китая компания АКІКО. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.akiko.ru](http://www.akiko.ru) (дата обращения: 15.04.2022).

### **9.3. Средства обеспечения освоения практики**

Для реализации практики подготовлены следующие средства обеспечения освоения практики:

- банки тестовых заданий для итогового контроля прохождения практики;
- методические указания для подготовки отчета по учебной практике.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн с использованием LMS Moodle, включая обмен сообщениями, новостной форум и др., и платформы проведения видеоконференций ZOOM, Pruffme, Discord.

Руководители практики для взаимодействия со студентами также используют групповой чат в ЭИОС, индивидуальные чаты и тематические группы в социальной сети <http://vk.com/>, групповые онлайн-конференции и индивидуальные онлайн-собеседования с использованием платформ проведения видеоконференцсвязи ZOOM, Pruffme, Discord.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по практике. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ**

В соответствии с учебным планом занятия по практике «Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика» проводятся в форме самостоятельной работы студента с использованием материально-технической базы Предприятия и Университета.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Кафедра кибернетики располагает 94 персональными компьютерами, из которых 54 компьютеров используются в образовательном процессе. При этом число компьютеров, объединенных в локальные сети и имеющих выход в интернет 94. Все персональные компьютеры современные с процессорами Pentium II и выше.

Кафедра кибернетики располагает компьютерными классами на 15 посадочных мест (ауд. 243а), 16 посадочных мест (ауд. 247), на 8 посадочных мест (ауд.112), 9 посадочных мест (ауд.111), 3 учебно-научными лабораториями: лабораторией современных средств автоматизации, лабораторией математического моделирования и лабораторией гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория). Все лаборатории оснащены необходимыми приборами и аппаратами.

Лаборатория современных средств автоматизации (ауд. 244) оснащена: 1) двухпозиционной системой управления калорифером на базе ТРМ-2, 2) двухпозиционной системой регулирования температуры жидкости в емкости с мешалкой на базе 2ТРМ1 3) трёхпозиционной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости с мешалкой на базе ИРТ5920, 4) переносной трёхпозиционной системой регулирования температуры воздуха на базе ИРТ5920Н, 5) системой непосредственного цифрового управления калорифером с использованием БУСТ, 6) импульсной системой управления калорифером с использованием широтно-импульсной модуляции на базе ТРМ12-РiС, 7) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры на выходе из калорифера на базе ТРМ101, 8) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости на базе ТРМ101, 9) каскадной автоматической системой регулирования уровня на базе контроллера СуBro2, 10) микропроцессорной системой управления объектом периодического действия на базе программируемого логического контроллера ПЛК150, 11) микропроцессорной системой управления калорифером на базе программируемого логического контроллера ПЛК150, 12) микропроцессорной системой управления



климатической камерой КК-350 ТХВ на базе программируемого логического контроллера ПЛК150. Каждая установка имеет автоматизированное рабочее место, основу которого составляет ПК с системным блоком, напрямую соединённым через СОМ-порт с базовыми микропроцессорными устройствами. Все 12 ПК объединены в единую лабораторную сеть, имеют необходимое программное обеспечение и доступ в Интернет.

Лаборатория математического моделирования (ауд. 243) оснащена установками теплообмена, ректификации, абсорбции, кристаллизации, фазового равновесия, сушки, химическим реактором, мембранной установкой, аэротенком. Для занятий используются 2 ПК с предустановленным программным обеспечением.

Лаборатория гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория, ауд. 207) оснащена каталитической установкой для проведения химических реакций, насадочной ректификационной установкой «Луммарк», установками ректификации, газоанализатором «ГИАМ-310-02-2-2», газовым хроматографом 3700 с двумя капиллярными и четырьмя насадочными колонками, ПИД регулятором одноканальным ТРМ-101-СС.

На кафедре КХТП имеется учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебные аудитории для проведения практических занятий, оборудованные электронными средствами демонстрации; компьютерные классы с предустановленным программным обеспечением для выполнения практических работ; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет для организации самостоятельной работы и выполнения индивидуальных заданий.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

В процессе выполнения практики «Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика» доступна рабочая программа, размещенная на сайте междисциплинарной автоматизированной системы обучения в LMS Moodle <http://cis.muctr.ru/alk/>. Студенты могут использовать электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, размещенные на данном сайте по отдельным лекциям учебных дисциплин, преподаваемым в соответствии с учебным планом. Доступны комплексы лабораторных работ по различным дисциплинам, включающие типовые примеры выполнения работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с моделирующим программным обеспечением.

Используются компьютерные конспекты лекций; видеоуроки для проведения практических занятий, направленных на приобретение навыков работы со специализированным программным обеспечением; электронные учебные пособия; глоссарии основных понятий и определений в предметной области. Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

На кафедре КХТП для организации производственной практики имеются персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводные точки доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

При необходимости использования аудиовизуального материала при проведении обсуждения материалов практики в виде презентации и защите отчетов по «Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика» на кафедре имеются проекторы, настенные и переносные экраны, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

#### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Для организации самостоятельной работы обучающихся, выполнения индивидуальных заданий и подготовки отчета по производственной практике доступны информационно-образовательные и информационно-справочные материалы, размещенные на сайте междисциплинарной автоматизированной системы обучения <http://cis.muotr.ru/alk/> в разделе «Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика». Размещены презентации лекций, теоретические положения к выполнению заданий в программных комплексах, руководства по работе с моделирующим программным обеспечением, требования к оформлению результатов расчетов, примеры к выполнению заданий по разработке баз данных по типовому оборудованию химических производств и др.

Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

Бакалавры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при изучении учебных дисциплин и написания выпускной квалификационной работы.

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

На кафедре для проведения производственной практики имеются следующие электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; инновационный учебно-методический комплекс по проблемам химической безопасности и биологической безопасности; специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения и другие.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на образовательном сайте междисциплинарной АСО <http://cis.muotr.ru/alk/>, разработанном на кафедре.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для бакалавров, высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на сайте кафедры <http://khtp.muotr.ru>.

#### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения**

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество	Срок окончания действия лицензии
1.	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	25	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
2	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
4	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
5	System Identification Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
6	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
7	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование программного продукта</b>	<b>Реквизиты договора поставки</b>	<b>Количество</b>	<b>Срок окончания действия лицензии</b>
	Concurrent Licenses (per License)			
8	Global Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
9	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
10	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
11	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
12	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477	36	бессрочная
13	Microsoft Windows Server - Standard 2008	Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open License Номер лицензии 61068797	9	бессрочно
14	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	16	бессрочная

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество	Срок окончания действия лицензии
15	Интегрированная среда разработки приложений TRACE MODE 6	Доступна на сайте разработчика по ссылке <a href="http://www.adastra.ru/products/dev/scada/">http://www.adastra.ru/products/dev/scada/</a>	-	Бессрочная
16	Toxi+Risk	Письмо о передаче: исх. от 21.09.2016 № ЕЮ-01/1860	10 одновременно работающих лицензий	бессрочная

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Ознакомление с технологией производства и местом производственной практики.	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– технологические процессы и основное технологическое оборудование, используемое в химико-технологических производствах;</li> <li>– основные нормативные документы по стандартизации и сертификации продукции химических предприятий;</li> <li>– правила техники безопасности и производственной санитарии; организационную структуру предприятия;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализировать техническую документацию, реализовывать на практике требования нормативной документации в области создания энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</li> </ul>	Оценка за отчет о прохождении практики
Раздел 2. Практическое освоение технологических процессов и методов их контроля на предприятиях химической промышленности на	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– технологические процессы и основное технологическое оборудование, используемое в химико-технологических производствах;</li> <li>– основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции;</li> </ul>	<p>Оценка за отчет о прохождении практики</p> <p>Оценка за отчет о выполнении индивидуального</p>

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>основе изучения технологических регламентов производств, проведение моделирования химико-технологических процессов с использованием стандартного программного обеспечения (индивидуальное задание).</p>	<p>– основные нормативные документы по стандартизации и сертификации продукции химических предприятий;</p> <p>– правила техники безопасности и производственной санитарии;</p> <p>организационную структуру предприятия;</p> <p><b>Умеет:</b></p> <p>– проводить анализ технологических процессов, технологического оборудования, химико-технологических систем как объектов моделирования, проектирования, оптимизации и управления;</p> <p>– применять на практике теоретические знания в области математического моделирования энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических процессов;</p> <p>– анализировать техническую документацию, реализовывать на практике требования нормативной документации в области создания энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</p> <p><b>Владеет:</b></p> <p>– методами проектирования технологических линий и подбора технологического оборудования, методами управления технологическими процессами и выбора программно-аппаратных средств контроля и управления технологическими процессами;</p> <p>– методами проведения вычислительных экспериментов с использованием стандартного и специализированного программного обеспечения;</p> <p>– способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом</p>	<p>задания</p>
<p>Раздел 3. Систематизация</p>	<p><b>Знает:</b></p> <p>– технологические процессы и</p>	<p>Результаты итогового опроса;</p>

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
материала, подготовка отчета.	<p>основное технологическое оборудование, используемое в химико-технологических производствах;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции;</li> <li>– основные нормативные документы по стандартизации и сертификации продукции химических предприятий;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить анализ технологических процессов, технологического оборудования, химико-технологических систем как объектов моделирования, проектирования, оптимизации и управления;</li> <li>– применять на практике теоретические знания в области математического моделирования энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических процессов;</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами проектирования технологических линий и подбора технологического оборудования, методами управления технологическими процессами и выбора программно-аппаратных средств контроля и управления технологическими процессами;</li> <li>– методами проведения вычислительных экспериментов с использованием стандартного и специализированного программного обеспечения;</li> <li>– способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом</li> </ul>	Оценка за зачет с оценкой по практике

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 , протокол № , введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 № ;

– Положением о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 , протокол № 4, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 № ;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).



**Дополнения и изменения к рабочей программе практики**  
**«Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика»**  
**основной образовательной программы**  
**18.03.02. «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,**  
**нефтехимии и биотехнологии»**

**«Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»**

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

«25» мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ**

**«Производственная практика: научно-исследовательская работа»**

**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки – "Основные процессы химических производств и  
химическая кибернетика"**

**Квалификация – «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022**

Программа составлена

д.т.н., профессором, заведующим кафедрой кибернетики химико-технологических процессов

М.Б. Глебовым,

д.т.н., профессором, профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов

Т.В. Савицкой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «26 » апреля 2022 г., протокол № 7.

---

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки бакалавров *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии* (ФГОС ВО), профиль «*Основные процессы химических производств и химическая кибернетика*», с рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом проведения практик кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана блока «Практики Б2.В.02(Н) и рассчитана на проведение практики в 7 семестре обучения.

Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области неорганической, органической, физической химии, процессов и аппаратов химической технологии, общей химической технологии, математического моделирования химико-технологических процессов, методов оптимизации и планирования эксперимента, систем управления химико-технологическими процессами и др.

**Цель практики** – формирование необходимых компетенций для осуществления научно-исследовательской деятельности по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии посредством планирования и осуществления экспериментальной деятельности на основании изученных дисциплин, в том числе специальных, и самостоятельно изученной информации.

**Задачами практики** являются:

- приобретение навыков планирования и выполнения научно-исследовательской работы;
- обработка, интерпретация и представление научных результатов;
- подготовка к выполнению выпускной квалификационной работы.

Способ проведения практики: **стационарная.**

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа практики может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Проведение практики -при подготовке бакалавров по направлению *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии*, профиль «*Основные процессы химических производств и химическая кибернетика*» способствует формированию следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

**Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:**

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности; УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее

	поставленных задач.	базовые составляющие; УК-1.3 Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. УК-1.4. Умеет определять и оценивать варианты возможных решений задачи. УК-1.5. Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатки.
Коммуникация	УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах).	УК-4.2. Знает основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности, приемы работы с оригинальной литературой по специальности.

**Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения: учебным планом не предусмотрены.**

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Для всего направления</b>				
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по
			ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	
			ПК-1.3. Владеет навыками осуществления технологического процесса в соответствии с регламентом	
			ПК-1.4. Знает основные принципы организации химического производства, его иерархической	

			<p>структуры; функциональный состав и компоненты химического производства; основы теории химических процессов, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, типовые химические процессы и их аппаратное оформление; концепции синтеза химико-технологических систем; основные химические производства</p>	<p>отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>
			<p>ПК-1.5. Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры оптимальной организации процесса в химическом реакторе; рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта; оценивать технологическую эффективность химико-</p>	

			технологического процесса	
			ПК-1.6. Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах; методикой выбора реактора и расчета процесса в нем; основами анализа и синтеза химико-технологических систем; методикой расчета материально-тепловых балансов; методами расчета основных технико-экономических показателей химического производства.	
			ПК-1.7. Знает основные понятия теории управления технологическими процессами; статические и динамические характеристики объектов и звеньев управления; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; типовые системы автоматического управления в химической промышленности; методы и средства диагностики и контроля основных технологических параметров	



			<p>ПК-1.8. Умеет определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса</p> <p>ПК-1.9. Владеет методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов</p>	
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и	ПК-2. Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности,	<p>ПК-2.1. Знает основные методы и приемы пробоотбора и пробоподготовки анализируемых объектов, методы разделения и концентрирования веществ</p> <p>ПК-2.2. Умеет проводить лабораторные исследования, замеры и анализы отобранных проб</p>	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.

также комплекса работ по разработке технологической документации	проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные	ПК-2.3. Владеть навыками работы на аналитическом оборудовании и правилами его эксплуатации	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских	ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки
			ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-

документации	и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
			ПК-3.2. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	

**Профиль “Основные процессы химических производств и химическая кибернетика”**

**Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности**

Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий	ПК-4.1. Знает методы сбора, анализа и систематизации экспериментальных данных, обобщения научно-технической информации в области профессиональной деятельности с использованием информационных компьютерных технологий	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»,
			ПК-4.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии и специализированное	

	конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		программное обеспечение для решения научно-исследовательских задач в области энерго- и ресурсосбережения	утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/01.5. Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований (уровень квалификации – 5).  А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
			ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов	
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
Исследование и разработка средств и систем автоматизации и управления различного назначения, в том числе жизненным циклом продукции	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности	ПК-5. Способен проводить расчеты и выбирать средства автоматизации и управления технологическими процессами и системами в области профессиональной	ПК-5.1. Знает основные этапы анализа и синтеза одно- и многоконтурных систем автоматического регулирования химико-технологических процессов  ПК-5.2. Умеет составлять базовую схему регулирования химико-	Профессиональный стандарт 40.057 "Специалист по автоматизированным системам управления машиностроительным предприятием" утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28.09.2020 N 658н

и ее качеством применительно к конкретным условиям производства на основе отечественных и международных нормативных документов	(в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	деятельности	технологического процесса с использованием принятых обозначений, использовать современные программно-аппаратные средства автоматизированного управления	Обобщенная трудовая функция С. Разработка АСУП. С/01.6. Определение целесообразности автоматизации процессов управления в организации (уровень квалификации – 6) С/02.6. Разработка информационного обеспечения АСУП (уровень квалификации – 6)
			ПК-5.3. Владеет методами расчета, сравнения и выбора оптимальных схем регулирования технологических процессов с использованием специализированного программного обеспечения.	
Предотвращение (минимизация) негативного воздействия производственной деятельности промышленной организации на окружающую среду	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских	ПК-6. Способен формулировать и решать задачи экологической безопасности энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности	ПК-6.1. Знает методы и модели эколого-экономического анализа и прогнозирования последствий негативных воздействий объектов профессиональной деятельности	Профессиональный стандарт 40.117. “Специалист по экологической безопасности (в промышленности)” утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2020 № 569н. Обобщенная трудовая функция С. Разработка и проведение мероприятий по повышению эффективности природоохранной деятельности организации С/01.6. Проведение экологического анализа проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств,
			ПК-6.2. Умеет проводить эколого-экономические расчеты и оценку экологических рисков при разработке новых и совершенствовании существующих энерго- и ресурсосберегающих	

	<p>работ в области химического и химико-технологического производства).</p>		<p>химических, нефтехимических и биотехнологических производств с использованием специализированного программного обеспечения</p> <p>ПК-6.3. Владеет способами анализа и оценки последствий негативных воздействий предприятий химической промышленности на человека и окружающую среду с использованием информационных компьютерных технологий и специализированных программных средств</p>	<p>создаваемых новых технологий и оборудования в организации (уровень квалификации – 6).</p> <p>С/02.6. Экологическое обеспечение производства новой продукции в организации (уровень квалификации – 6).</p> <p>С/03.6. Разработка и эколого-экономическое обоснование планов внедрения новой природоохранной техники и технологий в организации (уровень квалификации – 6).</p> <p>С/04.6. Установление причин и последствий аварийных выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, подготовка предложений по предупреждению негативных последствий (уровень квалификации – 6).</p>
--	---	--	--	---

В результате прохождения практики студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательских работ с использованием последних научно-технических достижений в данной области;
- теоретические основы и методы математического моделирования химико-технологических процессов и систем, анализа и обработки информации и применять эти знания на практике;
- свойства химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения научно-исследовательских задач;

*Уметь:*

- осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий;
- работать на современном лабораторном и компьютерном оборудовании, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать результаты;
- применять теоретические знания, полученные при изучении естественно-научных дисциплин и методы математического моделирования для анализа экспериментальных данных;

*Владеть:*

- способностью решать поставленные задачи, используя умения и навыки в организации научно-исследовательских и технологических работ;
- способностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.

*Подготовить и представить к защите* научно-исследовательскую работу (НИР), выполненную на современном уровне развития науки и техники и соответствующую выбранному направлению подготовки и программе обучения. В представленной к защите НИР должны получить развитие знания и навыки, полученные обучающимся при освоении программы бакалавриата, в том числе при изучении специальных дисциплин. Представленная к защите НИР должна содержать основные теоретические положения, экспериментальные результаты, практические достижения и выводы из работы.

### 3. ОБЪЕМ ПРАКТИКИ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Практика проводится в 7 семестре на базе знаний, полученных студентами при изучении дисциплин направления *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии*. Контроль освоения студентами материала практики осуществляется путем проведения зачета с оценкой.

Вид учебной работы	Объем практики		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость практики</b>	<b>6</b>	<b>216</b>	<b>162</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2.67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки:</b>	<b>2.67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Вид контактной работы – Практические занятия:	2.67	96	72
в том числе в форме практической подготовки:	2.67	96	72
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3.33</b>	<b>120</b>	<b>90</b>
в том числе в форме практической подготовки:	3.33	120	90

Контактная самостоятельная работа (АттК из УП для зач / зач с оц.)	3.33	0.4	0.3
Самостоятельное изучение разделов практики (или другие виды самостоятельной работы)		119.6	89.7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

##### 4.1. Разделы практики и виды занятий

Раздел	Наименование раздела	Академ. часов			
		Всего	Аудит. работа	Сам. работа	Зачет с оценок.
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Выполнение и представление результатов научных исследований.</b>	<b>216</b>	<b>96</b>	<b>120</b>	<b>+</b>
1.1	Выполнение научных исследований.	180	80	100	+
1.2	Подготовка научного доклада и презентации.	36	16	20	+
	<b>ИТОГО</b>	<b>216</b>	<b>96</b>	<b>120</b>	<b>+</b>

##### 4.2. Содержание разделов практики

Выполнение и представление результатов научных исследований.

Выполнение научных исследований.

Составление программы исследования. Структура и содержание основных разделов отчета о научно-исследовательской работе.

Формулирование целей и задач исследования; составление аналитического обзора по теме исследования; выбор эффективных методов и методик достижения желаемых результатов исследования.

Проведение соответствующих экспериментов для получения практических результатов; анализ, интерпретация и обобщение результатов исследования; формулировка выводов; написание отчета.

Подготовка научного доклада и презентации.



## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

№	В результате прохождения практики студент должен:	Раздел 1.1	Раздел 1.2
	<b>Знать:</b>		
1	– порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательских работ с использованием последних научно-технических достижений в данной области;	+	
2	– теоретические основы и методы математического моделирования химико-технологических процессов и систем, анализа и обработки информации и применять эти знания на практике;	+	
3	– свойства химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения научно-исследовательских задач;	+	
	<b>Уметь:</b>		
4	– осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий;	+	+
5	– работать на современном лабораторном и компьютерном оборудовании, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать результаты;	+	+
6	– применять теоретические знания, полученные при изучении естественно- научных дисциплин и методы математического моделирования для анализа экспериментальных данных;	+	
	<b>Владеть:</b>		
7	– способностью решать поставленные задачи, используя умения и навыки в организации научно-исследовательских и технологических работ;	+	
8	– способностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.	+	
В результате прохождения практики студент должен приобрести следующие <b><u>универсальные и профессиональные компетенции</u></b> и индикаторы их достижения:			
	<b>Код и наименование УК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения УК</b>	
9	– УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	– УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности;	+

		– УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие;	+	+
		– УК-1.3 Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.	+	+
		– УК-1.4. Умеет определять и оценивать варианты возможных решений задачи.	+	
		- УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатки.	+	
10	– УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах).	– УК-4.2. Знает основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности, приемы работы с оригинальной литературой по специальности.	+	+
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>		
11	– ПК-1 Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение	– ПК-1.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса.	+	
		– ПК 1.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.	+	
		– ПК-1.3 Владеет навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.	+	

	параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	– ПК-1.4. Знает основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры; функциональный состав и компоненты химического производства; основы теории химических процессов, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и всех масштабных уровнях, типовые химические процессы и их аппаратное оформление; концепции синтеза химико-технологических систем; основные химические производства.	+	
		– ПК-1.5. Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры оптимальной организации процесса в химическом реакторе; рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта; оценивать технологическую эффективность химико-технологического процесса.	+	
		– ПК-1.6. Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах; методикой выбора реактора и расчета процесса в нем; основами анализа и синтеза химико-технологических систем; методикой расчета материально-тепловых балансов; методами расчета основных технико-экономических показателей химического производства.	+	
		– ПК-1.9. Владеет методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов.	+	
12	– ПК-2. Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике,	– ПК-2.1. Знает основные методы и приемы пробоотбора и пробоподготовки анализируемых объектов, методы разделения и концентрирования веществ.	+	

	проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные	– ПК-2.2. Умеет проводить лабораторные исследования замеры и анализы отобранных проб.	+	
		– ПК-2.3. Владеет навыками работы на аналитическом оборудовании и правилами его эксплуатации.	+	
13	– ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	– ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей.	+	
		– ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго и ресурсосберегающих процессов.	+	
		– ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов.	+	
14	– ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий.	– ПК-4.1. Знает методы сбора, анализа и систематизации экспериментальных данных, обобщения научно-технической информации в области профессиональной деятельности с использованием информационных компьютерных технологий.	+	+
		– ПК-4.2. Умеет применять информационно-коммуникационные технологии и специализированное программное обеспечение для решения научно-исследовательских задач в области энерго- и ресурсосбережения.	+	+

		– ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов.	+	+
15	– ПК-5. Способен проводить расчеты и выбирать средства автоматизации и управления технологическими процессами и системами в области профессиональной деятельности.	– ПК-5.1. Знает основные этапы анализа и синтеза одно- и многоконтурных систем автоматического регулирования химико-технологических процессов.	+	
		– ПК-5.2. Умеет составлять базовую схему регулирования химико-технологического процесса с использованием принятых обозначений, использовать современные программно-аппаратные средства автоматизированного управления.	+	
		– ПК-5.3. Владеет методами расчета, сравнения и выбора оптимальных схем регулирования технологических процессов с использованием специализированного программного обеспечения.	+	
16	– ПК-6. Способен формулировать и решать задачи экологической безопасности энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности.	– ПК-6.1. Знает методы и модели эколого-экономического анализа и прогнозирования последствий негативных воздействий объектов профессиональной деятельности.	+	
		– ПК-6.2. Умеет проводить эколого-экономические расчеты и оценку экологических рисков при разработке новых и совершенствовании существующих энерго- и ресурсосберегающих химических, нефтехимических и биотехнологических производств с использованием специализированного программного обеспечения.	+	
		– ПК-6.3. Владеет способами анализа и оценки последствий негативных воздействий предприятий химической промышленности на человека и окружающую среду с использованием информационных компьютерных технологий и специализированных программных средств.	+	

## **6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

### **6.1. Практические занятия**

Практические занятия состоят в выполнении обучающимся научно-исследовательской работы по индивидуальной тематике. Примерный перечень тем научно-исследовательских работ приведен в п. 8.1 настоящей программы.

Кроме того, практические занятия включают знакомство обучающихся с моделирующим программным обеспечением, необходимым для вычислительных экспериментов, а также работу в лабораториях математического моделирования и автоматизации и управления ХТП под руководством преподавателей на лабораторных установках с целью последующей обработки экспериментальных зависимостей с использованием моделирующего программного обеспечения.

### **6.2. Лабораторные занятия**

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии* проведение лабораторных занятий по практике не предусмотрено.

## **7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

На практику учебным планом выделено 120 акад. часов (90 астрон. часов) самостоятельной работы.

Основу содержания самостоятельной работы обучающегося при прохождении производственной практики: научно-исследовательской работы составляет освоение методов, приемов, технологий анализа и систематизации научно-технической информации, разработка планов и программ проведения научных исследований и выполнение исследований по теме научно-исследовательской работы с учётом интересов и возможностей кафедры или организации, где она проводится.

При прохождении практики «Производственная практика: научно-исследовательская работа» обучающийся должен использовать совокупность форм и методов самостоятельной работы:

- посещение семинаров кафедры (проблемной лаборатории, научной группы);
- изучение методик анализа и систематизации научно-технической информации, разработки планов и программ проведения научных исследований;
- посещение предприятий химической, нефтехимической, биотехнологической промышленности, выставок;
- самостоятельное изучение рекомендуемой литературы.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ**

Комплект оценочных средств по практике предназначен для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям образовательной программы, в том числе рабочей программы практики. А также для оценивания результатов обучения: знаний, умений, владений и уровня приобретенных компетенций.

Комплект оценочных средств включает:

- оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в форме устного опроса, позволяющего оценивать и диагностировать знание фактического материала, умение правильно использовать специальные термины и понятия, планировать и выполнять научное исследование;

- оценочные средства для проведения итогового контроля в форме зачета с оценкой.

### **8.1. Примерный перечень тем научно-исследовательских работ**

Результаты научно-исследовательской работы оформляются обучающимся в виде отчета, презентации и представляются в форме устного доклада.

1. Подготовка и реализация информационно-образовательных ресурсов по дисциплине «Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств» в модульной объектно-ориентированной среде дистанционного обучения Moodle.
2. Оценка воздействия выбросов теплоэлектроцентрали на окружающую среду и здоровье человека.
3. Разработка систем автоматического регулирования вакуумного блока установки первичной переработки нефти.
4. Изучение функциональных возможностей программных комплексов TOXI+Risk 5 и TOXI+ Гидроудар для анализа последствий аварий на опасных производственных объектах.
5. Разработка мобильных приложений информационной системы эвакуации персонала на предприятии во время аварийных ситуаций.
6. Исследование процесса адсорбции фармацевтических ингредиентов в аэрогели в среде сверхкритического диоксида углерода.
7. Моделирование гетерогенно-каталитического процесса синтеза кумола.
8. Исследование технологических приемов повышения растворимости флуконозола из твердых лекарственных форм.
9. Получение подложек для культивирования клеток млекопитающих и оценка влияния парообразователя на размер формируемых пор.
10. Информационно-образовательный виртуальный комплекс по теме «Применение и моделирование мембранных процессов».
11. Анализ и математическое моделирование процесса роста микроорганизмов, сорбирующих из среды ионы свинца и кадмия.
12. Исследование способов математического моделирования процесса микробиологического дехлорирования трихлорэтилена.

### **8.2. Примеры вопросов для текущего контроля освоения практики**

Контрольные работы проводятся в форме устного опроса по теме научно-исследовательской работы. Максимальная оценка за каждую работу – 20 баллов.

#### **Контрольная работа №1**

Максимальная оценка – 20 баллов

- Представление программы научного исследования.
- Основные достижения науки и производства по теме исследования.
- Актуальность выполняемой работы.
- Обоснование выбора и характеристика применяемых методов исследования.
- Предполагаемые научные и практические результаты выполняемого исследования.

#### **Контрольная работа №2**

Максимальная оценка – 20 баллов

- Контроль выполнения программы научно-исследовательской работы.
- Анализ аналитического обзора по теме исследования.
- Необходимость корректировки темы и методов выполняемого исследования.
- Анализ полученных научных результатов.

- Графическое представление результатов эксперимента.

### **Контрольная работа №3**

Максимальная оценка – 20 баллов

- Соответствие содержания отчета программе исследования.
- Качество оформления отчета.
- Содержание презентации научно-исследовательской работы.

### **8.3. Итоговый контроль освоения практики (Зачет с оценкой)**

Итоговый контроль освоения практики включает представление отчета по научно-исследовательской работе, устный доклад, презентацию результатов научного исследования и ответы на вопросы по теме работы.

Максимальная оценка на зачете – 40 баллов.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ**

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### ***А. Основная литература***

1. Требования к оформлению выпускных квалификационных (дипломных) и курсовых работ: методические указания / сост. В.М. Аристов, С.Г. Комарова, Х.А. Невмятулина. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. – 36 с.

#### ***Б. Дополнительная литература***

1. Охрана интеллектуальной собственности: учебное пособие / Е. А. Василенко, Т. В. Мещерякова, Д. А. Бобров, В. А. Желтов – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2007. 104 с.

2. Филипова Е.Б., Савицкая Т.В. Методические рекомендации по выполнению и подготовке к защите выпускных квалификационных работ студентов факультета информационных технологий и управления – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева –2012- 28 с.

### **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

Научно-технические журналы:

- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Проблемы управления» ISSN печатной версии: 1819-3161;
- «Автоматизация в промышленности» ISSN печатной версии: 1819-5962;
- «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика» ISSN печатной версии: 2073-0004;
- СТА: современные технологии автоматизации» ISSN печатной версии: 0206-975X;
- «Программные продукты и системы» ISSN печатной версии: 0236-235X, ISSN онлайн-версии: 2311-2735;
- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Стандарты и качество», ISSN – 0038-9692;
- «Контроль качества продукции», ISSN – 2541-9900;
- «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN – 2073-2597;
- «Химическое и нефтегазовое машиностроение», ISSN – 023-1126;
- «Chemical Engineering Transactions», ISSN 1974-9791;



- «Reliability Engineering & System Safety», ISSN – 0951-8320;
- «Computers & Chemical Engineering», ISSN – 0098-1354.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- [www.tefos.ru](http://www.tefos.ru)
- [www.biohimpro.ru](http://www.biohimpro.ru)
- [www.akiko.ru](http://www.akiko.ru)

### **9.3. Средства обеспечения освоения практики**

Для реализации практики подготовлены следующие средства обеспечения освоения практики:

- банки тестовых заданий для итогового контроля прохождения практики;
- методические указания для подготовки отчета по учебной практике.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн с использованием LMS Moodle, включая обмен сообщениями, новостной форум и др., и платформы проведения видеоконференций ZOOM, Microsoft Teams, Discord.

Руководители практики для взаимодействия со студентами также используют групповой чат в ЭИОС, индивидуальные чаты и тематические группы в социальной сети <http://vk.com/>, групповые онлайн-конференции и индивидуальные онлайн-собеседования с использованием платформ проведения видеоконференцсвязи ZOOM, Microsoft Teams, Discord.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по практике. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

В соответствии с учебным планом занятия по практике проводятся в форме практических занятий и самостоятельной работы студента.

### 11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Кафедра кибернетики располагает 94 персональными компьютерами, из которых 54 компьютеров используются в образовательном процессе. При этом число компьютеров, объединенных в локальные сети и имеющих выход в интернет 94. Все персональные компьютеры современные с процессорами Pentium II и выше.

Кафедра кибернетики располагает компьютерными классами на 15 посадочных мест (ауд. 243а), 16 посадочных мест (ауд. 247), на 8 посадочных мест (ауд.112), 9 посадочных мест (ауд.111), 3 учебно-научными лабораториями: лабораторией современных средств автоматизации, лабораторией математического моделирования и лабораторией гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория). Все лаборатории оснащены необходимыми приборами и аппаратами.

Лаборатория современных средств автоматизации (ауд. 244) оснащена: 1) двухпозиционной системой управления калорифером на базе ТРМ-2, 2) двухпозиционной системой регулирования температуры жидкости в емкости с мешалкой на базе 2ТРМ1 3) трёхпозиционной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости с мешалкой на базе ИРТ5920, 4) переносной трёхпозиционной системой регулирования температуры воздуха на базе ИРТ5920Н, 5) системой непосредственного цифрового управления калорифером с использованием БУСТ, 6) импульсной системой управления калорифером с использованием широтно-импульсной модуляции на базе ТРМ12-РiС, 7) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры на выходе из калорифера на базе ТРМ101, 8) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости на базе ТРМ101, 9) каскадной автоматической системой регулирования уровня на базе контроллера СуВrо2, 10) микропроцессорной системой управления объектом периодического действия на базе программируемого логического контроллера ПЛК150, 11) микропроцессорной системой управления калорифером на базе программируемого логического контроллера ПЛК150, 12) микропроцессорной системой управления климатической камерой КК-350 ТХВ на базе программируемого логического контроллера ПЛК150. Каждая установка имеет автоматизированное рабочее место, основу которого составляет ПК с системным блоком, напрямую соединённым через СОМ-порт с базовыми микропроцессорными устройствами. Все 12 ПК объединены в единую лабораторную сеть, имеют необходимое программное обеспечение и доступ в Интернет.

Лаборатория математического моделирования (ауд. 243) оснащена установками теплообмена, ректификации, абсорбции, кристаллизации, фазового равновесия, сушки, химическим реактором, мембранной установкой, аэротенком. Для занятий используются 2 ПК с предустановленным программным обеспечением.

Лаборатория гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория, ауд. 207) оснащена каталитической установкой для проведения химических реакций, насадочной ректификационной установкой «Луммарк», установками ректификации, газоанализатором «ГИАМ-310-02-2-2», газовым хроматографом 3700 с двумя капиллярными и четырьмя насадочными колонками, ПИД регулятором одноканальным ТРМ-101-СС.

На кафедре КХТП имеется учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебные аудитории для проведения практических занятий, оборудованные электронными средствами демонстрации; компьютерные классы с предустановленным программным обеспечением для выполнения практических работ; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места, оснащённые компьютерами с

доступом к базам данных и выходом в Интернет для организации самостоятельной работы и выполнения индивидуальных заданий.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

В процессе выполнения практики «Производственная практика: научно-исследовательская работа» доступна рабочая программа, размещенная на сайте междисциплинарной автоматизированной системы обучения в LMS Moodle <http://cis.muotr.ru/alk/>. Студенты могут использовать электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, размещенные на данном сайте по отдельным лекциям учебных дисциплин, преподаваемым в соответствии с учебным планом. Доступны комплексы лабораторных работ по различным дисциплинам, включающие типовые примеры выполнения работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с моделирующим программным обеспечением.

Используются компьютерные конспекты лекций; видеоуроки для проведения практических занятий, направленных на приобретение навыков работы со специализированным программным обеспечением; электронные учебные пособия; глоссарии основных понятий и определений в предметной области. Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

На кафедре КХТП для организации «Производственной практики: научно-исследовательской работы» имеются персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводные точки доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

При необходимости использования аудиовизуального материала при проведении обсуждения материалов практики в виде презентации и защите отчетов по «Производственная практика: научно-исследовательская работа» на кафедре имеются проекторы, настенные и переносные экраны, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Для организации самостоятельной работы обучающихся, выполнения индивидуальных заданий и подготовки отчета по «Производственной практики: научно-исследовательской работы» доступны информационно-образовательные и информационно-справочные материалы, размещенные на сайте междисциплинарной автоматизированной системы обучения <http://cis.muotr.ru/alk/> в разделе «Производственная практика». Размещены презентации лекций, теоретические положения к выполнению заданий в программных комплексах, руководства по работе с моделирующим программным обеспечением, требования к оформлению результатов расчетов, примеры к выполнению заданий по разработке баз данных по типовому оборудованию химических производств и др.

Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

Бакалавры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при изучении учебных дисциплин и написания выпускной квалификационной работы.

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

На кафедре для проведения учебной практики имеются следующие электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; инновационный учебно-методический комплекс по проблемам химической безопасности и биологической безопасности; специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения и другие.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на образовательном сайте междисциплинарной АСО <http://cis.muotr.ru/alk/>, разработанном на кафедре.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для бакалавров, высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на сайте кафедры <http://khtp.muotr.ru>

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество	Срок окончания действия лицензии
1.	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	25	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
2	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование программного продукта</b>	<b>Реквизиты договора поставки</b>	<b>Количество</b>	<b>Срок окончания действия лицензии</b>
3	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
4	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
5	System Identification Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
6	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
7	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
8	Global Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
9	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
10	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
11	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество	Срок окончания действия лицензии
12	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	36	бессрочная
13	Microsoft Windows Server - Standard 2008	Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open License Номер лицензии 61068797	9	бессрочно
14	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	16	бессрочная
15	Интегрированная среда разработки приложений TRACE MODE 6	Доступна на сайте разработчика по ссылке <a href="http://www.adastra.ru/products/dev/scada/">http://www.adastra.ru/products/dev/scada/</a>	-	Бессрочная
16	Toxi+Risk	Письмо о передаче: исх. от 21.09.2016 № ЕЮ-01/1860	10 одновременно работающих лицензий	бессрочная

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1. Выполнение и представление результатов научных исследований.</b> 1.1 Выполнение научных исследований.	<b>знает:</b> порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательских работ с использованием последних научно-технических достижений в данной области; теоретические основы и методы математического моделирования химико-технологических процессов и систем, анализа и обработки информации и применять эти знания на	Оценка за контрольные работы №1, 2. Оценка на зачете.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>практике;  свойства химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения научно-исследовательских задач;  <b>умеет:</b>  осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий;  работать на современном лабораторном и компьютерном оборудовании, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать результаты;  применять теоретические знания, полученные при изучении естественно-научных дисциплин и методы математического моделирования для анализа экспериментальных данных;  <b>владеет:</b>  – способностью решать поставленные задачи, используя умения и навыки в организации научно-исследовательских и технологических работ;  – способностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования</p>	
<p><b>Раздел 1. Выполнение и представление результатов научных исследований.</b>  1.2 Подготовка научного доклада и презентации.</p>	<p><b>умеет:</b>  осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий;  работать на современном лабораторном и компьютерном оборудовании, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать результаты</p>	<p>Оценка за контрольную работу №3.  Оценка на зачете.</p>

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 , протокол № , введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 № ;

– Положением о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 , протокол № , введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 № ;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).



**Дополнения и изменения к рабочей программе практики  
«Производственная практика: научно-исследовательская работа»  
основной образовательной программы  
18.03.02. «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии»**

**«Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»**

**Форма обучения: очная**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

«25» мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ**

**«Производственная практика: преддипломная практика»**

**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки – "Основные процессы химических производств и  
химическая кибернетика"**

**Квалификация – «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022**

Программа составлена

д.т.н., профессором, заведующим кафедрой кибернетики химико-технологических процессов  
М.Б. Глебовым,

д.т.н., профессором, профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов  
Т.В. Савицкой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «26 » апреля 2022 г., протокол № 7 .

---

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки бакалавров *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии* (ФГОС ВО), профиль «*Основные процессы химических производств и химическая кибернетика*», рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом проведения практик кафедрой Кибернетики химико-технологический процессов РХТУ им. Д. И. Менделеева.

Программа относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана блока «Практики» Б2.В.03(Пд) и рассчитана на проведение практики в 8 семестре (4 курс) обучения. Программа предполагает, что обучающиеся освоили все дисциплины и иные практики, предусмотренные учебным планом, и имеют теоретическую и практическую подготовку в области неорганической, органической, физической химии, процессов и аппаратов химической технологии, общей химической технологии, математического моделирования химико-технологических процессов, методов оптимизации и планирования эксперимента, систем управления химико-технологическими процессами и др.

**Цель практики** – закрепление теоретических знаний и практических навыков, полученных в процессе обучения по программе бакалавриата; приобретение практического опыта работы с источниками научно-технической информации, опыта постановки и выполнения научно-исследовательских и расчетно-практических задач; овладение методологией и методами компьютерного моделирования и обработки результатов исследования; сбор, подготовка и анализ материалов по тематике выпускной квалификационной работы.

**Задачами практики** являются:

– окончательное формирование у обучающихся универсальных и профессиональных компетенций, связанных с выполнением научно-исследовательских и расчетно-практических задач в области компьютерного моделирования энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности;

– сбор материалов для выполнения выпускной квалификационной работы.

Способ проведения практики: **стационарная.**

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа практики может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Прохождение практики при подготовке бакалавров по направлению 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, профиля «*Основные процессы химических производств и химическая кибернетика*» направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

**Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:**

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности; УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие; УК-1.3 Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи; УК-1.4 Умеет определять и оценивать варианты возможных решений задачи; УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатка.
Разработка и реализация проектов	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.3. Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности УК-2.4. Умеет определять ожидаемые результаты проектирования элементов оборудования химической промышленности УК-2.5. Умеет определять способ решения конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ и исходя из действующих правил и граничных условий при выполнении проектной документации и имеющихся ресурсов и ограничений УК-2.6. Умеет решать конкретные задачи проекта требуемого качества и за установленное время УК-2.7. Умеет публично представлять результаты решения конкретной задачи проекта
Коммуникация	УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	УК-4.2. Знает основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности, приемы работы с оригинальной литературой по специальности

**Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения: учебным планом не предусмотрен.**

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Для всего направления</b>				
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы.
			ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	
			ПК-1.3. Владеет навыками осуществления технологического процесса в соответствии с регламентом	
			ПК-1.4. Знает основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры;	

			<p>функциональный состав и компоненты химического производства; основы теории химических процессов, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, типовые химические процессы и их аппаратное оформление; концепции синтеза химико-технологических систем; основные химические производства</p> <p>ПК-1.5. Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры оптимальной организации процесса в химическом реакторе; рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта; оценивать технологическую эффективность химико-</p>	<p>A/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>
--	--	--	---	---

			технологического процесса	
			ПК-1.6. Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах; методикой выбора реактора и расчета процесса в нем; основами анализа и синтеза химико-технологических систем; методикой расчета материально-тепловых балансов; методами расчета основных технико-экономических показателей химического производства.	
			ПК-1.7. Знает основные понятия теории управления технологическими процессами; статические и динамические характеристики объектов и звеньев управления; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; типовые системы автоматического управления в химической промышленности; методы и средства диагностики и контроля основных	



			технологических параметров	
			ПК-1.8. Умеет определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса	
			ПК-1.9. Владеет методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов	
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в	ПК-2. Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и	ПК-2.1. Знает основные методы и приемы пробоотбора и пробоподготовки анализируемых объектов, методы разделения и концентрирования веществ	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями,

<p>технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации</p>	<p>промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные</p>	<p>ПК-2.2. Умеет проводить лабораторные исследования, замеры и анализы отобранных проб ПК-2.3. Владеть навыками работы на аналитическом оборудовании и правилами его эксплуатации</p>	<p>объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и</p>	<p>ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности</p>	<p>ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках</p>

также комплекса работ по разработке технологической документации	проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		физико-химических моделей	направления подготовки  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
			ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	
			ПК-3.2. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	

**Профиль “Основные процессы химических производств и химическая кибернетика”**

**Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности**

Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с	ПК-4.1. Знает методы сбора, анализа и систематизации экспериментальных данных, обобщения научно-технической информации в области профессиональной деятельности с использованием	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы
---	--	--	---	---

новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	использованием информационных компьютерных технологий	информационных компьютерных технологий	выпускники в рамках направления подготовки  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/01.5. Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований (уровень квалификации – 5). А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
			ПК-4.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии и специализированное программное обеспечение для решения научно-исследовательских задач в области энерго- и ресурсосбережения	
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
Исследование и разработка средств и систем автоматизации и управления	Химическое, химико-технологическое производство	ПК-5. Способен проводить расчеты и выбирать средства автоматизации и управления	ПК-5.1. Знает основные этапы анализа и синтеза одно- и многоконтурных систем автоматического регулирования химико-	Профессиональный стандарт 40.057 "Специалист по автоматизированным системам управления машиностроительным

различного назначения, в том числе жизненным циклом продукции и ее качеством применительно к конкретным условиям производства на основе отечественных и международных нормативных документов	- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	технологическими процессами и системами в области профессиональной деятельности	технологических процессов	предприятием" утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28.09.2020 N 658н Обобщенная трудовая функция С. Разработка АСУП. С/01.6. Определение целесообразности автоматизации процессов управления в организации (уровень квалификации – 6) С/02.6. Разработка информационного обеспечения АСУП (уровень квалификации – 6)
			ПК-5.2. Умеет составлять базовую схему регулирования химико-технологического процесса с использованием принятых обозначений, использовать современные программно-аппаратные средства автоматизированного управления	
Предотвращение (минимизация) негативного воздействия производственной деятельности промышленной организации на окружающую среду	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере	ПК-6. Способен формулировать и решать задачи экологической безопасности энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической, нефтехимической и	ПК-5.3. Владеет методами расчета, сравнения и выбора оптимальных схем регулирования технологических процессов с использованием специализированного программного обеспечения.	Профессиональный стандарт 40.117. “Специалист по экологической безопасности (в промышленности)” утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2020 № 569н. Обобщенная трудовая функция С. Разработка и проведение
			ПК-6.1. Знает методы и модели эколого-экономического анализа и прогнозирования последствий негативных воздействий объектов профессиональной деятельности  ПК-6.2. Умеет проводить эколого-экономические	

	<p>организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>биотехнологической промышленности</p>	<p>расчеты и оценку экологических рисков при разработке новых и совершенствовании существующих энерго- и ресурсосберегающих химических, нефтехимических и биотехнологических производств с использованием специализированного программного обеспечения</p>	<p>мероприятий по повышению эффективности природоохранной деятельности организации С/01.6. Проведение экологического анализа проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования в организации (уровень квалификации – 6). С/02.6. Экологическое обеспечение производства новой продукции в организации (уровень квалификации – 6). С/03.6. Разработка и эколого-экономическое обоснование планов внедрения новой природоохранной техники и технологий в организации (уровень квалификации – 6). С/04.6. Установление причин и последствий аварийных выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, подготовка предложений по предупреждению негативных последствий (уровень квалификации – 6).</p>
			<p>ПК-6.3. Владеет способами анализа и оценки последствий негативных воздействий предприятий химической промышленности на человека и окружающую среду с использованием информационных компьютерных технологий и специализированных программных средств</p>	

В результате прохождения практики обучающийся должен:

*знать:*

- основы теоретического исследования и изучения объектов практических исследований – технологических процессов, оборудования, установок химических, нефтехимических и биотехнологических производств;
- современные научные концепции в области создания энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;
- структуру и методы управления современным производством химической и смежных областей промышленности;
- методы математического моделирования для решения задач оптимизации, проектирования и управления энерго- и ресурсосберегающими химико-технологическими процессами и системами;
- методы и средства контроля и управления качеством окружающей среды;
- методы анализа технологических процессов как объектов моделирования, оптимизации и управления;
- современные нормативные документы по контролю качества химической продукции и безопасного ведения технологических процессов;

*уметь:*

- работать с технологической и технической документацией, пользоваться информационно-справочным аппаратом, в том числе с использованием электронных библиотечных систем, информационно-образовательных порталов для поиска свойств веществ и характеристик технологического оборудования, оформлять результаты научно-практических исследований;
- использовать полученные теоретические знания для моделирования, синтеза и управления технологическими процессами, оборудования и химико-технологическими системами в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности;
- применять методы поиска исходных данных с использованием информационных систем по тематике выпускной квалификационной работы для подготовки их и проведения вычислительных экспериментов;
- использовать современные пакеты программ для решения задач моделирования, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими процессами в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

*владеть:*

- навыками самостоятельной работы с источниками научной информации, реферирования научных публикаций, обобщения передового опыта и лучших практик применительно к объекту исследования выпускной квалификационной работы;
- методами проектирования основных и вспомогательных цехов предприятия химической промышленности, способами расчета технологического оборудования;
- навыками систематизации, обработки и обобщения результатов компьютерных экспериментов.

### **3. ОБЪЕМ ПРАКТИКИ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ**

Практика проводится в 8 семестре. Итоговый контроль прохождения практики осуществляется путем проведения зачета с оценкой.

Вид учебной работы	Объем практики		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость практики</b>	<b>9</b>	<b>324</b>	<b>243</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	-	-	-
Вид контактной работы ( <i>при наличии</i> ):	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>9</b>	<b>324</b>	<b>243</b>
в том числе в форме практической подготовки:	<b>9</b>	<b>324</b>	<b>243</b>
Контактная самостоятельная работа ( <i>АттК из УП для зач / зач с оц.</i> )	9	0.4	0.3
Самостоятельное изучение разделов практики ( <i>или другие виды самостоятельной работы</i> )		323.6	242.7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

##### 4.1. Разделы практики

Раздел	Раздел практики	Объем раздела, акад. ч.
Раздел 1	Практическое изучение объекта исследования выпускной квалификационной работы	36
Раздел 2	Выполнение индивидуального задания по теме выпускной квалификационной работы, систематизация материала, подготовка отчета	288
	<b>Всего часов</b>	<b>324</b>

##### 4.2. Содержание разделов практики

###### Раздел 1. Практическое изучение объекта исследования выпускной квалификационной работы

Тематика преддипломной практики студентов бакалавриата определяется тематикой их выпускной квалификационной работы. Практика направлена на сбор и подготовку материалов для выполнения выпускной квалификационной работы.

Преддипломная практика проходит в лабораториях и компьютерных классах на выпускающей кафедре КХТП и других научных лабораториях, технологических подразделениях, информационных центрах РХТУ им. Д. И. Менделеева. Студенты знакомятся с научной работой кафедр и в отдельных случаях привлекаются в качестве исполнителей к решению отдельных задач в рамках выполняемых НИР и грантов, осваивают методы компьютерного моделирования, оптимизации, управления химико-технологическими процессами и системами; приобретают навыки поиска и подготовки информации, в том числе с использованием специализированных баз данных, для проведения расчетов по тематике выпускной квалификационной работы, участвуют в обработке результатов исследования и подготовки их к публикации.

###### Раздел 2. Выполнение индивидуального задания по теме выпускной квалификационной работы, систематизация материала, подготовка отчета

Во время прохождения преддипломной практики студенты собирают материалы по тематике выпускной квалификационной работы, анализируют их, намечают основные направления и задачи работы, вырабатывают методологию решения этих задач.



## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

№	В результате прохождения практики студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
	<b>Знать:</b>		
1	– основы теоретического исследования и изучения объектов практических исследований – технологических процессов, оборудования, установок химических, нефтехимических и биотехнологических производств;	+	+
2	– современные научные концепции в области создания энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;	+	+
3	– структуру и методы управления современным производством химической и смежных областей промышленности;	+	+
4	– методы математического моделирования для решения задач оптимизации, проектирования и управления энерго- и ресурсосберегающими химико-технологическими процессами и системами;	+	+
5	– методы и средства контроля и управления качеством окружающей среды;	+	+
6	– методы анализа технологических процессов как объектов моделирования, оптимизации и управления;	+	+
7	– современные нормативные документы по контролю качества химической продукции и безопасного ведения технологических процессов;	+	+
	<b>Уметь:</b>		
8	– работать с технологической и технической документацией, пользоваться информационно-справочным аппаратом, в том числе с использованием электронных библиотечных систем, информационно-образовательных порталов для поиска свойств веществ и характеристик технологического оборудования, оформлять результаты научно-практических исследований;	+	+
9	– использовать полученные теоретические знания для моделирования, синтеза и управления технологическими процессами, оборудования и химико-технологическими системами в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности;	+	+
10	– применять методы поиска исходных данных с использованием информационных систем по тематике выпускной квалификационной работы для подготовки их и проведения вычислительных экспериментов;	+	+

11	– использовать современные пакеты программ для решения задач моделирования, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими процессами в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;	+	+	
<b>Владеть:</b>				
12	– навыками самостоятельной работы с источниками научной информации, реферирования научных публикаций, обобщения передового опыта и лучших практик применительно к объекту исследования выпускной квалификационной работы;	+	+	
13	– методами проектирования основных и вспомогательных цехов предприятия химической промышленности, способами расчета технологического оборудования;	+	+	
14	– навыками систематизации, обработки и обобщения результатов компьютерных экспериментов	+	+	
В результате прохождения практики студент должен приобрести следующие <u>универсальные и профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>				
	<b>Код и наименование УК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения УК</b>		
15	– УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	– УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности;	+	+
		– УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие;	+	+
		– УК-1.3. Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи;	+	+
		– УК-1.4 Умеет определять и оценивать варианты возможных решений задачи;	+	+
		– УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатки.	+	+
16	– УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и	– УК-2.3. Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности;	+	+

	выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	– УК-2.4. Умеет определять ожидаемые результаты проектирования элементов оборудования химической промышленности;	+	+
		– УК-2.5. Умеет определять способ решения конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ и исходя из действующих правил и граничных условий при выполнении проектной документации и имеющихся ресурсов и ограничений;	+	+
		– УК-2.6. Умеет решать конкретные задачи проекта требуемого качества и за установленное время;	+	+
		– УК-2.7. Умеет публично представлять результаты решения конкретной задачи проекта.		+
17	– УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	– УК-4.2. Знает основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности, приемы работы с оригинальной литературой по специальности.	+	+
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>		
18	– ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья.	– ПК-1.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса.	+	+
		– ПК 1.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.	+	+
		– ПК-1.3 Владеет навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.	+	+

		<p>– ПК-1.4. Знает основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры; функциональный состав и компоненты химического производства; основы теории химических процессов, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и сех масштабных уровнях, типовые химические процессы и их аппаратное оформление; концепции синтеза химико-технологических систем; основные химические производства</p>	+	+
		<p>– ПК-1.5. Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры оптимальной организации процесса в химическом реакторе; рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта; оценивать технологическую эффективность химико-технологического процесса.</p>	+	+
		<p>– ПК-1.6. Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах; методикой выбора реактора и расчета процесса в нем; основами анализа и синтеза химико-технологических систем; методикой расчета материально-тепловых балансов; методами расчета основных техноэкономических показателей химического производства.</p>	+	+

		– ПК-1.7. Знает основные понятия теории управления технологическими процессами; статические и динамические характеристики объектов и звеньев управления; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; типовые системы автоматического управления в химической промышленности; методы и средства диагностики и контроля основных технологических параметров.	+	+
		– ПК-1.8. Умеет определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса.	+	+
		– ПК-1.9. Владеет методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов.	+	+
19	– ПК-2. Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные.	– ПК-2.1. Знает основные методы и приемы пробоотбора и пробоподготовки анализируемых объектов, методы разделения и концентрирования веществ.	+	+
		– ПК-2.2. Умеет проводить лабораторные исследования, замеры и анализы отобранных проб.	+	+
		– ПК-2.3. Владеет навыками работы на аналитическом оборудовании и правилами его эксплуатации.	+	+
20	– ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности.	– ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей.	+	+

		– ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго и ресурсосберегающих процессов.	+	+
		– ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов.	+	+
21	– ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий.	– ПК-4.1. Знает методы сбора, анализа и систематизации экспериментальных данных, обобщения научно-технической информации в области профессиональной деятельности с использованием информационных компьютерных технологий.	+	+
		– ПК-4.2. Умеет применять информационно-коммуникационные технологии и специализированное программное обеспечение для решения научно-исследовательских задач в области энерго- и ресурсосбережения.	+	+
		– ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов.	+	+
22	– ПК-5. Способен проводить расчеты и выбирать средства автоматизации и управления технологическими процессами и системами в области профессиональной деятельности.	– ПК-5.1. Знает основные этапы анализа и синтеза одно- и многоконтурных систем автоматического регулирования химико-технологических процессов.	+	+
		– ПК-5.2. Умеет составлять базовую схему регулирования химико-технологического процесса с использованием принятых обозначений, использовать современные программно-аппаратные средства автоматизированного управления.	+	+

		– ПК-5.3. Владеет методами расчета, сравнения и выбора оптимальных схем регулирования технологических процессов с использованием специализированного программного обеспечения.	+	+
23	– ПК-6. Способен формулировать и решать задачи экологической безопасности энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности.	– ПК-6.1. Знает методы и модели эколого-экономического анализа и прогнозирования последствий негативных воздействий объектов профессиональной деятельности.	+	+
		– ПК-6.2. Умеет проводить эколого-экономические расчеты и оценку экологических рисков при разработке новых и совершенствовании существующих энерго- и ресурсосберегающих химических, нефтехимических и биотехнологических производств с использованием специализированного программного обеспечения.	+	+
		– ПК-6.3. Владеет способами анализа и оценки последствий негативных воздействий предприятий химической промышленности на человека и окружающую среду с использованием информационных компьютерных технологий и специализированных программных средств.	+	+

## **6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

### **6.1. Практические занятия**

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии* проведение практических занятий по практике не предусмотрено.

### **6.2. Лабораторные занятия**

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии* проведение лабораторных занятий по практике не предусмотрено.

## **7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

Регламент практики определяется и устанавливается в соответствии с учебным планом и темой государственной итоговой аттестации обучающегося.

Основу содержания самостоятельной работы обучающегося при прохождении практики в случае выполнения выпускной квалификационной работы в виде НИР составляет освоение методов, приемов, технологий анализа и систематизации научно-технической информации, разработка планов и программ проведения научных исследований и выполнение исследований по теме выпускной квалификационной работы с учётом интересов и возможностей кафедры или организации, где она проводится.

При прохождении практики обучающийся должен использовать совокупность форм и методов самостоятельной работы:

- посещение семинаров кафедры (проблемной лаборатории, научной группы);
- изучение методик анализа и систематизации научно-технической информации, разработки планов и программ проведения научных исследований;
- посещение предприятий химической, нефтехимической, биотехнологической промышленности, выставок;
- самостоятельное изучение рекомендуемой литературы.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ**

Итоговая оценка по практике (зачет с оценкой, максимальная оценка – 100 баллов) выставляется студенту по итогам написания отчета о прохождении практики (максимальная оценка за отчет о прохождении практики – 60 баллов) и итогового опроса студента (максимальная оценка за итоговый опрос – 40 баллов).

### **8.1. Требования к отчету о прохождении практики**

Отчет о прохождении практики выполняется студентом во время прохождения практики в соответствии с календарным учебным графиком рабочего учебного плана подготовки бакалавров по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика».

Отчет о прохождении практики должен содержать следующие основные разделы:

- титульный лист с наименованием вида практики и названия научно-исследовательской организации или производственного предприятия – места прохождения практики;



- содержание (наименование всех текстовых разделов отчета);
- результаты выполнения обучающимся программы выпускной квалификационной работы в процессе прохождения практики:
  - *при выполнении выпускной квалификационной работы в виде НИР:*
  - цели и задачи научной работы;
  - анализ информации, полученной из различных информационных источников, по теме итоговой квалификационной работы;
  - сведения о материалах, использованных при выполнении экспериментальной работы во время прохождения практики;
  - описание методов исследования и научно-исследовательского оборудования, использованных при выполнении экспериментальной работы во время прохождения практики;
  - полученные экспериментальные результаты и их обсуждение;
  - основные выводы по результатам экспериментальной работы, выполненной во время прохождения практики;
  - графический материал (чертежи), предусмотренные планом выпускной квалификационной работы
  - Список использованных литературных источников.

Отчет о прохождении практики выполняется с помощью персонального компьютера на листах формата А4, поля – стандартные, шрифт – Times New Roman, 12, через 1,5 интервала. Таблицы и рисунки выполняются в соответствии с ГОСТ 7.32-2001. Текстовый материал необходимо иллюстрировать рисунками и фотографиями, выполненными во время прохождения практики или полученными из сети Интернет.

Страницы отчета нумеруют арабскими цифрами со сквозной нумерацией по всему тексту; титульный лист включают в общую нумерацию страниц отчета, но номер страницы на титульном листе не проставляют;

Ссылки на использованные источники располагают в тексте в порядке их появления и нумеруют арабскими цифрами без точки в квадратных скобках, например, [1]; [3-5]. Библиографические ссылки оформляют в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

## **8.2. Примерная тематика отчетов по практике**

Тематика отчетов по практике должна соответствовать тематике выпускной квалификационной работе.

*Для выполнения ВКР в форме НИР:*

1. Анализ основных отличий программных комплексов (ПК) TOXI+RISK 4.4.1 и TOXI+RISK 5 для анализа последствий на опасных производственных объектах (ОПО), моделирование аварийных ситуаций, произошедших на ОПО и сравнение полученных результатов в обоих версиях ПК TOXI+RISK;
2. Разработка моделей и алгоритмов анализа производственных опасностей блока печей установки стабилизации деэтанализированного конденсата;
3. Расчет концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, выбросов теплоэлектроцентрали и количественная оценка неканцерогенного риска на основе эволюционных моделей;
4. Алгоритм определения показателей опасности химической продукции, а также составление алгоритма для применения расчетного метода для поиска отдельных критериев;
5. Исследование процесса сорбции твердых веществ и газов в аэрогелях с внедренными углеродными нанотрубками;
6. Математическое моделирование процесса паровой конверсии оксида углерода;

7. Анализ и математическое моделирование зависимости процесса биоразложения никотина от его концентрации;
8. Мобильная база данных функционирующего оборудования для информационной поддержки сотрудников химических предприятий;
9. Реализация методов обработки экспериментальных данных средствами Excel и MatLab;
10. Разработка математической модели испарителя отделения синтеза производства аммиака для целей управления.

### **8.3. Примеры вопросов для итогового контроля освоения практики** (Зачет с оценкой)

(перечень вопросов для итогового контроля)

1. Перечислите основные подходы к исследованию объекта практического исследования как объекта
2. Расскажите о методах контроля качества выпускаемой продукции.
3. Перечислите средства контроля и управления технологическим процессом на примере объекта исследования.
4. Расскажите о требованиях к визуализации контроля и управления технологическим процессом.
5. Расскажите об особенностях подготовки исходных данных для выполнения компьютерного моделирования объекта практического исследования.
6. Пояснить требования к выбору математических моделей и точности моделирования объекта практического исследования.
7. Рассказать о структуре технологического регламента химического предприятия.
8. Перечислите основные нормативные и нормативно-методические документы, используемые при выполнении практической части выпускной квалификационной работы.
9. Расскажите о современных тенденциях изучения объекта практического исследования с учетом требований экологических нормативов.
10. Приведите примеры организационных мероприятий на предприятиях, направленных на обеспечение охраны труда и производственной безопасности.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

### **8.4. Структура и пример билетов для зачета с оценкой**

Зачет с оценкой по практике включает 2 контрольных вопроса, каждый из которых оценивается максимально в 20 баллов либо которые оцениваются.

Пример билета к зачету с оценкой:

<p style="text-align: center;"><i>«Утверждаю»</i> <b>Зав. каф. КХТП</b> (Должность, название кафедры)</p> <p style="text-align: center;"><u>Глебов М.Б.</u> (Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p style="text-align: center;">«__» _____ 20__ г.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Министерство науки и высшего образования РФ</i></p> <p style="text-align: center;"><b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b></p> <p style="text-align: center;">Кафедра кибернетики химико-технологических процессов <b>18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</b> <b>Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»</b> <b>«Производственная практика: преддипломная практика»</b></p>
---	---

### Билет № 1

1. Расскажите о методах контроля качества выпускаемой продукции.
2. Перечислите основные нормативные и нормативно-методические документы, используемые при выполнении практической части выпускной квалификационной работы.

<i>Утверждаю»</i> <u>Зав. каф. КХТП</u> (Должность, название кафедры)  <u>Глебов М.Б.</u> (Подпись) (И. О. Фамилия)  «__» _____ 20__ г.	<i>Министерство науки и высшего образования РФ</i>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>  Кафедра кибернетики химико-технологических процессов <b>18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</b> <b>Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»</b> <b>«Производственная практика: преддипломная практика»</b>
<h3>Билет № 2</h3>	
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Пояснить требования к выбору математических моделей и точности моделирования объекта практического исследования.</li><li>2. Рассказать о структуре технологического регламента химического предприятия.</li></ol>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### *А. Основная литература*

1. Требования к оформлению выпускных квалификационных (дипломных) и курсовых работ: методические указания / сост. В.М. Аристов, С.Г. Комарова, Х.А. Невмятуллина. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. – 36 с.

#### *Б. Дополнительная литература*

1. Филиппова Е.Б., Савицкая Т.В. Методические рекомендации по выполнению и подготовке к защите выпускных квалификационных работ студентов факультета информационных технологий и управления – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева –2012- 28 с.

2. Глебов М. Б., Дудоров А. А..Моделирование массообменных процессов химической технологии [Текст] : учебное пособие.- М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. - 110 с.

3. Дубровский И. И. Проектирование автоматизированных систем управления химико-технологическими процессами и системами [Текст] : учебное пособие / И. И. Дубровский, В. Л. Лукьянов. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – 211 с.

## 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Автоматизация в промышленности», ISSN – 1819-5962;
- «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика», ISSN – 2073-0004;
- «СТА: современные технологии автоматизации», ISSN – 0206-975X;
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;
- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Стандарты и качество», ISSN – 0038-9692;
- «Контроль качества продукции», ISSN – 2541-9900;
- «Безопасность труда в промышленности», ISSN – 0409-2961;
- «Безопасность в техносфере», ISSN – 1998-071X;
- «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN – 2073-2597;
- «Химическое и нефтегазовое машиностроение», ISSN – 023-1126.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Каталог оборудования группы компаний ТЭФОС, ООО ТД «Нефтехиммаш КО» (Нижний Новгород). [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.tefos.ru](http://www.tefos.ru) (дата обращения: 14.04.2022).
2. Лабораторное оборудование компании «БИОХИМПРО». [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.biohimpro.ru](http://www.biohimpro.ru) (дата обращения: 15.04.2022).
3. Официальный дистрибьютор высокотехнологичного оборудования химических процессов от ведущих производителей Китая компания АКІКО. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.akiko.ru](http://www.akiko.ru) (дата обращения: 14.04.2022).

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по практике. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

В соответствии с учебным планом практика проводится в форме самостоятельной работы обучающегося, как правило, на кафедре, осуществляющей подготовку обучающегося, и включает освоение программы практики с использованием материально-технической базы кафедры.

### 11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Кафедра кибернетики располагает 94 персональными компьютерами, из которых 54 компьютеров используются в образовательном процессе. При этом число компьютеров, объединенных в локальные сети и имеющих выход в интернет 94. Все персональные компьютеры современные с процессорами Pentium II и выше.

Кафедра кибернетики располагает компьютерными классами на 15 посадочных мест (ауд. 243а), 16 посадочных мест (ауд. 247), на 8 посадочных мест (ауд.112), 9 посадочных мест (ауд.111), 3 учебно-научными лабораториями: лабораторией современных средств автоматизации, лабораторией математического моделирования и лабораторией гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория). Все лаборатории оснащены необходимыми приборами и аппаратами.

Лаборатория современных средств автоматизации (ауд. 244) оснащена: 1) двухпозиционной системой управления калорифером на базе ТРМ-2, 2) двухпозиционной системой регулирования температуры жидкости в емкости с мешалкой на базе 2ТРМ1 3) трёхпозиционной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости с мешалкой на базе ИРТ5920, 4) переносной трёхпозиционной системой регулирования температуры воздуха на базе ИРТ5920Н, 5) системой непосредственного цифрового управления калорифером с использованием БУСТ, 6) импульсной системой управления калорифером с использованием широтно-импульсной модуляции на базе ТРМ12-РiС, 7) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры на выходе из калорифера на базе ТРМ101, 8) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости на базе ТРМ101, 9) каскадной автоматической системой регулирования уровня на базе контроллера СуBro2, 10) микропроцессорной системой управления объектом периодического действия на базе программируемого логического контроллера ПЛК150, 11) микропроцессорной системой управления калорифером на базе программируемого логического контроллера ПЛК150, 12) микропроцессорной системой управления климатической камерой КК-350 ТХВ на базе программируемого логического контроллера ПЛК150. Каждая установка имеет автоматизированное рабочее место, основу которого составляет ПК с системным блоком, напрямую соединённым через СОМ-порт с базовыми микропроцессорными устройствами. Все 12 ПК объединены в единую лабораторную сеть, имеют необходимое программное обеспечение и доступ в Интернет.

Лаборатория математического моделирования (ауд. 243) оснащена установками теплообмена, ректификации, абсорбции, кристаллизации, фазового равновесия, сушки, химическим реактором, мембранной установкой, аэротенком. Для занятий используются 2 ПК с предустановленным программным обеспечением.

Лаборатория гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория, ауд. 207) оснащена каталитической установкой для проведения химических реакций, насадочной ректификационной установкой «Луммарк», установками ректификации, газоанализатором «ГИАМ-310-02-2-2», газовым хроматографом 3700 с двумя капиллярными и четырьмя насадочными колонками, ПИД регулятором одноканальным ТРМ-101-СС.

На кафедре КХТП имеется учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран)

и учебной мебелью; учебные аудитории для проведения практических занятий, оборудованные электронными средствами демонстрации; компьютерные классы с предустановленным программным обеспечением для выполнения практических работ; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет для организации самостоятельной работы и выполнения индивидуальных заданий.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия**

В процессе выполнения практики «Производственная практика: преддипломная практика» доступна рабочая программа, размещенная на сайте междисциплинарной автоматизированной системы обучения в LMS Moodle <http://cis.muotr.ru/alk/>. Студенты могут использовать электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, размещенные на данном сайте по отдельным лекциям учебных дисциплин, преподаваемым в соответствии с учебным планом. Доступны комплексы лабораторных работ по различным дисциплинам, включающие типовые примеры выполнения работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с моделирующим программным обеспечением.

Используются компьютерные конспекты лекций; видеуроки для проведения практических занятий, направленных на приобретение навыков работы со специализированным программным обеспечением; электронные учебные пособия; глоссарии основных понятий и определений в предметной области. Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства**

На кафедре КХТП для организации преддипломной практики имеются персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводные точки доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

При необходимости использования аудиовизуального материала при проведении обсуждения материалов практики в виде презентации и защите отчетов по «Производственная практика: преддипломная практика» на кафедре имеются проекторы, настенные и переносные экраны, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы**

Для организации самостоятельной работы обучающихся, выполнения индивидуальных заданий и подготовки отчета по преддипломной практике доступны информационно-образовательные и информационно-справочные материалы, размещенные на сайте междисциплинарной автоматизированной системы обучения <http://cis.muotr.ru/alk/> в разделе «Производственная практика: преддипломная практика». Размещены презентации лекций, теоретические положения к выполнению заданий в программных комплексах, руководства по работе с моделирующим программным обеспечением, требования к оформлению результатов расчетов, примеры к выполнению заданий по разработке баз данных по типовому оборудованию химических производств и др.

Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и

сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

Бакалавры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при изучении учебных дисциплин и написания выпускной квалификационной работы.

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

На кафедре для проведения преддипломной практики имеются следующие электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; инновационный учебно-методический комплекс по проблемам химической безопасности и биологической безопасности; специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения и другие.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на образовательном сайте междисциплинарной АСО <http://cis.muctr.ru/alk/>, разработанном на кафедре.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для бакалавров, высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на сайте кафедры <http://khtp.muctr.ru>.

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество	Срок окончания действия лицензии
1.	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	25	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование программного продукта</b>	<b>Реквизиты договора поставки</b>	<b>Количество</b>	<b>Срок окончания действия лицензии</b>
2	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
4	Instrument Control Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
5	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
6	Fuzzy Logic Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
7	System Identification Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
8	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
9	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
10	Global Optimization	Контракт № 143-	25 лицензий для	бессрочная



<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование программного продукта</b>	<b>Реквизиты договора поставки</b>	<b>Количество</b>	<b>Срок окончания действия лицензии</b>
	Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	164ЭА/2010 от 14.12.10	активации на рабочих станциях	
11	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
12	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
13	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
14	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	36	бессрочная
15	Microsoft Windows Server - Standard 2008	Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open License Номер лицензии 61068797	9	бессрочно
16	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	16	бессрочная
17	Интегрированная среда разработки приложений TRACE MODE 6	Доступна на сайте разработчика по ссылке <a href="http://www.adastra">http://www.adastra</a> .	-	Бессрочная

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество	Срок окончания действия лицензии
		ru/products/dev/scada/		
19	Toxi+Risk	Письмо о передаче: исх. от 21.09.2016 № ЕЮ-01/1860	10 одновременно работающих лицензий	бессрочная
20	Антиплагиат. ВУЗ	Контракт от 15.06.2021 № 42-62ЭА/2021	не ограничено, лимит проверок 15000	19.05.2022

#### 14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Практическое изучение объекта исследования выпускной квалификационной работы	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основы теоретического исследования и изучения объектов практических исследований – технологических процессов, оборудования, установок химических, нефтехимических и биотехнологических производств;</li> <li>– современные научные концепции в области создания энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;</li> <li>– структуру и методы управления современным производством химической и смежных областей промышленности;</li> <li>– методы и средства контроля и управления качеством окружающей среды;</li> <li>– методы анализа технологических процессов как объектов моделирования, оптимизации и управления;</li> <li>– современные нормативные документы по контролю качества химической продукции и безопасного ведения технологических процессов;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– работать с технологической и</li> </ul>	Оценка за отчет по преддипломной практике

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>технической документацией, пользоваться информационно-справочным аппаратом, в том числе с использованием электронных библиотечных систем, информационно-образовательных порталов для поиска свойств веществ и характеристик технологического оборудования, оформлять результаты научно-практических исследований;</p> <p>– использовать полученные теоретические знания для моделирования, синтеза и управления технологическими процессами, оборудования и химико-технологическими системами в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности;</p> <p>– применять методы поиска исходных данных с использованием информационных систем по тематике выпускной квалификационной работы для подготовки их и проведения вычислительных экспериментов;</p> <p><i>Владеет:</i></p> <p>– навыками самостоятельной работы с источниками научной информации, реферирования научных публикаций, обобщения передового опыта и лучших практик применительно к объекту исследования выпускной квалификационной работы</p>	
<p><b>Раздел 2.</b> Выполнение индивидуального задания по теме выпускной квалификационной работы, систематизация материала, подготовка отчета</p>	<p><i>Знает:</i></p> <p>– современные научные концепции в области создания энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;</p> <p>– структуру и методы управления современным производством химической и смежных областей промышленности;</p> <p>– методы математического моделирования для решения задач оптимизации, проектирования и управления энерго- и</p>	<p>Оценка за отчет по преддипломной практике</p> <p>Оценка, полученная на зачете за практику</p>

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>ресурсосберегающими химико-технологическими процессами и системами;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы и средства контроля и управления качеством окружающей среды;</li> <li>– методы анализа технологических процессов как объектов моделирования, оптимизации и управления;</li> <li>– современные нормативные документы по контролю качества химической продукции и безопасного ведения технологических процессов;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– работать с технологической и технической документацией, пользоваться информационно-справочным аппаратом, в том числе с использованием электронных библиотечных систем, информационно-образовательных порталов для поиска свойств веществ и характеристик технологического оборудования, оформлять результаты научно-практических исследований;</li> <li>– использовать полученные теоретические знания для моделирования, синтеза и управления технологическими процессами, оборудования и химико-технологическими системами в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности;</li> <li>– применять методы поиска исходных данных с использованием информационных систем по тематике выпускной квалификационной работы для подготовки их и проведения вычислительных экспериментов;</li> <li>– использовать современные пакеты программ для решения задач моделирования, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими процессами в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;</li> </ul>	

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками самостоятельной работы с источниками научной информации, реферирования научных публикаций, обобщения передового опыта и лучших практик применительно к объекту исследования выпускной квалификационной работы;</li> <li>– методами проектирования основных и вспомогательных цехов предприятия химической промышленности, способами расчета технологического оборудования; навыками систематизации, обработки и обобщения результатов компьютерных экспериментов.</li> </ul>	

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 , протокол № , введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 № ;

– Положением о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 , протокол № 4, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 № ;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе практике**  
**«Производственная практика: преддипломная практика»**  
**основной образовательной программы**  
**18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,**  
**нефтехимии и биотехнологии»**  
**«Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»**

**Форма обучения: очная**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Н. Филатов

«25» мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

**«Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной  
квалификационной работы»**

**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Профиль подготовки – "Основные процессы химических производств и  
химическая кибернетика"**

**Квалификация – «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25 » мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

**Москва 2022**



Программа составлена

д.т.н., профессором, заведующим кафедрой кибернетики химико-технологических процессов

М.Б. Глебовым,

д.т.н., профессором, профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов

Т.В. Савицкой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «26» апреля 2022 г., протокол № 7 .

---

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

В соответствии с Законом РФ «Об образовании» государственная итоговая аттестация выпускников, завершающих обучение по программам высшего образования, в том числе по программам бакалавриата, является заключительным и обязательным этапом оценки содержания и качества освоения студентами основной образовательной программы по направлению *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии*, профиль «*Основные процессы химических производств и химическая кибернетика*».

Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы проводится в целях определения соответствия результатов освоения обучающимися образовательной программы соответствующим требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии*, профиль «*Основные процессы химических производств и химическая кибернетика*».

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат для направления подготовки бакалавров *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии* (ФГОС ВО), профиль «*Основные процессы химических производств и химическая кибернетика*», рекомендациями методической комиссии РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы относится к обязательной части образовательной программы и завершается присвоением квалификации «Бакалавр». Успешное прохождение государственной итоговой аттестации является основанием для выдачи обучающемуся документа о высшем образовании и о квалификации образца, установленного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы обучающихся по программе бакалавриата проводится в форме защиты выпускной квалификационной работы (ВКР).

Защита ВКР предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области неорганической, органической, физической химии, процессов и аппаратов химической технологии, общей химической технологии, математического моделирования химико-технологических процессов, методов оптимизации и планирования эксперимента, систем управления химико-технологическими процессами и др.

**Цель государственной итоговой аттестации:** выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы – выявление уровня теоретической и практической подготовленности выпускника вуза к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии*, профиль «*Основные процессы химических производств и химическая кибернетика*».

**Задачи государственной итоговой аттестации:** выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы – установление соответствия содержания, уровня и качества подготовки выпускника требованиям ФГОС ВО; мотивация выпускников на дальнейшее повышение уровня компетентности в избранной сфере профессиональной деятельности на основе углубления и расширения

полученных знаний и навыков путем продолжения познавательной деятельности в сфере практического применения знаний и компетенций.

## **2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

К государственной итоговой аттестации: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы допускается обучающийся, не имеющий академической задолженности и в полном объеме выполнивший учебный план по направлению подготовки *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии*, профиль «*Основные процессы химических производств и химическая кибернетика*».

У выпускника, освоившего программу бакалавриата, должны быть сформированы следующие **компетенции**:

### **Универсальные компетенции:**

- УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;
- УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений;
- УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде;
- УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах);
- УК-5. Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах;
- УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни;
- УК-7. Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности;
- УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов;
- УК-9. Способен использовать базовые дефектологические знания в социальной и профессиональной сферах;
- УК-10. Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности;
- УК-11. Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению.

### **Общепрофессиональные компетенции:**

- ОПК-1. Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов;

- ОПК-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности;
- ОПК-3. Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом законодательства Российской Федерации, в том числе в области экономики и экологии.
- ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

#### **Профессиональные компетенции:**

- ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья;
- ПК-2. Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные;
- ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности;
- ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий;
- ПК-5. Способен проводить расчеты и выбирать средства автоматизации и управления технологическими процессами и системами в области профессиональной деятельности;
- ПК-6. Способен формулировать и решать задачи экологической безопасности энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности.

Индикаторы достижения компетенций прописаны в основной характеристике образовательной программы.

В результате прохождения государственной итоговой аттестации: выполнения, подготовки к процедуре защиты и защиты выпускной квалификационной работы у студента проверяется сформированность указанных выше компетенций, а также следующих знаний, умений и навыков, позволяющих оценить степень готовности обучающихся к дальнейшей профессиональной деятельности. Студент должен:

#### *Знать:*

- порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательских работ с использованием последних научно-технических достижений в данной области;
- теоретические основы моделирования, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими химико-технологическими процессами и системами и применять эти знания на практике;
- численные методы решения математических задач для исследования процессов химической технологии по теме выпускной квалификационной работы и комплексы программ, реализующие данные методы;
- основные требования к представлению результатов проведенного исследования в виде научного отчета, статьи или доклада;

#### *Уметь:*

- самостоятельно выявлять перспективные направления научных исследований,

обосновывать актуальность, теоретическую и практическую значимость проблемы, проводить расчетно-экспериментальные исследования с использованием прикладного программного обеспечения, анализировать и интерпретировать полученные результаты;

– осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по теме выполняемой работы, в том числе с применением современных информационных технологий;

– работать на современных приборах, оборудовании, средствах компьютерной техники, организовывать проведение лабораторных и вычислительных экспериментов, проводить их обработку и анализировать результаты;

*Владеть:*

– методологией и методикой проведения научных исследований; навыками самостоятельной научной и исследовательской работы;

– навыками работы в коллективе, планировать и организовывать коллективные научные исследования; овладевать современными методами исследования и анализа поставленных проблем;

– способностью решать поставленные задачи, используя умения и навыки в организации научно-исследовательских и технологических работ.

### 3. ОБЪЕМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы проходит в 8 семестре на базе знаний, полученных студентами при изучении дисциплин направления *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии*, профиль «*Основные процессы химических производств и химическая кибернетика*» и рассчитана на сосредоточенное прохождение в 8 семестре (4 курс) обучения в объеме 216 академических часов (6 ЗЕ).

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах
<b>Общая трудоемкость ГИА по учебному плану</b>	<b>6</b>	<b>216</b>
<b>Контактная работа (КР):</b>	-	-
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>6</b>	<b>216</b>
Контактная работа – итоговая аттестация	0.02	0.67
Выполнение, написание и оформление ВКР	5.98	215.33
<b>Вид контроля:</b>	<b>защита ВКР</b>	

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В астроном. часах
<b>Общая трудоемкость ГИА по учебному плану</b>	<b>6</b>	<b>162</b>
<b>Контактная работа (КР):</b>	-	-
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>6</b>	<b>162</b>
Контактная работа – итоговая аттестация	0.02	0.5
Выполнение, написание и оформление ВКР	5.98	161.5
<b>Вид контроля:</b>	<b>защита ВКР</b>	

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы в форме защиты ВКР проходит в \_ семестре на базе знаний, умений и навыков, полученных студентами при изучении дисциплин направления **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, профиль «**Основные процессы химических производств и химическая кибернетика**» и прохождения практик.

Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы – проводится государственной экзаменационной комиссией (ГЭК).

Контроль уровня сформированности компетенций обучающихся, приобретенных при освоении ООП, осуществляется путем проведения защиты ВКР и присвоения квалификации «Бакалавр».

Защита ВКР является обязательной процедурой итоговой государственной аттестации студентов высших учебных заведений, завершающих обучение по направлению подготовки бакалавриата. Она проводится публично на открытом заседании ГЭК в соответствии с локальными нормативными и распорядительными актами университета.

Материалы, представляемые к защите:

выпускная квалификационная работа (пояснительная записка);

задание на выполнение ВКР;

отзыв руководителя ВКР;

рецензия на ВКР;

презентация (раздаточный материал), подписанная руководителем;

доклад.

В задачи ГЭК входят выявление подготовленности студента к профессиональной деятельности и принятие решения о возможности выдачи ему диплома.

Решение о присуждении выпускнику квалификации бакалавра принимается на заседании ГЭК простым большинством при открытом голосовании членов комиссии на основании результатов итоговых испытаний. Результаты определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Обучающийся имеет право подать в апелляционную комиссию апелляцию о нарушении, по его мнению, установленной процедуры защиты выпускной квалификационной работы. Апелляция о несогласии с результатами защиты выпускной квалификационной работы не принимается.

#### 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате прохождения государственной итоговой аттестации: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы у студента проверяется сформированность следующих знаний, умений и навыков, позволяющих оценить степень готовности обучающихся к дальнейшей профессиональной деятельности	Защита ВКР
<b>Знать:</b> – порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательских работ с использованием последних научно-технических достижений в данной области;	+

– теоретические основы моделирования, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими химико-технологическими процессами и системами и применять эти знания на практике;	+
– численные методы решения математических задач для исследования процессов химической технологии по теме выпускной квалификационной работы и комплексы программ, реализующие данные методы;	+
– основные требования к представлению результатов проведенного исследования в виде научного отчета, статьи или доклада;	+
<b>Уметь:</b>	
– самостоятельно выявлять перспективные направления научных исследований, обосновывать актуальность, теоретическую и практическую значимость проблемы, проводить расчетно-экспериментальные исследования с использованием прикладного программного обеспечения, анализировать и интерпретировать полученные результаты;	+
– осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по теме выполняемой работы, в том числе с применением современных информационных технологий;	+
– работать на современных приборах, оборудовании, средствах компьютерной техники, организовывать проведение лабораторных и вычислительных экспериментов, проводить их обработку и анализировать результаты;	+
<b>Владеть:</b>	
– методологией и методикой проведения научных исследований; навыками самостоятельной научной и исследовательской работы;	+
– навыками работы в коллективе, планировать и организовывать коллективные научные исследования; овладевать современными методами исследования и анализа поставленных проблем;	+
– способностью решать поставленные задачи, используя умения и навыки в организации научно-исследовательских и технологических работ.	+
В результате прохождения государственной итоговой аттестации: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы у студента проверяется сформированность следующих <b>компетенций</b> :	
<b>Универсальных компетенций:</b>	
– УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;	+
– УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений;	+
– УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде;	+
– УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах);	+
– УК-5. Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском	+

контекстах;	
– УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни;	+
– УК-7. Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности;	+
– УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов;	+
– УК-9. Способен использовать базовые дефектологические знания в социальной и профессиональной сферах;	+
– УК-10. Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности;	+
– УК-11. Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению.	+
<b><i>Общепрофессиональных компетенций:</i></b>	
– ОПК-1. Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов;	+
– ОПК-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности;	+
– ОПК-3. Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом законодательства Российской Федерации, в том числе в области экономики и экологии.	+
– ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	+
<b><i>Профессиональных компетенций:</i></b>	
– ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья;	+
– ПК-2. Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные;	+
– ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности;	+
– ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий;	+
– ПК-5. Способен проводить расчеты и выбирать средства	+



автоматизации и управления технологическими процессами и системами в области профессиональной деятельности;	
– ПК-6. Способен формулировать и решать задачи экологической безопасности энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности.	+

## **6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

### **6.1. Практические занятия**

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии* профиль «*Основные процессы химических производств и химическая кибернетика*» «Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы» проведение практических занятий не предполагает.

### **6.2. Лабораторные занятия**

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии*, профиль «*Основные процессы химических производств и химическая кибернетика*» «Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы», проведение лабораторных занятий не предполагает.

## **7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии*, профиль «*Основные процессы химических производств и химическая кибернетика*» «Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы» предполагает 216 акад. часов самостоятельной работы.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

### **8.1. Примерная тематика выпускных квалификационных работ**

1. Разработка алгоритма расчета состава сырьевой смеси цементного клинкера;
2. Разработка математической модели процесса абсорбции по гидродинамическим каналам для целей управления;
3. Разработка математических моделей для пусковых режимов химико-технологических процессов;
4. Разработка системы усовершенствованного управления химико-технологическими процессами;
5. Разработка алгоритма расчета управляющих воздействий для колонны стабилизации газового конденсата с использованием нейронных сетей;
6. Разработка алгоритмов оценки ущербов от аварий на типовом оборудовании опасных производственных объектов;
7. Анализ риска и оценка последствий аварий на магистральных трубопроводах с использованием специализированного программного обеспечения;
8. Разработка алгоритмов синтеза и организации выпуска многоассортиментной продукции;

9. Разработка систем автоматического регулирования температурного режима реакторно-регенераторного блока установки каталитического крекинга;
10. Расчет термодинамических и токсических свойств химических соединений с использованием специализированного программного обеспечения;
11. Оценка неканцерогенного риска здоровью населения в результате загрязнения атмосферного воздуха города Москвы;
12. Разработка компьютерного тренажера установки первичной переработки нефти;
13. Разработка алгоритмов расчета физико-химических свойств органических соединений;
14. Разработка программного приложения для расчета и подбора регулирующей арматуры на магистральных нефте- и продуктопроводах;
15. Прогнозирование аварийных ситуаций при разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах;
16. Разработка алгоритмов сбора и обработки данных о загрязнении атмосферы города Москвы;
17. Разработка алгоритмов оценки экологического ущерба от постоянно действующих источников загрязнения;
18. Разработка алгоритмов выбора коррозионно-стойких материалов для типового оборудования опасных производственных объектов;
19. Разработка и реализация банка тестовых заданий по дисциплине «Основы информационных и интернет-технологий» в модульной объектно-ориентированной среде дистанционного обучения Moodle;
20. Разработка автоматизированной системы управления блока окисления параксилола производства терефталевой кислоты;
21. Структурно-параметрическая оптимизация систем автоматического регулирования с использованием упреждителя Смита;
22. Разработка программно-аппаратного комплекса для автоматизации технологических процессов отделения синтеза аммиака;
23. Синтез многоассортиментных химико-технологических систем с использованием специализированного программного обеспечения;
24. Исследование процесса получения белковых наноструктурированных аэрогелей;
25. Изучение и моделирование стадии растворения периодического процесса получения субмикронных порошков методом RESS;
26. Применение каталитических систем для переработки тяжелых соединений нефти;
27. Исследование применения ионных жидкостей для извлечения тяжелых металлов из нефтей;
28. Многосвязная система регулирования для ректификационной установки;
29. Разработка виртуального анализатора качества продукта первичной переработки нефти;
30. Исследование роста смешанной культуры на среде с пребиотиком в проточном режиме;
31. Разработка информационно-образовательных ресурсов по курсу «Мембраны. Моделирование и применение»;
32. Разработка методики создания виртуальных анализаторов с использованием оценки идентифицируемости модели;
33. Разработка сетевой базы данных в области культивирования клеток млекопитающих;
34. Интенсификация и минимизация вредных выбросов в конвекционных печах с рециркуляцией в процессах транспортировки нефти;

35. Разработка методики формирования сферических микроносителей для культивирования клеток и оптимизация режима вакуумной сублимационной сушкой;
36. Оптимизация режима работы периодического реактора в производстве поливинилхлорида;
37. Исследование процессов получения наночастиц в микрофлюидных устройствах;
38. Разработка методики идентификации много-мерных объектов управления с использованием оптимизационного подхода;
39. Разработка инновационных решений в транспортировке природного газа;
40. Создание информационно-образовательного ресурса по учебной дисциплине в соответствии с профилем подготовки.

## **8.2. Текущий контроль выполнения выпускной квалификационной работы**

Текущий контроль выполнения ВКР осуществляется в три этапа и проводится в форме собеседования преподавателя и студента.

На 1-ой контрольной точке преподаватель оценивает выполнение план-графика работы, понимание студентом цели и задач исследования, содержание аналитического обзора научно-технической литературы по теме ВКР.

На 2-ой контрольной точке студент представляет аналитический обзор, результаты экспериментальной научной работы (или технологические расчеты), в случае отставания от графика выполнения работы преподаватель указывает на возможности их ликвидации.

На 3-ей контрольной точке студент представляет практически законченную и оформленную работу и проект презентации. Назначается рецензент, составляется график защит ВКР и работа (или ее часть) передаются на проверку на объём заимствования.

## **8.3. Итоговый контроль освоения основной образовательной программы**

Итоговым контролем освоения образовательной программы является проверка сформированности компетенций выпускника, проводимая на защите ВКР. Особенности защиты ВКР обучающимся, не явившимся на заседание ГЭК, регламентируются Положением о порядке проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 , протокол № , введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 № .

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

### ***Критерии для оценки выпускной квалификационной работы***

Оценка «*отлично*» выставляется за ВКР при следующих условиях:

- постановка проблемы во введении соответствует современному состоянию и перспективам развития научных исследований по направленности (профилям) ООП ВО, носит комплексный характер и включает в себя обоснование актуальности, научной и практической значимости темы, формулировку цели и задач исследования, его объекта и предмета, обзор использованных источников и литературы;
- содержание и структура исследования соответствуют поставленным цели и задачам;
- изложение материала носит проблемно-аналитический характер, отличается логичностью и смысловой завершенностью;
- промежуточные и итоговые выводы работы соответствуют ее основным положениям и поставленным задачам исследования;
- соблюдены требования к стилю и оформлению научных работ;

- публичная защита ВКР показала уверенное владение материалом, умение четко, аргументировано и корректно отвечать на поставленные вопросы, отстаивать собственную точку зрения;

- все текстовые заимствования оформлены достоверными ссылками, объем и характер текстовых заимствований соответствуют специфике исследовательских задач.

Оценка **«хорошо»** выставляется за ВКР при следующих условиях:

- введение включает все необходимые компоненты постановки проблемы, в том числе формулировку цели и задач исследования, его объекта и предмета, обзор использованных источников и литературы. Обоснование актуальности, научной и практической значимости темы не вполне соответствует современному состоянию и перспективам развития научных исследований по направленности (профилям) ООП ВО;

- содержание и структура работы в целом соответствуют поставленным цели и задачам;

- изложение материала не всегда носит проблемно-аналитический характер;

- промежуточные и итоговые выводы работы в целом соответствуют ее основным положениям и поставленным задачам исследования;

- соблюдены основные требования к оформлению научных работ;

- публичная защита выпускной квалификационной работы показала достаточно уверенное владение материалом, однако недостаточное умение четко, аргументировано и корректно отвечать на поставленные вопросы и отстаивать собственную точку зрения;

- текстовые заимствования, как правило, оформлены достоверными ссылками, объем текстовых заимствований в целом соответствует специфике исследовательских задач.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за ВКР при следующих условиях:

- введение включает основные компоненты постановки проблемы, однако в формулировках цели и задач исследования, его объекта и предмета допущены погрешности, обзор использованных источников и литературы носит формальный характер, обоснование актуальности, научной и практической значимости темы не соответствует современному состоянию и перспективам развития научных исследований по направленности (профилям) ООП ВО;

- содержание и структура работы не полностью соответствуют поставленным задачам исследования;

- изложение материала носит описательный характер, список цитируемых источников не позволяет качественно решить все поставленные в работе задачи;

- выводы работы не полностью соответствуют ее основным положениям и поставленным задачам исследования;

- нарушен ряд основных требований к оформлению научных работ;

- в ходе публичной защиты проявилось неуверенное владение материалом, неумение отстаивать собственную позицию и отвечать на вопросы;

- значительная часть текстовых заимствований не сопровождаются достоверными ссылками, объем и характер текстовых заимствований лишь отчасти соответствуют специфике исследовательских задач.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за ВКР при следующих условиях:

- введение работы не имеет логичной структуры и не выполняет функцию постановки проблемы исследования;

- содержание и структура работы в основном не соответствует теме, цели и задачам исследования;

- работа носит реферативный характер, список цитируемых источников является недостаточным для решения поставленных задач;

- выводы работы не соответствуют ее основным положениям и поставленным задачам исследования;
- не соблюдены требования к оформлению научных работ;
- в ходе публичной защиты выпускной квалификационной работы проявилось неуверенное владение материалом, неумение формулировать собственную позицию;
- большая часть текстовых заимствований не сопровождаются достоверными ссылками, текстовые заимствования составляют большой объем работы и преимущественно являются результатом использования нескольких научных и учебных изданий.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **9.1. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

Научно-технические журналы:

- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Проблемы управления», ISSN печатной версии: 1819-3161;
- «Автоматизация в промышленности», ISSN печатной версии: 1819-5962;
- «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика», ISSN печатной версии: 2073-0004;
- СТА: современные технологии автоматизации», ISSN печатной версии: 0206-975X;
- «Программные продукты и системы», ISSN печатной версии: 0236-235X, ISSN онлайн-версии: 2311-2735;
- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Стандарты и качество», ISSN – 0038-9692;
- «Контроль качества продукции», ISSN – 2541-9900;
- «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN – 2073-2597;
- «Химическое и нефтегазовое машиностроение», ISSN – 023-1126;
- «Chemical Engineering Transactions», ISSN 1974-9791;
- «Reliability Engineering & System Safety», ISSN – 0951-8320;
- «Computers & Chemical Engineering», ISSN – 0098-1354

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- [www.tefos.ru](http://www.tefos.ru)
- [www.biohimpro.ru](http://www.biohimpro.ru)
- [www.akiko.ru](http://www.akiko.ru)

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева обеспечивает информационную поддержку всем направлениям деятельности университета, содействует подготовке высококвалифицированных специалистов, совершенствованию учебного процесса, научно-исследовательской работы, способствует развитию профессиональной культуры будущего специалиста.

ИБЦ университета обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного

процесса по всем дисциплинам, практикам и ГИА основной образовательной программы и гарантирует возможность качественного освоения обучающимися образовательной программы по направлению *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии*.

Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Информационно-библиотечный центр обеспечивает самостоятельную работу студентов в читальных залах, предоставляя широкий выбор литературы по актуальным направлениям, а также обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Перечень оборудования для обеспечения проведения государственной итоговой аттестации: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы: презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления).

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Кафедра кибернетики располагает 94 персональными компьютерами, из которых 54 компьютеров используются в образовательном процессе. При этом число компьютеров, объединенных в локальные сети и имеющих выход в интернет 94. Все персональные компьютеры современные с процессорами Pentium II и выше.

Кафедра кибернетики располагает компьютерными классами на 15 посадочных мест (ауд. 243а), 16 посадочных мест (ауд. 247), на 8 посадочных мест (ауд.112), 9 посадочных мест (ауд.111), 3 учебно-научными лабораториями: лабораторией современных средств автоматизации, лабораторией математического моделирования и лабораторией гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория). Все лаборатории оснащены необходимыми приборами и аппаратами.

На кафедре КХТП имеется учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебные аудитории для проведения текущего контроля выполнения выпускной квалификационной работы, оборудованные электронными средствами демонстрации; компьютерные классы с предустановленным программным обеспечением для самостоятельного выполнения расчетно-практических частей ВКР; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет для организации самостоятельной работы и выполнения индивидуальных заданий.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

По «Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы» доступны учебные материалы, размещенные на сайте междисциплинарной автоматизированной системы обучения

<http://cis.muctr.ru/alk/>. Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

На кафедре КХТП для организации государственной итоговой аттестации: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы имеются персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводные точки доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

При необходимости использования аудиовизуального материала при проведении обсуждения материалов выполнения выпускной квалификационной работы в виде презентации и защите отчетов по «Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы» на кафедре имеются проекторы, настенные и переносные экраны, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

На кафедре КХТП для проведения государственной итоговой аттестации имеются следующие электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; инновационный учебно-методический комплекс по проблемам химической безопасности и биологической безопасности; специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения и другие.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на образовательном сайте междисциплинарной АСО <http://cis.muctr.ru/alk/>, разработанном на кафедре.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для бакалавров, высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на сайте кафедры <http://khttp.muctr.ru>

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество	Срок окончания действия лицензии
1.	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	25	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
2	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
4	Instrument Control Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
5	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
6	Fuzzy Logic Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
7	System Identification	Контракт № 143-	25 лицензий для	бессрочная



<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование программного продукта</b>	<b>Реквизиты договора поставки</b>	<b>Количество</b>	<b>Срок окончания действия лицензии</b>
	Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	164ЭА/2010 от 14.12.10	активации на рабочих станциях	
8	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
9	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
10	Global Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
11	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
12	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
13	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
14	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477	36	бессрочная
15	Microsoft Windows Server - Standard 2008	Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open License	9	бессрочно

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество	Срок окончания действия лицензии
		Номер лицензии 61068797		
16	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	16	бессрочная
17	Интегрированная среда разработки приложений TRACE MODE 6	Доступна на сайте разработчика по ссылке <a href="http://www.adastra.ru/products/dev/scada/">http://www.adastra.ru/products/dev/scada/</a>	-	Бессрочная
19	Toxi+Risk	Письмо о передаче: исх. от 21.09.2016 № ЕЮ-01/1860	10 одновременно работающих лицензий	бессрочная
20	Антиплагиат. ВУЗ	Контракт от 15.06.2021 № 42-62ЭА/2021	не ограничено, лимит проверок 15000	19.05.2022

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1. Выполнение и представление результатов научных исследований.</b> 1.1 Выполнение научных исследований	<i>Знает:</i> – порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательских работ с использованием последних научно-технических достижений в данной области; – теоретические основы моделирования, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими химико-технологическими процессами и системами и применять эти знания на практике; – численные методы решения математических задач для исследования процессов химической технологии по теме выпускной квалификационной	Оценка за первое и второе промежуточные представления результатов научных исследований. Оценка на ГИА.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>работы и комплексы программ, реализующие данные методы;</p> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– самостоятельно выявлять перспективные направления научных исследований, обосновывать актуальность, теоретическую и практическую значимость проблемы, проводить расчетно-экспериментальные исследования с использованием прикладного программного обеспечения, анализировать и интерпретировать полученные результаты;</li> <li>– осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по теме выполняемой работы, в том числе с применением современных информационных технологий;</li> <li>– работать на современных приборах, оборудовании, средствах компьютерной техники, организовывать проведение лабораторных и вычислительных экспериментов, проводить их обработку и анализировать результаты;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методологией и методикой проведения научных исследований; навыками самостоятельной научной и исследовательской работы;</li> <li>– навыками работы в коллективе, планировать и организовывать коллективные научные исследования; овладевать современными методами исследования и анализа поставленных проблем;</li> <li>– способностью решать поставленные задачи, используя умения и навыки в организации научно-исследовательских и технологических работ.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 2. Выполнение и представление результатов научных исследований.</b></p> <p>1.2 Подготовка научного доклада и</p>	<p><i>Знает</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные требования к представлению результатов проведенного исследования в виде научного отчета, статьи или доклада;</li> </ul> <p><i>Умеет</i></p>	<p>Оценка за третье промежуточное представление результатов научных исследований.</p> <p>Оценка на ГИА.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
презентации.	<p>– осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по теме выполняемой работы, в том числе с применением современных информационных технологий;</p> <p><i>Владеет</i></p> <p>– способностью решать поставленные задачи, используя умения и навыки в организации научно-исследовательских и технологических работ.</p>	

### **13. ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 , протокол № , введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от . .20 № ;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

