

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Облачные вычисления в химической технологии»**

**Направление подготовки**

**09.04.02 Информационные системы и технологии**

**Магистерская программа**

**«Информационные технологии для цифрового проектирования»**

**Квалификация «магистр»**

**Москва 2025**

Программа составлена ассистентом кафедры информационных компьютерных технологий П. Л. Папаевым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д.И. Менделеева

---

(Наименование кафедры)

«13» мая 2025 г., протокол №17.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) для направления подготовки магистров 09.04.02 Информационные системы и технологии, рекомендациями методической секции Ученого совета РХТУ им. Д. И. Менделеева и накопленным опытом преподавания аналогичных дисциплин кафедрой информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д. И. Менделеева.

Программа относится к вариативной части обязательных дисциплин учебного плана и рассчитана на изучение дисциплины в 2-м семестре обучения. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе. Итоговой формой контроля является экзамен. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области архитектуры информационных систем, компьютерных сетей и телекоммуникаций, операционных систем.

**Цель дисциплины** изучить методы проектирования облачных сервисов, принципы организации информационных систем на основе облачных технологий и специализированных программно-технических средств в масштабах организации.

**Основные задачи** дисциплины:

- получение знаний и опыта работы с современными средствами виртуализации серверов;
- получение навыков по организации облачных вычислений.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины при подготовке магистров по программе «Информационные технологии для цифрового проектирования» направления 09.04.02 Информационные системы и технологии 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 критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации. УК-1.2. Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать

		<p>конкретные решения для ее реализации. УК-1.3.</p> <p>Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.</p>
--	--	---

**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>				
Менеджмент проектов в области информационных технологий (планирование, организация исполнения, контроль и анализ отклонений) для эффективного достижения целей проекта	Проекты в области информационных технологий	ПК-2. Способность выполнять управление проектами в области информационных технологий любого масштаба в условиях неопределенности.	<p>ПК-2.1 Знает основы конфигурационного управления; методы функционального аудита конфигурации информационных систем.</p> <p>ПК-2.2 Умеет планировать работы в проекте в области информационных технологий.</p> <p>ПК-2.3 Владеет управлением сборки программных базовых элементов конфигурации информационных систем; навыками разработки плана конфигурационного управления.</p>	<p>Сферы деятельности ФГОС ВО в областях: 06. Связь, информационные и коммуникационные технологии 06.016</p> <p>Профессиональный стандарт «Руководитель проектов в области информационных технологий», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 27 апреля 2023 г. № 369н</p> <p>Обобщенная трудовая функция В. Управление проектами в</p>

				области ИТ малого и среднего уровня сложности в условиях неопределенности, порождаемых запросами на изменения, с применением формальных инструментов управления рисками и проблемами проекта (уровень квалификации – 7).
Разработка, восстановление и сопровождение требований к программному обеспечению, продукту, средству, программно- аппаратному комплексу, автоматизированной информационной системе или автоматизированной системе управления на протяжении их жизненного цикла	Проекты в области информационных технологий	ПК-4. Способность выполнять непосредственно руководство процессами разработки программного.	ПК-4.1 Знает методологии и средства проектирования программного обеспечения. ПК-4.2 Умеет применять методологии и средства проектирования программного обеспечения, применять принципы построения архитектуры программного обеспечения. ПК-4.3 Владеет методами и средствами проектирования программного обеспечения.	Сферы деятельности ФГОС ВО в областях: 06. Связь, информационные и коммуникационные технологии 06.017 Профессиональный стандарт «Руководитель разработки программного обеспечения», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 20 июля 2022 г. № 423н Обобщенная трудовая функция А. Руководство

				процессами разработки компьютерного программного обеспечения (уровень квалификации – 6).
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- современные средства виртуализации;
- теоретические основы и технологии облачных вычислений, систем, основанных на облачных технологиях.

**уметь:**

- создавать, управлять виртуальными машинами. Управлять доступом и обеспечивать высокую доступность к ним;
- адаптировать прикладные задачи для решения с использованием облачных вычислений;
- разворачивать и настраивать открытые облачные системы;

**владеть:**

- подходами и инструментальными средствами решения задач виртуализации и облачных технологий и вычислений.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>5</b>	<b>180</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,43</b>	<b>51</b>
Лекции (Лек)	0,47	17
Лабораторные занятия (Лаб)	0,96	34
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>3,57</b>	<b>129</b>
Самостоятельное изучение разделов дисциплин	3,57	128,6
Контактная самостоятельная работа		0,4
<b>Вид контроля:</b>	<b>экзамен</b>	

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В астроном. часах
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>5</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,43</b>	<b>38,25</b>
Лекции (Лек) – <i>если есть в учебном плане</i>	0,47	12,75
Лабораторные занятия (Лаб)	0,96	25,5

<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>3,57</b>	<b>96,75</b>
Самостоятельное изучение разделов дисциплин	3,57	96,6
Контактная самостоятельная работа		0,15
<b>Вид контроля:</b>	<b>экзамен</b>	

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек.	Лаб.	СР
1	Введение	4	1	1	10
2	Раздел 1. Обзор технологий виртуализации	8	1	5	15
3	Раздел 2. Управление гипервизором	23	2	6	20
4	Раздел 3. Настройка и управление виртуальными сетями	26	3	6	30
5	Раздел 4. Настройка и управление системами хранения данных	26	3	8	25
6	Раздел 5. Создание, управление виртуальными машинами	57	7	8	29
<b>Всего</b>		<b>180</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>129</b>

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

#### **Введение.**

Цели и задачи курса. Структура излагаемого материала. Основные понятия, определения, терминология.

#### **Раздел 1. Обзор технологий виртуализации.**

Основы и общие сведения о виртуализации. Концепции виртуализации ИТ-инфраструктуры. Преимущества и недостатки виртуализации. Типы виртуализации. Сценарии применения решений виртуализации.

Облачная инфраструктура. Что и когда нужно переводить в облака. Сценарии использования облака. Стратегия развертывания облака. Облачные вычисления.

Обзор специализированных программно-технических средств, используемых при виртуализации. Основные компоненты наиболее популярных программных решений.

#### **Раздел 2. Управление гипервизором.**

Термины и понятие, связанные с гипервизорами. Виды гипервизоров. Обзор архитектуры и основных компонентов гипервизора. Основные функциональные возможности, которые реализует гипервизор.

Установка гипервизора и последующая его настройка под определенные цели и задачи. Распространенные проблемы при установке.

### **Раздел 3. Настройка и управление виртуальными сетями.**

Обзор виртуальных коммутаторов. Способы практического применения виртуальных коммутаторов. Требования к аппаратному и программному обеспечению.

Создание, настройка и управление стандартным виртуальным коммутатором. Настройка политик стандартного виртуального коммутатора: сетевые политики, политики безопасности, политики контроля трафика. Балансировка нагрузки сетевых адаптеров.

### **Раздел 4. Настройка и управление системами хранения данных.**

Обзор систем хранения данных. Элементы, характерные для систем хранения данных: функциональность хранилищ, протоколы, топологии подключения хранилищ к серверам.

Настройка гипервизора для работы с хранилищами. Создание и управление хранилищами данных. Введение в виртуальные тома.

### **Раздел 5. Создание, управление виртуальными машинами.**

Введение в виртуальные машины. Файлы виртуальных машин. Оборудование виртуальных машин.

Создание виртуальных машин при помощи мастера. Создание шаблонов и клонирование виртуальных машин. Изменение параметров виртуальных машин. Создание снимков виртуальных машин и управление ими. Управление существующими виртуальными машинами. Аутентификация и контроль доступа.

Управление ресурсами и мониторинг: понятия виртуального процессора и виртуальной памяти и способы оптимизации их использования, способы перераспределения памяти между виртуальными машинами, настройка пулов ресурсов и управление ими.

Масштабируемость. Понятие кластера. Требования для создания кластера. Создание, настройка и мониторинг состояния кластера.

## **5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

№	Компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	<b>Знать:</b>					
1	Современные средства виртуализации	+	+	+	+	+
2	Теоретические основы и технологии облачных вычислений, систем, основанных на облачных технологиях	+	+	+	+	+
	<b>Уметь:</b>					
3	Создавать, управлять виртуальными машинами. Управлять доступом и обеспечивать высокую доступность к ним		+	+	+	+



4	Адаптировать прикладные задачи для решения с использованием облачных вычислений					+	+
5	Разворачивать и настраивать открытые облачные системы			+	+	+	+
	<b>Владеть:</b>						
6	Инструментальными средствами и методами решения задач виртуализации и облачных технологий и вычислений			+	+	+	+
	<b>Универсальные компетенции:</b>						
7	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<p>УК-1.1. Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации.</p> <p>УК-1.2. Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации.</p> <p>УК-1.3. Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки</p>	+	+	+	+	+

		цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.					
	<b>Профессиональные компетенции:</b>						
9	ПК-2. Способность выполнять управление проектами в области информационных технологий любого масштаба в условиях неопределенности.	ПК-2.1 Знает основы конфигурационного управления; методы функционального аудита конфигурации информационных систем. ПК-2.2 Умеет планировать работы в проекте в области информационных технологий. ПК-2.3 Владеет управлением сборки программных базовых элементов конфигурации информационных систем; навыками разработки плана конфигурационного управления.	+	+	+	+	+
10	ПК-4. Способность выполнять непосредственное руководство процессами разработки программного.	ПК-4.1 Знает методологии и средства проектирования программного обеспечения. ПК-4.2 Умеет применять методологии и	+	+	+	+	+

		средства проектирования программного обеспечения, применять принципы построения архитектуры программного обеспечения. ПК-4.3 Владеет методами и средствами проектирования программного обеспечения.					
--	--	---	--	--	--	--	--

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки магистров по программе «Информационные технологии для цифрового проектирования» направления 09.04.02 Информационные системы и технологии не предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине.

### 6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки магистров предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине в объёме 34 часов. Лабораторные занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на приобретение практических навыков виртуализации с помощью специализированных программно-технических средств.

Примерный перечень лабораторных занятий:

№ п/п	Раздел	Темы лабораторных работ
1	2	Установка гипервизора и его настройка (8 ч)
2	3	Создание, настройка и управление стандартным виртуальным коммутатором (8 ч)
3	4	Создание и управление хранилищами данных (9 ч)
4	5	Создание и управление виртуальной машиной (9 ч)

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины «Виртуализация и облачные вычисления» предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 129

час., в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины и выполнение домашних заданий и подготовка реферата.

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и лабораторных занятиях учебного материала;
- подготовка реферата по тематике курса;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. Д. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой по дисциплине.

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

### **8.1. Примерная тематика реферата**

Максимальная оценка реферата – 15 баллов.

1. Облачные вычисления и виртуализация на примере технологий компании Citrix;
2. Облачные вычисления и виртуализация на примере технологий компании Microsoft;
3. Облачные вычисления и виртуализация на примере технологий компании VMware;
4. Облачные вычисления и виртуализация на примере технологий компании Amazon;
5. Облачные технологии в образовании;
6. Использование виртуализации на основе KVM;
7. Информационная безопасность в облачных вычислениях: уязвимости, методы и средства защиты;
8. Настройка и управление виртуальными сетями;
9. Обзор отечественных компаний и разработок в области виртуализации и облачных технологий;
10. Обзор зарубежных компаний и разработок в области виртуализации и облачных технологий;
11. Производительность в виртуальной среде;
12. Основные задачи и область применения виртуализации;
13. Обзор оборудования в облачных технологиях;
14. Высокая доступность и отказоустойчивость виртуальных машин;
15. Методика оценки эффективности виртуализации серверной инфраструктуры;
16. Проблема оценки эффективности внедрения хранилищ данных;

17. Эффективность облачных сервисов;
18. Эффективность корпоративных ЦОД;
19. Гипервизоры. Принцип работы и примеры;
20. Особенности и основные аспекты проектирования «облачных» архитектур;
21. Настройка и управление системами хранения данных;
22. Облачные сервисы компьютерных игр;

## **8.2. Примеры контрольных вопросов для оценки освоения дисциплины**

### **Раздел 1. Максимальная оценка – 3 балла.**

- Перечислите основные преимущества виртуализации.
- Перечислите основные недостатки виртуализации.
- Типы виртуализации, какой из них предпочтительней?
- Что подразумевается под понятием облачная инфраструктура?
- Что и когда нужно переводить в облака?
- Предложите один из сценариев использования облака.
- Приведите пример применения облачных вычислений.
- Какие программно-технологические средства, используемые виртуализации вы знаете?

### **Раздел 2. Максимальная оценка – 3 балла.**

- Что такое гипервизор?
- Перечислите виды гипервизоров.
- Перечислите основные компоненты гипервизора.
- Какие функциональные возможности реализует гипервизор?
- Какие наиболее распространенные проблемы при установке гипервизора?

### **Раздел 3. Максимальная оценка – 3 балла.**

- Что такое виртуальный коммутатор?
- Где практически применяется виртуальный коммутатор?
- Какие политики стандартного виртуального коммутатора можно настроить?
- Зачем балансировать нагрузку сетевых адаптеров?

### **Раздел 4. Максимальная оценка – 3 балла.**

- Зачем использовать системы хранения данных?
- Назовите основные элементы, характерные для систем хранения данных.
- Используется ли гипервизор для работы с хранилищами данных?
- Что такое виртуальные тома и для чего они применяются?

### **Раздел 5. Максимальная оценка – 3 балла.**

- Какое оборудование используется при создании виртуальных машин?

- Что вы понимаете под созданием снимков виртуальных машин?
- Можно ли установить ограниченный доступ к виртуальной машине?
- Что такое виртуальный процессор?
- Что такое виртуальная память?
- Перечислите основные способы распределения памяти между виртуальными машинами.
- Что такое кластер?
- Какие требования должны соблюдаться при создании кластера?

### **8.3. Примеры тем лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины**

**Раздел 2.** Максимальная оценка – 7 балла.

Установка гипервизора и последующая его настройка. Использование основных функциональных возможностей гипервизора.

**Раздел 3.** Максимальная оценка – 7 балла.

Создание, настройка и управление стандартным виртуальным коммутатором.

**Раздел 4.** Максимальная оценка – 7 балла.

Настройка гипервизора для работы с хранилищами. Создание и управление хранилищами данных.

**Раздел 5.** Максимальная оценка – 9 балла.

Создание и настройка виртуальной машины. Использование основных функциональных возможностей виртуальной машины.

### **8.4. Структура и пример билетов (экзамен)**

Экзамен по дисциплине «Облачные вычисления в химической технологии» включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет состоит из 3 вопросов, относящихся к разным разделам дисциплины. Все вопросы билета предусматривают развернутые ответы студента по достаточно объемной тематике. Ответы на вопросы билета оцениваются из 40 баллов следующим образом: первый и второй вопросы – по 12 баллов каждый, третий вопрос – 16 баллов.

Пример билета:

«Утверждаю» Заведующий кафедрой  _____	<b>Министерство науки и высшего образования Российской Федерации</b>
	<b>Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева</b>
	<b>Программа «Облачные вычисления в химической технологии» направления подготовки магистров 09.04.02 Информационные системы и технологии</b>
<p align="center"><b>Экзаменационный билет № 1</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Типы виртуализации, какой из них предпочтительней?</li> <li>2. Где практически применяется виртуальный коммутатор?</li> <li>3. Перечислите и кратко изложите основные способы распределения памяти между виртуальными машинами.</li> </ol>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература.

#### А. Основная литература:

1. Клементьев И. П. Введение в облачные вычисления: учеб. пособие / И. П. Клементьев, В. А. Устинов // М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ». – 2016. – 310 с.
2. Яковлев В. В. Технологии виртуализации и консолидации информационных ресурсов: учеб. пособие // М.: УМЦ ЖДТ. – 2015. – 156 с.

#### Б. Дополнительная литература:

1. Савельев А. О. Решения Microsoft для виртуализации ИТ-инфраструктуры предприятий: учеб. пособие // М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ». – 2016. – 284 с.
2. Лэнгоун Д. Виртуализация настольных компьютеров с помощью VMware View 5. Полное руководство по планированию и проектированию решений на базе VMware View 5 / Д. Лэнгоун, А. Лейбовичи // М.: издательство «ДМК Пресс». – 2013. – 280 с.
3. Карп Н. Великий переход: что готовит революция облачных технологий // М.: издательство «Манн, Иванов и Фербер». – 2014. – 272 с.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- Виртуализация. облачные структуры. системы хранения данных;
- Программные продукты, системы и алгоритмы;
- Журнал сетевых решений/LAN;
- Программные продукты и системы;

- В облаке.РФ;
- Системы и средства информатики.

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

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций;
- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины;
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (ЭО и ДОТ) при реализации основных профессиональных образовательных программ, предусмотрено использование следующих средств обеспечения освоения дисциплины: чтение лекций, проведение семинаров и консультация студентов с помощью проведения вебинаров на платформе «Discord», работа на платформе «ЭИОС РХТУ», работа по e-mail, работа в социальной сети «ВКонтакте», работа в мессенджерах WhatsApp, Skype.

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

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Виртуализация и облачные вычисления» необходимо следующее программное обеспечение: операционная система Windows и программное обеспечение компании VMware. Данное программное обеспечение используется для всех модулей.

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 01.01.2024 составляет 1 708 372 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 рабочим планом занятия по дисциплине «Виртуализация и облачные вычисления» проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

### **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.

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

Комплекты плакатов к разделам лекционного курса и заданиями по лабораторным работам.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

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

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса, к лабораторным занятиям.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

### 11.5. 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 MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477	100	бессрочная
2	Microsoft Windows 7 Pro	Microsoft Open License Номерлицензии 47837475	21	бессрочная

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Обзор технологий виртуализации	Знает основные сведения о современных средствах виртуализации. Теоретические основы и технологии облачных вычислений, систем, основанных на облачных технологиях.	Контрольная работа, реферат, экзамен
Раздел 2. Управление гипервизором	Знает основные сведения о гипервизорах. Функциональные возможности гипервизора. Умеет устанавливать и настраивать гипервизор под определенные задачи. Решать проблемы при установке гипервизора. Владеет подходами и инструментальными средствами решения задач виртуализации с использованием гипервизора.	Контрольная работа, реферат, лабораторная работа, экзамен
Раздел 3. Настройка и управление виртуальными сетями	Знает основные сведения о виртуальных коммутаторах. Требования к аппаратному и программному обеспечению. Умеет создавать, настраивать и управлять стандартным виртуальным коммутатором. Настаивать политики стандартного виртуального коммутатора. Владеет подходами и инструментальными средствами решения задач виртуализации коммутаторов.	Контрольная работа, реферат, лабораторная работа, экзамен

Раздел 4. Настройка и управление системами хранения данных	Знает основные сведения о системах хранения данных. Умеет настраивать гипервизор для работы с хранилищами. Создавать и управлять хранилищами данных. Владеет подходами и инструментальными средствами решения задач виртуализации с использованием систем хранения данных.	Контрольная работа, реферат, лабораторная работа, экзамен
Раздел 5. Создание, управление виртуальными машинами	Знает основные сведения виртуальных машинах. Умеет создавать виртуальные машины. Изменять параметры виртуальных машин. Управлять ресурсами виртуальных машин. Владеет подходами и инструментальными средствами решения задач виртуализации с использованием виртуальных машин.	Контрольная работа, реферат, лабораторная работа, экзамен

### **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 высшего образования – 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 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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  
«Облачные вычисления в химической технологии»  
основной образовательной программы магистратуры**

09.04.02 Информационные системы и технологии  
Магистерская программа «Информационные технологии для цифрового  
проектирования»  
Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		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»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Программирование с использованием графических ускорителей»**

**Направление подготовки  
09.04.02 Информационные системы и технологии**

**Магистерская программа  
«Информационные технологии для цифрового проектирования»**

**Квалификация «магистр»**

**Москва 2025**

Программа составлена доцентом кафедры информационных компьютерных технологий  
к.т.н. Митричевым И.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д.И. Менделеева

---

(Наименование кафедры)

«13» мая 2025 г., протокол №17.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **09.04.02 Информационные системы и технологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **информационных компьютерных технологий** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в одного семестра.

Программа относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений, и является дисциплиной по выбору. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области вычислительной математики (численных методов решения уравнений), основ программирования.

**Цель дисциплины** состоит в изучении математических моделей, методов и технологий параллельного программирования гетерогенных вычислительных систем на языке CUDA в объеме, достаточном для успешного применения данных технологий на практике в актуальных задачах.

**Задачи дисциплины** – изучение причин развития массивно параллельных вычислительных систем, рассмотрение принципов и схем построения и графических ускорителей, моделирование и анализ параллельных вычислений, знакомство обучающихся с особенностями программной модели CUDA для разработки параллельных алгоритмов и программ, построение, реализация и отладка параллельных вычислительных алгоритмов для решения задач химической технологии.

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе. Итоговой формой контроля является зачет с оценкой.

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>				
Проектирование, графический дизайн и юзабилити-исследование интерактивных пользовательских интерфейсов, обеспечивающих высокие эргономические характеристики программных продуктов и систем	Методы и средства разработки интерфейсной части информационных систем	ПК-4. Способен выполнять проектирование сложных пользовательских интерфейсов, экспертный анализ эргономических характеристик программных продуктов	ПК-4.1. Знает принципы эргономики, средства разработки эргономичных графических пользовательских интерфейсов.	06.025 Профессиональный стандарт «Специалист по дизайну графических и пользовательских интерфейсов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 сентября 2020 г. № 671н Обобщенная трудовая функция Ф. Проектирование сложных графических пользовательских интерфейсов – 7).
			ПК-4.2. Умеет: формировать перечень задач юзабилити-исследования; прототипировать графические пользовательские интерфейсы.	
			ПК-4.3. Владеет методами проектирования и оценки эргономичности графических пользовательских интерфейсов.	



В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

**знать:**

– особенности используемых в настоящее время архитектур массивно-параллельных вычислительных систем;

**уметь:**

– применять модель распараллеливания CUDA для обработки больших объемов данных;

– применять модель распараллеливания CUDA для решения задач химической технологии;

**владеть:**

– основными приемами программирования с использованием ускорителей NVidia и программной модели CUDA;

– приемами оптимизации программного кода для массивно-параллельных архитектур, находя узкие места алгоритма с учетом ограничений программной и аппаратной моделей.

### 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>1,88</b>	<b>68</b>	<b>51</b>
Лекции	0,47	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,12</b>	<b>76</b>	<b>57</b>
Контактная самостоятельная работа	<b>2,12</b>	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,6	56,7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек.	ПЗ	Лаб.	СР
	Введение	1	1	0	0	0
1	Раздел 1. Архитектура и программная модель графических ускорителей NVidia	21	5	0	0	16
2	Раздел 2. Разработка и оптимизация программ на языке CUDA	61	6	7	18	30
3	Раздел 3. Математическое моделирование в задачах химической технологии с применением GPU	61	5	10	16	30

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек.	ПЗ	Лаб.	СР
	Итого	144	17	17	34	76

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### Введение

Цели и задачи курса. История и предпосылки развития существующих типов параллельных вычислительных архитектур, и их назначение. Системы с общей памятью, системы с разделяемой памятью, гибридные системы.

### Раздел 1. Архитектура и программная модель графических ускорителей NVidia

Назначение GPU, преимущества и недостатки вычислений на GPU (GPGPU). Архитектура NVidia GPU. Типы памяти GPU. Программирование на CUDA: работа с памятью. Компилятор nvcc. Перемножение матриц с использованием глобальной памяти. Использование разделяемой памяти для вычислений. Синхронизация глобальной памяти.

### Раздел 2. Разработка и оптимизация программ на языке CUDA.

Работа с линейной алгеброй на GPU. Параллельные алгоритмы для перемножения матриц. Блочные алгоритмы перемножения матриц. Перестановки в варпе (warp shuffle). Использование директив для ускорения вычислений на GPU. OpenACC, распараллеливание задач с использованием данной технологии на графических ускорителях. Использование библиотек для ускорения вычислений на GPU. Решение систем линейных алгебраических уравнений итерационными методами на GPU. Решение систем нелинейных алгебраических уравнений с использованием CUDA. Решение задач, связанных с матричной алгеброй, с использованием CUBLAS

### Раздел 3. Математическое моделирование в задачах химической технологии с применением GPU

Применение технологий CUDA для математического моделирования в задачах математической физики и вычислительной химии. Особенности программирования на CUDA численных методов решения уравнений в частных производных. Структуры хранения данных, методы распараллеливания вычислений. Решение уравнения переноса, а также двумерных и трехмерных уравнений в частных производных параболического типа на CUDA. Примеры конкретных параллельных методов для решения задач химической технологии: диффузия вещества в трубчатом аппарате, диффузия и конвекция в химическом реакторе, перенос тепла в реакторе.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	<b>Знать:</b>				
1	особенности используемых в настоящее время архитектур массивно-параллельных вычислительных систем	+	+	+	
	<b>Уметь:</b>				
2	применять модель распараллеливания CUDA для обработки больших объемов данных;		+		
3	применять модель распараллеливания CUDA для решения задач химической технологии;			+	
	<b>Владеть:</b>				
4	основными приемами программирования с использованием ускорителей NVidia и программной модели CUDA;	+	+	+	
5	приемами оптимизации программного кода для массивно-параллельных архитектур, находя узкие места алгоритма с учетом ограничений программной и аппаратной моделей;		+	+	
	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные</u> компетенции и индикаторы их достижения:				
6	ПК-4. Способен выполнять проектирование сложных пользовательских интерфейсов, экспертный анализ эргономических характеристик программных продуктов	– ПК-4.1. Знает принципы эргономики, средства разработки эргономичных графических пользовательских интерфейсов.	+	+	+
		– ПК-4.2. Умеет: формировать перечень задач юзабилити-исследования; прототипировать графические пользовательские интерфейсы.	+	+	+
		– ПК-4.3. Владеет методами проектирования и оценки эргономичности графических пользовательских интерфейсов.	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Учебным планом предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине в объёме 17 часов (0,47 зач. ед.). Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, формирования понимания связей между теорией CUDA-программирования и этапами разработки реального прикладного программного обеспечения.

Примерный перечень практических занятий:

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	2	Программирование на CUDA: работа с памятью. Перемножение матриц с использованием глобальной памяти. Использование разделяемой памяти. Синхронизация глобальной памяти.	3
2	2	Работа с линейной алгеброй на GPU. Параллельные алгоритмы для перемножения матриц. Блочные алгоритмы перемножения матриц.	2
3	2	Перестановки в варпе (warp shuffle)	2
4	2	Использование директив для ускорения вычислений на GPU. OpenACC. Распараллеливание задач с использованием данной технологии на графических ускорителях	2
5	2	Использование библиотек для ускорения вычислений на GPU. CUBLAS	2
6	3	Решение систем нелинейных алгебраических уравнений (СНАУ) с использованием CUDA для задач химической технологии	2
7	3	Особенности программирования на CUDA численных методов решения уравнений в частных производных. Структуры хранения данных, методы распараллеливания вычислений. Алгоритмы реализации на CUDA схемы «уголок» для численного решения уравнения переноса	2
8	3	Решение двумерных и трехмерных уравнений в частных производных параболического типа на CUDA. Моделирование процесса диффузии в жидкостях и газах.	2

### 6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине в объёме 34 часов (0,94 зач. ед.). Лабораторные занятия

проводятся под руководством преподавателя и направлены на приобретение практических навыков разработки программ и приложений на языке CUDA.

### Примерный перечень лабораторных занятий:

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Первое знакомство с технологией CUDA. Перемножение матриц с использованием глобальной памяти. Синхронизация глобальной памяти.	4
2	2	Перемножение матриц с использованием разделяемой памяти. Блочное перемножение матриц	6
3	2	Перестановки в варпе	4
4	2	Работа с линейной алгеброй на GPU с применением OpenACC	4
5	3	Применение библиотеки CUBLAS для перемножения матриц.	4
6	3	Решение систем нелинейных алгебраических уравнений (СНАУ) с использованием CUDA для задач химической технологии	4
7	3	Реализация на CUDA численных методов решения задач математической физики с помощью явных численных схем. Схема «уголок» для уравнения переноса	4
8	3	Реализация на CUDA численных методов решения двумерных и трехмерных уравнений в частных производных параболического типа. Моделирование диффузионных и конвективных процессов в реакторах	4

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 76 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 контрольных работ по разделам дисциплины;

– выполнение домашних расчётно-графических 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, Chemical Abstracts, РИНЦ.

### **Раздел 1. Архитектура и программная модель графических ускорителей NVidia**

Самостоятельное усвоение полученной на лекциях информации об архитектуре, программно-аппаратном строении графических ускорителей NVidia с использованием рекомендуемой литературы и сетевых источников; подготовка к контрольной работе (12 ч.) Подготовка к зачету с оценкой (4 ч.).

### **Раздел 2. Разработка и оптимизация программ на языке CUDA**

Самостоятельная отработка навыков разработки и оптимизации приложений на языке CUDA; выполнение расчётно-графической работы; подготовка к лабораторным работам. (25 ч.) Подготовка к зачету с оценкой (5 ч.).

### **Раздел 3. Математическое моделирование в задачах химической технологии с применением GPU**

Отработка и закрепление изученного материала по изучаемой тематике. Изучение литературы и других источников по теме программирования численных методов решения задач математической физики с использованием технологии CUDA; выполнение расчётно-графической работы; подготовка к лабораторным работам. (25 ч.) Подготовка к зачету с оценкой (5 ч.).

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

Общая оценка зачета с оценкой складывается путем суммирования

– оценок за лабораторные работы: предусмотрено выполнение 8 лабораторных работ по 5 баллов (40 баллов);

– оценок за контрольную работу и расчетно-графическую работу (20 баллов)

– оценки за итоговый контроль в форме зачета с оценкой (40 баллов).

Максимальная оценка – 100 баллов.

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

**Раздел 1.** Максимальная оценка – 10 баллов.

1. Приведите классификацию параллельных вычислительных систем.

2. Устройство GPU (на примере видеокарты Nvidia серии Kepler). В чём основное отличие GPU от CPU?

3. Для решения каких задач в области информационных технологий используют программирование на GPU? Каковы преимущества и недостатки GPU?

4. Основные термины CUDA: сетка, блок, нить, варп. Реализация доступа в общую память (на примере видеокарты Nvidia серии Kepler).

5. Типы памяти в GPU (на примере видеокарты Nvidia серии Kepler).

## **8.2. Примеры тем расчётно-графических работ для текущего контроля освоения дисциплины**

### **Раздел 2. Максимальная оценка – 10 баллов.**

Параллельная реализация нахождения максимального элемента вектора с использованием CUDA.

Параллельная реализация нахождения суммы элементов вектора с использованием CUDA.

Параллельная реализация нахождения определителя матрицы с использованием CUDA.

Параллельная реализация решения СЛАУ методом Якоби с использованием CUDA.

Параллельная реализация решения СНАУ методом Якоби с использованием CUDA.

## **8.3. Примеры контрольных вопросов для зачета с оценкой**

1. Назначение GPU, преимущества и недостатки вычислений на GPU (GPGPU).

2. Архитектура NVidia GPU (на примере видеокарты Nvidia серии Kepler).

3. Типы памяти GPU (на примере видеокарты Nvidia серии Kepler).

4. Программирование на CUDA: работа с памятью. Компилятор nvcc.

5. Перемножение матриц с использованием глобальной памяти.

6. Использование разделяемой памяти для вычислений. Синхронизация глобальной памяти. Перемножение матриц с использованием разделяемой памяти.

7. Параллельные алгоритмы для перемножения матриц. Перемножение матриц в ленточной форме.

8. Блочные алгоритмы перемножения матриц.

9. Перестановки в варпе (warp shuffle).

10. Использование директив для ускорения вычислений на GPU. OpenACC, распараллеливание циклов с использованием данной технологии на графических ускорителях.

11. Использование библиотек для ускорения вычислений на GPU. Решение задач, связанных с матричной алгеброй, с использованием CUBLAS.

12. Решение систем линейных алгебраических уравнений итерационными методами с использованием CUDA.

13. Решение систем нелинейных алгебраических уравнений итерационными методами с использованием CUDA.

14. Применение технологий CUDA для математического моделирования в задачах математической физики и вычислительной химии. Особенности программирования на CUDA численных методов решения уравнений в частных производных. Структуры хранения данных, методы распараллеливания вычислений.

15. Решение уравнения переноса с использованием CUDA.

16. Решение двумерных и трехмерных уравнений в частных производных параболического типа с использованием CUDA

17. Постановка и решение задачи диффузии вещества в трубчатом аппарате с использованием CUDA.

18. Постановка и решение задачи теплопередачи в стержне с использованием CUDA.

19. Перемещение данных между GPU и хост-системой в OpenACC. Директива data OpenACC.

20. Перемещение данных между GPU и хост-системой в CUDA.

#### 8.4. Структура и пример билета для зачета с оценкой

Билет для проведения зачета с оценкой содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов.

Пример билета к зачету с оценкой.

<i>«Утверждаю» Зав. кафедрой ИКТ Э.М. Кольцова</i> <hr/>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева Направление подготовки магистров 09.04.02 Информационные системы и технологии Магистерская программа «Информационные технологии для цифрового проектирования» Дисциплина «Программирование с использованием графических ускорителей»</b>
<b>Билет № 1</b> 1. Назначение GPU, преимущества и недостатки вычислений на GPU (GPGPU). 2. Постановка и решение задачи теплопередачи в стержне с использованием CUDA.	

### 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 9.1. Рекомендуемая литература

##### *А. Основная литература*

1. Коробицын В.В., Фролова Ю.В. Основы программирования на CUDA: учебно-методическое пособие [Текст: электронный ресурс]. Омск:



Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2016. – 68 с. Режим доступа (по подписке университета): <https://elibrary.ru/item.asp?id=27312674>

2. Боресков А.В., Харламов А.А. Основы работы с технологией CUDA. [Текст: электронный ресурс] – М.: ДМК Пресс, 2010. – 232 с. Режим доступа (по подписке университета): <https://elibrary.ru/item.asp?id=20242502>

3. Ильюшин Ю. В. Введение в программирование на гибридных суперкомпьютерах по технологии Nvidia CUDA [Текст: электронный ресурс]. СПб.: Сатисъ, 2014. – 73 с. Режим доступа (по подписке университета): <https://elibrary.ru/item.asp?id=21333643>

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

1. Боресков А. В. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA: Учеб. пособие [Текст: электронный ресурс]/ А. В. Боресков и др. – М.: Издательство Московского университета, 2012. – 336 с. Режим доступа (по подписке университета): <https://elibrary.ru/item.asp?id=28059545>

2. Модель программирования CUDA: учебник [Текст: электронный ресурс] / В.В. Коробицын и др. – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2012. – 256 с. Режим доступа (по подписке университета): <https://elibrary.ru/item.asp?id=24057066>

3. Казёнов А. М. Основы технологии CUDA //Компьютерные исследования и моделирование [Текст: электронный ресурс]. – 2010. – Т. 2. – №. 3. – С. 295-308. Режим доступа (по подписке университета): <https://elibrary.ru/item.asp?id=15621764>

4. Уткин А. В., Ожгибесов М. С. Применение технологий CUDA и MPI к решению задач молекулярной динамики [Текст: электронный ресурс]//Известия Алтайского государственного университета. – 2014. – Т. 1. – №. 1 (81). С. 127-129. Режим доступа (по подписке университета): <https://elibrary.ru/item.asp?id=21574154>

5. Некрасов К. А. и др. Метод Монте-Карло на графических процессорах: учебное пособие [Текст: электронный ресурс]. – Екатеринбург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2016. – 104 с. Режим доступа (по подписке университета): <https://elibrary.ru/item.asp?id=26627853>

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

Научно-технические журналы:

- Журнал вычислительной математики и математической физики;
- Программная инженерия
- Искусственный интеллект и принятие решений;
- Математическое моделирование;

- Программирование;
- Вычислительные технологии.

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

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

1. Вычислительные ресурсы с предустановленным инструментарием CUDA.
2. Банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины.
3. Банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (ЭО и ДОТ) при реализации основных профессиональных образовательных программ, предусмотрено использование следующих средств обеспечения освоения дисциплины: чтение лекций, проведение семинаров и консультация студентов с помощью проведения вебинаров на платформе «Discord», работа на платформе «ЭИОС РХТУ», работа по e-mail, работа в социальной сети «ВКонтакте».

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

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает студентов основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса. Объем фонда на 01.01.2024 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, 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 с использованием графических ускорителей» проводятся в форме лекций, практических, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

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

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; компьютерный класс, насчитывающий не менее 20 посадочных мест с установленным программным обеспечением для выполнения лабораторных работ (CUDA Toolkit – Compiler, driver); библиотека, имеющая рабочие компьютерные места, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

На компьютерах учебной лаборатории установлена операционная система Ubuntu Linux со встроенными офисными средствами.

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

Учебно-наглядные пособия по дисциплине не предусмотрены.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные программными средствами; проекторы и экраны; локальная сеть с выходом в Интернет.

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

Информационно-методические материалы: раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; раздаточный материал к лабораторным занятиям по дисциплине.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; кафедральные библиотеки электронных изданий.

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

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Ubuntu Linux	Открытое программ-	34	бессрочно

		ное обеспечение		
2	NVidia CUDA Toolkit	Бесплатное программное обеспечение	34	бессрочно
3	Лицензия на программный пакет Azure Dev Tools for Teaching	Номер лицензии ICM-170298	1	через 12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновленную версию продукта)

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Архитектура и программная модель графических ускорителей NVidia	<b>Знает:</b> виды и свойства массивно-параллельных вычислительных систем. <b>Владеет:</b> основными понятиями программной модели графических процессоров NVidia.	Оценка за контрольную работу, Оценка за зачет с оценкой
<b>Раздел 2.</b> Разработка и оптимизация программ на языке CUDA	<b>Знает:</b> структуру, синтаксис и основные программные инструменты языка CUDA. <b>Умеет:</b> разрабатывать простейшие CUDA-программы, отлаживать и оценивать их производительность. <b>Владеет:</b> навыками использования документации, стандартных библиотек, инструментов отладки и профилирования CUDA	Оценка за расчетно-графическую работу, Оценка за лабораторные работы, Оценка за зачет с оценкой
<b>Раздел 3.</b> Математическое моделирование в задачах химической технологии с применением GPU	<b>Знает:</b> методы реализации численных методов задач математической физики на GPU. <b>Умеет:</b> разрабатывать программы для численного счета задач математической физики с помощью CUDA. <b>Владеет:</b> навыками создания программ расчета на GPU некоторых задач химической технологии.	Оценка за расчетно-графическую работу, Оценка за лабораторные работы, Оценка за зачет 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 высшего образования – 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 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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  
«Программирование с использованием графических ускорителей»  
основной образовательной программы**

**09.04.02 Информационные системы и технологии**

код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Информационные технологии для цифрового проектирования»**

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		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»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Работа с большими данными и машинное обучение»**

**Направление подготовки  
09.04.02 Информационные системы и технологии**

**Магистерская программа  
«Информационные технологии для цифрового проектирования»**

**Квалификация «магистр»**

**Москва 2025**

Программа составлена:

Доцентом кафедры информационных компьютерных технологий

**Зубов Дмитрий Владимирович**

Ассистентом кафедры информационных компьютерных технологий

**Дементиев Андрей Владимирович**

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д.И. Менделеева

---

(Наименование кафедры)

«13» мая 2025 г., протокол №17.



## 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **09.04.02 Информационные системы и технологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **информационных компьютерных технологий** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1-го и 2-го семестров обучения. Дисциплина «Работа с большими данными и машинное обучение» является базовой дисциплиной профессионального цикла и имеет методическую взаимосвязь с дисциплинами базовой части математического и естественнонаучного цикла.

Программа предполагает, что обучающиеся имеют продвинутый уровень подготовки по одному из языков программирования.

**Цель дисциплины** состоит в углублении имеющихся и получении новых знаний, умений и навыков в области основ технологии обработки больших данных и машинного обучения. Их применение для разработки, проектирования и решения прикладных задач, получение навыков работы со специализированными библиотеками и комплексами программных средств в ходе создания прикладных приложений.

Основной **задачей** дисциплины является формирование у обучающихся базовых навыков программирования прикладных задач, использования стандартных приёмов и методов решения таких задач, а также навыков пользования типовыми инструментами обработки больших данных и системами машинного обучения.

Помимо этого, к задачам изучения дисциплины относятся:

- получение представления об основных структурах математических моделей;
- приобретение навыков параметрической идентификации экспериментальных и экспериментально-аналитических моделей;
- формирование знаний о методах и приёмах анализа структурной идентификации по экспериментальным данным.

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 и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
	ОПК-2. Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные	ОПК-2.1. Знает современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения

	средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	<p>профессиональных задач.</p> <p>ОПК-2.2. Умеет обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач.</p> <p>ОПК-2.3. Владеет навыками разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач.</p>
	ОПК-3. Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями	<p>ОПК-3.1. Знает принципы, методы и средства анализа и структурирования профессиональной информации.</p> <p>ОПК-3.2. Умеет анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров.</p> <p>ОПК-3.3. Владеет навыками подготовки научных докладов, публикаций и аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.</p>
	ОПК-5. Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем	<p>ОПК-5.1. Знает современное программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем.</p> <p>ОПК-5.2. Умеет модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем для решения профессиональных задач.</p> <p>ОПК-5.3. Владеет навыками разработки программного и аппаратного обеспечения информационных и автоматизированных систем для решения профессиональных задач.</p>

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- Синтаксис языка Python;
- Основные принципы и инструменты хранения данных большого объема (Big Data);
- Основные принципы и алгоритмы обработки данных большого объема (Big Data);
- Основные принципы и алгоритмы машинного обучения (Machine Learning).

**уметь:**

- использовать программные средства для хранения данных большого объема;
- обрабатывать данные большого объема;
- применять существующие библиотеки для обработки данных;
- использовать различные библиотеки для типовых задач машинного обучения.

**владеть:**

- навыками разработки систем для хранения и обработки данных большого объема (Big Data);
- математическими основами работы с большими данными (Big Data);
- практическими навыками использования различных алгоритмов машинного обучения;
- навыками использования библиотечных функций для решения типовых задач Big Data и Machine Learning.

### 3 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			1		2	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	<b>8</b>	<b>288</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>4</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,84</b>	<b>102</b>	<b>1,42</b>	<b>51</b>	<b>1,42</b>	<b>51</b>
Лекции	0,94	34	0,47	17	0,47	17
Лабораторные работы (ЛР)	1,9	68	0,95	34	0,95	34
в том числе в форме практической подготовки	0,94	34	0,47	17	0,47	17
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5,16</b>	<b>186</b>	<b>2,58</b>	<b>93</b>	<b>2,58</b>	<b>93</b>
Контактная самостоятельная работа	5,16	0,6	2,58	0,2	2,58	0,4
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		185,4		92,8		92,6
<b>Вид итогового контроля</b>			<b>Зачет</b>		<b>Зачет с оценкой</b>	

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			1		2	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	<b>8</b>	<b>216</b>	<b>4</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,84</b>	<b>76,5</b>	<b>1,42</b>	<b>38,25</b>	<b>1,42</b>	<b>38,25</b>
Лекции	0,94	25,5	0,47	12,75	0,47	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	1,9	51	0,95	25,5	0,95	25,5
в том числе в форме практической подготовки	0,94	25,5	0,47	12,75	0,47	12,75
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5,16</b>	<b>139,5</b>	<b>2,58</b>	<b>69,75</b>	<b>2,58</b>	<b>69,75</b>
Контактная самостоятельная работа	5,16	0,45	2,58	0,15	2,58	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		139,05		69,6		69,45
<b>Вид итогового контроля</b>			<b>Зачет</b>		<b>Зачет с оценкой</b>	

### 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Раздел	Название модуля	Акад. часов		
		Всего	Ауд.	СР

1.	Введение в язык программирования Python	42	24	18
2.	Математический аппарат для работы с данными большого объёма и машинным обучением.	42	24	18
3.	Принципы машинного обучения	42	24	18
4.	Хранение, анализ и представление данных. Hadoop.	54	30	24
Всего часов		180	102	78

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

**Раздел 1.** Начальные понятия программирования на языке Python и основы обработки текстовой и числовой информации

- Введение. Интерпретатор Python и среды разработки. Основные понятия. Анализаторы кода. Модули. Доступ к документации.
- Переменные. Базовые типы данных: числовые типы, строковый тип (str)
- Сложные типы данных: списки (Lists), кортежи (Tuples), словари (Dictionaries), множества (Sets), фиксированные множества (Frozen sets), байты (Bytes), массивы байтов (Byte Arrays).
- Инструкции и операторы. Структура кода. Операторы языка Python. Условные операторы. Циклы. Последовательности.
- Встроенные функции и элементы функционального программирования.
- Пользовательские функции. Функции высших порядков. Файлы. Обработка исключений.
- Библиотеки NumPy, SciPy, matplotlib

**Раздел 2.** Математический аппарат для работы с данными большого объёма и машинным обучением

- Требования, предъявляемые к математическим моделям. Этапы построения моделей. Идентификация модели. Проверка адекватности модели. Модели статистики и динамики. Построение моделей в условиях неопределённости.
- Схема проверки статистических гипотез. Понятие о законах распределения случайных величин. Критерий Фишера. Критерий Стьюдента. F-отношение. Проверка значимости параметров математической модели, проверка адекватности математической модели.
- Регрессионный анализ. Определение параметров линейного уравнения регрессии методом наименьших квадратов, с использованием статистических характеристик.
- Дисперсионный анализ. Определение наличия регрессионной зависимости с использованием F - отношения. Методы последовательного уточнения структуры регрессионного уравнения. Проверка значимости параметров. Множественный коэффициент корреляции. Понятие о частном коэффициенте корреляции.
- Понятия искусственного нейрона, нейронной сети. Структура многослойной нейронной сети. Функции активации нейрона. Основные методы обучения нейронной сети. Задачи, решаемые нейронными сетями – классификации, кластеризации, распознавания образов, аппроксимации. Проблема устойчивости процесса обучения, проблема переобучения. Проверка обученной нейронной сети.
- Учёт погрешностей входных данных. Интервальные вычисления. Процедура фазификации. Работа с термами. Работа с нечёткими переменными. Системы обработки информации на основе нечётких моделей. Достоинства и недостатки нечётких моделей. Эволюционные алгоритмы, генетические алгоритмы. Сравнение их

вычислительной сложности по сравнению с традиционными. Задачи, решаемые с помощью мягких вычислений.

### Раздел 3. Принципы машинного обучения.

- Обучение деревьев классификации и регрессии.
- Бустинг.
- Нейронные сети и глубокое обучение (deep learning). Типичная структура сети, целевые функции и используемые слои.

### Раздел 4. Хранение, анализ и представление данных. Hadoop.

- Общее представление о больших данных.
- Жизненный цикл данных.
- Обзор основных инструментов для работы с большими данными. Примеры практического использования.
- Обзор моделей данных. Обзор нереляционных БД. Транзакционные и аналитические БД.
- Распределенные базы данных, механизмы поддержания консистентности данных.
- Обзор и функциональные возможности экосистемы Hadoop и её компонентов.
- Решение задач с помощью MapReduce.
- NoSQL базы данных: HBase и Cassandra.
- Spark

## 5 СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетенции	Раздел			
	1	2	3	4
<b><i>Знать:</i></b>				
–Синтаксис языка Python;	+	+	+	+
–Основные принципы и инструменты хранения данных большого объема (Big Data);				
–Основные принципы и алгоритмы обработки данных большого объема (Big Data);		+		+
–Основные принципы и алгоритмы машинного обучения (Machine Learning).				+
<b><i>Уметь:</i></b>				
– использовать программные средства для хранения данных большого объема;	+	+	+	+
– обрабатывать данные большого объема;		+	+	+
– применять существующие библиотеки для обработки данных;				+
– использовать различные библиотеки для типовых задач машинного обучения.	+		+	
<b><i>Владеть:</i></b>				
– навыками разработки систем для хранения и обработки данных большого объема (Big Data);	+	+	+	+
– математическими основами работы с большими данными (Big Data);			+	
– практическими навыками использования различных алгоритмов машинного обучения.				

– навыками использования; библиотечных функций для решения типовых задач Big Data и Machine Learning.				+	+
<b>Общепрофессиональные компетенции:</b>					
ОПК-2. Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	ОПК-2.1. Знает современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач. ОПК-2.2. Умеет обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач. ОПК-2.3. Владеет навыками разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач.	+	+	+	+
ОПК-3. Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями	ОПК-3.1. Знает принципы, методы и средства анализа и структурирования профессиональной информации. ОПК-3.2. Умеет анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров. ОПК-3.3. Владеет навыками подготовки научных докладов, публикаций и аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.	+	+	+	+
ОПК-5. Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем	ОПК-5.1. Знает современное программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем. ОПК-5.2. Умеет модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем для решения профессиональных задач. ОПК-5.3. Владеет навыками разработки программного и аппаратного обеспечения информационных и автоматизированных систем для решения профессиональных задач.	+	+	+	+

## 6 ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1 Практические занятия

Учебным планом предусмотрено 34 часов практических занятий в каждом семестре. Практические занятия направлены на углубление знаний студентов по технологиям обработки больших данных и машинному обучению.

## 6.2 Лабораторные занятия

Учебным планом предусмотрено 68 часа лабораторных работ.

Лабораторные занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, расширение знаний в области практического применения навыков программирования в области прикладных задач информационных технологий.

### Примерный перечень лабораторных занятий

Раздел	Темы лабораторных работ
1	1. Введение в программирование на Python и основные понятия. Среды разработки.
	2. Переменные. Базовые типы данных.
	3. Сложные типы данных
	4. Структура кода. Инструкции и операторы
	5. Встроенные функции и элементы функционального программирования.
	6. Пользовательские функции. Файлы. Перехват ошибок.
	7. Типовые математические и статистические библиотеки
	8. Типовые библиотеки обработки данных
2	9. Анализ экспериментальных данных. Проверка основных статистических гипотез.
	10. Параметрическая идентификация математической модели на основе экспериментальных данных
	11. Структурная идентификация математической модели на основе экспериментальных данных
	12. Проверка адекватности математических моделей и значимости параметров
	13. Использование генетических алгоритмов для решения оптимизационных задач.
	14. Использование нейронных сетей для построения математических моделей
	15. Разработка планов экспериментов
	16. Методы фильтрации исходных данных. Контроль точности результатов моделирования
3	17. Использование Pandas для первичного анализа данных
	18. Классификация, деревья решений и метод ближайших соседей
	19. Линейные модели классификации и регрессии
	20. Машина опорных векторов
	21. Бустинг
	22. Нейронные сети в задачах классификации и кластеризации данных
	23. Экосистема Hadoop
4	24. NoSQL базы данных
	25. Решение задач с помощью MapReduce
	26. Поточковая обработка данных
	27. Организация жизненного цикла данных

## 7 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;

- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче лабораторного практикума по дисциплине;
- подготовку к сдаче **зачета** (1 семестр) и **зачета с оценкой** (2 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**

### **8.1 Примерная тематика лабораторных работ**

Лабораторные работы выполняются по следующим темам:

- Введение в программирование на Python и основные понятия. Среда разработки.
- Переменные. Базовые типы данных.
- Сложные типы данных.
- Структура кода. Инструкции и операторы.
- Встроенные функции и элементы функционального программирования.
- Пользовательские функции. Файлы. Обработка исключений.
- Работа с библиотеками.
- Анализ экспериментальных данных. Проверка основных статистических гипотез.
- Параметрическая идентификация математической модели на основе экспериментальных данных.
- Структурная идентификация математической модели на основе экспериментальных данных.
- Проверка адекватности математических моделей и значимости параметров.
- Использование генетических алгоритмов для решения оптимизационных задач.
- Использование нейронных сетей для построения математических моделей.
- Разработка планов экспериментов.
- Методы фильтрации исходных данных. Контроль точности результатов моделирования.
- Использование Pandas для первичного анализа данных
- Классификация, деревья решений и метод ближайших соседей
- Линейные модели классификации и регрессии
- Машина опорных векторов
- Бустинг
- Нейронные сети в задачах классификации и кластеризации данных
- Экосистема Hadoop
- NoSQL базы данных
- Решение задач с помощью MapReduce
- Поточковая обработка данных
- Организация жизненного цикла данных

### **8.2 Примерная тематика зачётных работ**

Зачёт с оценкой по тематике 1-го и 2-го разделов курса выставляется по суммарным результатам выполнения лабораторных работ.



### 8.3 Примеры контрольных вопросов для оценки освоения дисциплины

#### Раздел 1.

Текущий контроль освоения материала модуля 2 проводится в форме контроля работы студента на лабораторных занятиях и оценивается исходя из 10 баллов за лабораторную работу.

Итоговый контроль проводится в виде проверки отчёта, выполненного обучающимся по заданной тематике зачётной работы (см. п. 8.2.).

#### Примеры заданий к лабораторным работам по модулю 1:

1. Даны две переменные `im` и `re`, содержащие произвольные значения типа `int`. Провести над ними несколько арифметических операций: сложение, вычитание, умножение, остаток от деления и целая часть от деления. Каждый результат преобразовать в тип `float`. Создать комплексное число формата `re+j*im`
2. Даны две переменные, содержащие произвольные значения типа `float`. Провести над ними несколько арифметических операций: сложение, вычитание, умножение, остаток от деления и целая часть от деления. Каждый результат преобразовать в тип `int`.
3. Используя позиционное присваивание задать две переменные, одна из которых должна содержать произвольное значение типа `float`, другая – типа `int`. Провести над ними несколько арифметических операций: сложение, вычитание, умножение, остаток от деления и целая часть от деления. Каждый результат преобразовать в тип `float` и `str`.
4. Есть два комплексных числа  $0.000458 + 0.90964j$  и  $0.0003218 + 1.000678j$ . Найти: сопряжённые числа и их сумму и произведение, возвести каждое исходное число в квадрат и выделить из полученных результатов мнимую и действительную часть.
5. Даны два комплексных числа  $3.58 + 0.44j$  и  $1.2056 - 43j$ . Найти их сумму, разность, произведение и частное. Выделить из полученных результатов мнимую и действительную часть и поменять их местами.
6. Выведите на экран предложение «Mendeleev University of Chemical-Technology. Faculty of Information Technology.», разделив на слова. Использовать сечение строк. Должно получиться 5 строк на выходе. Выведите в консоль также размер строки.
7. Даны четыре строки: « i like pizza », « hot summer», «i often watch serials », « happy new 2018 year!». Отформатировать эти строки: привести их к нижнему и верхнему регистру; привести начальные буквы каждого слова в строках к верхнему регистру; привести к верхнему регистру первую букву первого слова в строке; удалить конечные пробелы, а далее удалить начальные; если длина строки меньше заданного параметра, то справа от строки добавить пробелы; если длина строки меньше заданного параметра, то слева от строки добавить пробелы.
8. Даны две произвольные строки. Определить длины строк, сложение, дублирование, узнать состоит строка из цифр или букв, привести их к нижнему и верхнему регистру, проверить состоят ли строки только из букв или только из цифр.
9. Выведите на экран предложение «Кафедра информационных компьютерных технологий», используя доступ по индексу. На выходе должно получиться 44 строки (без пробелов), каждая из которых является одной буквой.
10. Выведите в консоль предложение «Информационные технологии», используя доступ по индексу. На выходе должно получиться 24 строки (без пробелов), каждая из которых является одной буквой.
11. Дано число 73 представьте его с помощью форматирования чисел в:
  - Двоичном виде, используя альтернативную форму представления.
  - Шестнадцатеричном виде, используя буквы верхнего регистра.
  - В виде числа с фиксированной точкой и 2 знаками после запятой.
12. Записать 4 именованных параметра:
  - Параметр «L5»: строка левое выравнивание, ширина 5 знаков

- Параметр «RC42»: правое выравнивание, 12 знаков и точность 4 знака для 2 числа
  - Параметр «R8»: ширина 8 знаков целого числа (включая нули).
  - Параметр «C8P»: центральное выравнивание – 8 знаков целого числа со знаком
13. Используя форматирование получите:
- Строчку «\*\*tst\*\*\*\*tst\*\*», беря за основу «tst»
  - Получите «+0010» из 10
  - Используя запятую как разделитель, получите 9,000 (9 тысяч)
14. Переформатировать список [0, 20, 30, 4, 56, 10] в двоичном формате с выравниванием по центру, заполнением «\*» с шириной поля для каждого числа 20 и 8 цифровыми разрядами.
15. Переформатировать список [«н», «т», «к», «г», «б», «и», «о», « »] так, чтобы получилось выражение «кит и гиббон».
16. Составить список из 5 элементов. Каждый элемент содержит три произвольных числа типа float от 0 до 9,999 включительно. Произвести следующие операции над списком:
- Добавить два новых элемента, содержащих по три произвольных числа типа int каждый, посчитать количество элементов списка и вывести результат в консоль.
  - Отсортировать по убыванию и вставить на пятую позицию в виде кортежа числа (1,3,0) и вывести результат в консоль.
  - Очистить список.
17. Составить список A из 5 элементов. Каждый элемент содержит три произвольных строки. Произвести следующие операции над списком:
- Создать новый список B из 3-го элемента A, который вырезать оттуда
  - Добавить в A два новых элемента, содержащих по три произвольных числа типа int каждый, посчитать количество элементов списков A и B и вывести результат в консоль.
  - Вставить на последнюю позицию в списке B (1,1,1) и вывести результат в консоль.
  - Очистить список A.
18. Создать два списка A и B по 3 произвольных элемента: первый – типа int, второй – типа float.
- расширить список A, добавив в конце элементы списка в квадрате.
  - добавить в конце каждого списка по 2 произвольных строки.
  - Вставить в список B на нечётные позиции чётные элементы списка A.
  - Удалить два последних элемента A
19. Дан список [56, 76, 12, 67, 90, 17.5, 56, 44, 9.78, 12.3, 56, 32, 56, 44, 56, 12.3].
- Определить количество элементов со значениями 44 и 56;
  - Вставить три элемента на 5, 8, 10 позиции соответственно;
  - Удалить нечётные элементы списка.
  - Отсортировать полученный список по убыванию. Вывести результаты в консоль.
20. Создать текстовый список A из 13 не повторяющихся элементов и проделать следующие операции, выводя промежуточные результаты в консоль:
- Создать его копию B.
  - Заменить в B 1, 6 и последний элементы на 3.
  - добавить кортеж (0, 25.7) во 2-ю позицию B, а кортеж из 10 строк «python» в последнюю позицию B.
  - удалить все элементы из списка A и поместить туда срез B от 2-го элемента с конца, расположив элементы среза B в обратном порядке.
21. Создать список произвольных данных. Чётные его элементы генерируются буквами a, b, c..., нечётные – числами 1, 4, 7, 10.... Количество элементов списка равно 20. При создании использовать цикл for. Результат вывести в консоль.

22. Задать массив байт «Hello World!». Вывести значение элементов массива (т.е. отдельных символов) под соответствующим индексом с использованием цикла типа for.
23. Заданы две целочисленные переменные x и y. При помощи вложенных условий определить в какой четверти координатной плоскости находится предполагаемый график в зависимости от исходных данных. (Например, при  $x = 2$ ,  $y = -3$ , то график будет лежать в четвертой четверти).
24. Сгенерировать при помощи итератора range список из 12 элементов последовательности 5, 8, 11.... Вывести результат в консоль посредством цикла while в формате «порядковый номер : значение».
25. Заполнить список A из чётных чисел в интервале от -6 до 20 при помощи итератора range. После этого из его отрицательных элементов сформировать кортеж B.
26. Для заданных наборов данных X,Y (задаются индивидуально) провести
27. Для заданной матрицы (задаётся отдельно) при помощи библиотечных функций вычислить её определитель и обратить. Вывести результаты в файл.
28. Для заданных матриц  $A_{M \times N}$  и  $B_{N \times Q}$  при помощи библиотечных функций выполнить их перемножение. Вывести результат в текстовой файл.
29. Произвести LU-разложение заданных матриц  $A_{M \times N}$  и  $B_{N \times Q}$  при помощи библиотечной функции. Вывести результат в текстовой файл.
30. Произвести QR-разложение заданной матриц  $A_{M \times N}$  и  $B_{N \times Q}$  при помощи библиотечной функции. Вывести исходную матрицу и результат в текстовой файл.
31. При помощи библиотечных функций выполнить поиск максимума(минимума) заданной функции (зависит от варианта). Построить график этой функции.

## Раздел 2.

Текущий контроль освоения материала модуля 2 проводится в форме контроля работы студента на лабораторных занятиях и оценивается исходя из 5 баллов за лабораторную работу.

Итоговый контроль проводится в виде проверки отчёта, выполненного обучающимся по заданной тематике зачётной работы (см. п. 8.2.).

### Примеры заданий к лабораторным работам по модулю 2:

1. Построить по экспериментальным данным модели вида  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$ , сделать вывод об её адекватности

	$x_1$	$x_2$	$y$
1	10	6	33,96
2	2,5	8	11,46
3	6,5	2	32,04
4	3	6,5	15,11
5	7	3,5	30,81
6	1,5	6,5	11,81
7	4,5	4	23,79
8	3,5	6	17,36
9	1	8,5	6,62
10	7,5	0,5	36,89
11	7,5	1	36,84
12	9,5	10	25,18
13	5,5	7,5	19,90
14	4	8	15,54
15	2,5	3	20,25
16	9,5	9,5	26,03
17	9,5	2,5	38,76

<b>18</b>	7	4,5	29,21
<b>19</b>	9,5	3	38,17
<b>20</b>	3	4,5	19,03
<b>21</b>	3	4,5	18,80
<b>22</b>	3	4,5	19,19
<b>23</b>	3	4,5	19,31
<b>24</b>	3	4,5	18,51

2. Определить структуру и параметры модели, различными методами, сделать вывод об её адекватности

<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>X5</b>	<b>X6</b>	<b>Y</b>
2,64	0,48	4,67	-1,00	4,67	-1,00	20,98
2,13	0,85	1,99	0,91	2,49	0,61	14,98
4,27	-0,90	0,57	0,54	2,82	0,32	12,45
0,03	0,03	2,50	0,60	2,40	0,68	11,87
4,94	-0,97	1,27	0,96	2,80	0,33	17,84
4,02	-0,77	0,67	0,62	3,37	-0,23	12,60
3,57	-0,42	1,64	1,00	3,77	-0,59	16,70
3,41	-0,27	0,45	0,43	5,56	-0,66	9,94
1,03	0,86	0,13	0,13	2,97	0,17	2,98
0,67	0,62	5,53	-0,68	0,13	0,13	21,41
1,66	1,00	4,32	-0,92	4,85	-0,99	17,84
0,52	0,50	0,22	0,22	5,64	-0,60	2,59
2,67	0,45	2,25	0,78	1,30	0,96	16,68
5,36	-0,80	5,99	-0,29	4,49	-0,98	33,82
0,18	0,18	0,75	0,68	2,36	0,70	5,42
4,72	-1,00	1,28	0,96	5,02	-0,95	17,44
3,95	-0,72	3,60	-0,44	4,04	-0,78	20,99
2,51	0,59	4,31	-0,92	2,12	0,85	19,52
2,30	0,75	0,89	0,78	4,36	-0,94	10,50
5,47	-0,73	1,45	0,99	1,90	0,95	19,72

### Раздел 3.

Текущий контроль освоения материала модуля 3 проводится в форме контроля работы студента на лабораторных занятиях и оценивается исходя из 5-10 баллов за лабораторную работу.

#### Примеры заданий к лабораторным работам по модулю 3:

1. Используя открытые сведения о энергопотреблении зданий в Нью-Йорке ([http://www.nyc.gov/html/gbee/html/plan/ll84\\_scores.shtml](http://www.nyc.gov/html/gbee/html/plan/ll84_scores.shtml)) предсказать рейтинг энергопотребления здания и понять, какие признаки оказывают на него сильнейшее влияние.
2. Используя алгоритм Random forest определить для выборки в файле wine.csv, к какому сорту относится то или иное вино.
3. Имеются данные о 10 000 квартирах в Москве, причём известна площадь каждой квартиры, количество комнат, этаж, на котором она расположена, район, наличие парковки, расстояние до ближайшей станции метро, стоимость каждой квартиры. Построить модель, которая на основе данных признаков будет предсказывать стоимость квартиры.
4. На основании текста электронного письма предсказать вероятность того, что это спам.
5. Пусть нам известны данные о росте и весе некоторого числа людей. Необходимо сгруппировать данные на 3 категории.

6. Предложить архитектуру нейронной сети для распознавания цифр. Реализовать и обучить предложенную сеть.
7. Имеется выборка данных биллинговой системы мобильного оператора. Требуется разбить клиентов по платёжеспособности.

#### **Раздел 4.**

Текущий контроль освоения материала модуля 4 проводится в форме контроля работы студента на лабораторных занятиях и оценивается исходя из 5-10 баллов за лабораторную работу.

#### **Примеры заданий к лабораторным работам по модулю 4:**

1. Напишите программу, которая реализует mapper для задачи WordCount в Hadoop Streaming  
Sample Input:  
Vivere est cogitare  
Vivere militate est  
Scientia potentia est
2. Напишите программу, которая реализует reducer для задачи WordCount в Hadoop Streaming  
Sample Input:  
cogitare 1  
est 1  
est 1  
est 1  
militate 1  
potentia 1  
Scientia 1  
Vivere 1  
Vivere 1
3. Реализуйте reducer в задаче подсчета среднего времени, проведенного пользователем на странице. Mapper передает в reducer данные в виде key / value, где key - адрес страницы, value - число секунд, проведенных пользователем на данной странице. Среднее время на выходе приведите к целому числу.
4. Реализуйте Combiner в задаче подсчета среднего времени, проведенного пользователем на странице. Mapper пишет данные в виде key / value, где key - адрес страницы, value - пара чисел, разделенных ";". Первое - число секунд, проведенных пользователем на данной странице, второе равно 1.
5. Дан файл с логами переходов пользователей. Каждая строка состоит из 3 полей: время перехода (unix timestamp), ID пользователя, URL, на который перешел пользователь. Напишите mapper с помощью Hadoop Streaming, печатающий только те строки из файла, которые соответствуют пользователю XXX.
6. Дан файл с логами переходов пользователей. Каждая строка состоит из 3 полей: время перехода (unix timestamp), ID пользователя, URL, на который перешел пользователь. Напишите mapper с помощью Hadoop Streaming, печатающий URL из каждой строки.
7. Напишите reducer, реализующий объединение двух файлов (Join) по id пользователя. Первый файл содержит 2 поля через табуляцию: id пользователя и запрос в поисковой системе. Второй файл содержит id пользователя и URL, на который перешел пользователь в поисковой системе. Mapper передает данные в reducer в виде key / value, где key - id пользователя, value состоит из 2 частей: маркер файла-источника (query или url) и запрос или URL. Каждая строка на выходе reducer должна содержать 3 поля, разделенных табуляцией: id пользователя, запрос, URL.

8. Реализуйте алгоритм Дейкстры поиска кратчайшего пути в графе. Входные данные: В первой строке указаны два числа: число вершин и число ребер графа. Далее идут строки с описанием ребер. Их количество равно числу ребер. В каждой строке указаны 3 числа: исходящая вершина, входящая вершина, вес ребра. В последней строке указаны 2 номера вершины: начальная и конечная вершина, кратчайший путь между которыми нужно найти. Выходные данные: минимальное расстояние между заданными вершинами. Если пути нет, то нужно вернуть -1.

#### 8.4 Структура и пример билетов для зачета с оценкой (2 семестр, зачет с оценкой)

Зачет с оценкой по данной дисциплине предусмотрен во 2-м семестре и проводится по результатам усвоения материалов 3-го и 4-го модулей.

Билет включает 3 заданий (2 теоретических и 1 практическое), максимально оцениваемых по 10 баллов за каждое теоретическое задание и 20 баллов за практическое задание.

Максимальная оценка – 40 баллов.

Структура заданий билета:

1. Теоретические задания.
  - 1.1. Общая терминология или описание одного из методов машинного обучения.
  - 1.2. Общая терминология или описание одного из компонентов экосистемы Hadoop, модели представления данных.
2. Практические задания.
  - 2.1. Использование метода машинного обучения или реализация этапа жизненного цикла данных

Пример билета для зачета с оценкой:

<p>«Утверждаю»  <u>Зав. каф. ИКТ</u>          (Должность, наименование кафедры)  <u>Кольцова Э.М.</u>          (Подпись) (И. О. Фамилия)          «__» _____ 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 информационных компьютерных технологий</b>  <b>09.04.02 Информационные системы и технологии</b>  <b>Магистерская программа – «Информационные технологии для цифрового проектирования»</b>  <b>Работа с большими данными и машинное обучение</b></p>
<p align="center"><b>Экзаменационный билет № 1</b></p> <p>1. Приведите примеры архитектур нейронных сетей для решения задачи классификации. Опишите их основные достоинства и недостатки</p> <p>2. Какие модели представления данных вы знаете? Приведите примеры их практического использования</p> <p>3. С помощью алгоритма Random forest провести классификацию данных представленных в файле random_forest.csv</p>	

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

### **9.1 Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

1. Златопольский, Д.М. Основы программирования на языке Python [Электронный ресурс] : учебник / Д.М. Златопольский. — Электрон. дан. — Москва: ДМК Пресс, 2017. — 284 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/97359>. — Загл. с экрана.
2. Ахметов, Н.С. Методы планирования и обработки результатов научных экспериментов. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2014. – 752 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/50684>. — Загл. с экрана.
3. Ахметов, Н.С. Элементы искусственного интеллекта. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2014. – 752 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/50684>. — Загл. с экрана
4. Шарден Б., Массарон Л., Боскетти А. Крупномасштабное машинное обучение вместе с Python [Электронный ресурс]: учебник / Б. Шарден, Л. Массарон, А. Боскетти. — Электрон. дан. — Москва: ДМК Пресс, 2018. — 358 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105836>. — Загл. с экрана.

#### **Б. Дополнительная литература**

1. Лутц М. Изучаем Python, 4-е издание. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 1280 с., ил.
2. Прохоренок Н. А., Дронов В. А., «Python 3. Самое необходимое» — СПб.: БХВ-Петербург. – 2016, 464 с.
3. Любанович Б: Простой Python. Современный стиль программирования. – СПб.: Питер, – 2016, 480 с.
4. Рассел, Стюарт, Норвиг, Питер. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. — М. : 000 «И.Д. Вильямс», 2016. – 1408 с. : ил.

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

- Документация Python3 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.python.org/3/> (дата обращения: 24.03.2024).

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

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации лекций – 30;
- наборы заданий для выполнения лабораторных работ (общее число вопросов – более 100).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (ЭО и ДОТ) при реализации основных профессиональных образовательных программ, предусмотрено использование следующих средств обеспечения освоения дисциплины: чтение лекций, проведение семинаров и консультация студентов с помощью проведения вебинаров на платформе «Discord», работа на платформе «ЭИОС РХТУ», работа по e-mail, работа в социальной сети «ВКонтакте», работа в мессенджерах WhatsApp, 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 01.01.2024 составляет 1727628 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 *«Работа с большими данными и машинное обучение»* проводятся в форме лекций, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

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

В настоящее время кафедра при организации учебного процесса использует два собственных компьютерных класса (аудитории № 125, № 119) и один общий факультетский компьютерный класс (ауд. № 123). В аудиториях № 125 и № 119 учебный процесс ведется на **41** персональных компьютерах, каждый из которых обладает процессором выше Pentium II, 5 из которых мощные графические станции с OS Windows 7 для моделирования и работы в пакетах таких прикладных программ, как AutodeskAutoCAD, SolidWorksEducationEdition 200 CAMPUS, ANSYSAcademicResearchCFD и 6 компьютеров для высокопроизводительных параллельных вычислений.

Все компьютеры объединены в локальную сеть и имеют выход в интернет. Так же в учебном процессе используются **4** ноутбука, один нетбук и 3 мультимедиа-проектора для организации презентаций и докладов.

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

Учебно-наглядные пособия по дисциплине не предусмотрены.

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

Для обеспечения учебного и научно-исследовательского процесса за кафедрой информационных компьютерных технологий закреплена 1 учебно-научная лаборатория, 2 компьютерных класса на 40 посадочных мест, 4 кабинета.

Кафедра информационных компьютерных технологий располагает значительным количеством разнообразного современного оборудования (компьютеры, оргтехника, технические средства обучения и плоттер и 3-Дпринтер.).

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



Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

#### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
–	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013	Неограниченно	бессрочно
–	Интернет-браузер Firefox	Бесплатный	Неограниченно	бессрочно
–	IDE IntelliJ IDEA Community Edition	Бесплатный	Неограниченно	бессрочно

### 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Начальные понятия программирования на языке Python	<i>Знает:</i> – Синтаксис языка Python; <i>Умеет:</i> – использовать программные средства для хранения данных большого объема; – применять существующие библиотеки для обработки данных; <i>Владеет:</i> – навыками разработки систем для хранения и обработки данных большого объема (Big Data);	Оценки за лабораторные работы и практические занятия. Оценка за зачет
Раздел 2. Математический аппарат для работы с данными большого объема и машинным обучением.	<i>Знает:</i> – Основные принципы и инструменты хранения данных большого объема (Big Data); – Основные принципы и алгоритмы обработки данных большого объема (Big Data); <i>Умеет:</i> – использовать программные средства для хранения данных большого объема; – обрабатывать данные большого объема; <i>Владеет:</i> – математическими основами работы с большими данными (Big Data);	Оценки за лабораторные работы и практические занятия. Оценка за зачет
Раздел 3. Принципы	<i>Знает:</i> – Основные принципы и алгоритмы	Оценки за лабораторные работы

машинного обучения	<p>обработки данных большого объёма (Big Data);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Основные принципы и алгоритмы обработки данных большого объёма (Big Data);</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать программные средства для хранения данных большого объема;</li> <li>– применять существующие библиотеки для обработки данных;</li> <li>– использовать различные библиотеки для типовых задач машинного обучения.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками разработки систем для хранения и обработки данных большого объёма (Big Data);</li> <li>– практическими навыками использования различных алгоритмов машинного обучения.</li> <li>– навыками использования; библиотечных функций для решения типовых задач Big Data и Machine Learning.</li> </ul>	и практические занятия Оценка за зачет с оценкой
Раздел 4. Хранение, анализ и представление данных. Hadoop.	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Основные принципы и алгоритмы обработки данных большого объёма (Big Data);</li> <li>– Основные принципы и алгоритмы обработки данных большого объёма (Big Data);</li> <li>– Основные принципы и алгоритмы машинного обучения (Machine Learning).</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать программные средства для хранения данных большого объема;</li> <li>– обрабатывать данные большого объёма;</li> <li>– использовать различные библиотеки для типовых задач машинного обучения.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками разработки систем для хранения и обработки данных большого объёма (Big Data);</li> <li>– навыками использования; библиотечных функций для решения типовых задач Big Data и Machine Learning.</li> </ul>	Оценки за лабораторные работы и практические занятия Оценка за зачет 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 высшего образования – 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 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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  
«Работа с большими данными и машинное обучение»**

**основной образовательной программы**  
**09.04.02 Информационные системы и технологии**  
код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Информационные технологии для цифрового проектирования»**  
наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		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»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Системы искусственного интеллекта»**

**Направление подготовки**

**09.04.02 Информационные системы и технологии**

**Магистерская программа**

**«Информационные технологии для цифрового проектирования»**

**Квалификация «магистр»**

**Москва 2025**

Программа составлена доцентом кафедры информационных компьютерных технологий  
к.т.н. Дударовым С.П.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д.И. Менделеева

---

(Наименование кафедры)

«13» мая 2025 г., протокол №17.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **09.04.02 Информационные системы и технологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **информационных компьютерных технологий** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в одного семестра.

Программа относится к обязательной части учебного плана. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области вычислительной математики, дискретной математики и методов искусственного интеллекта.

**Цель дисциплины** состоит в изучении систем и методов искусственного интеллекта в объеме, достаточном для успешного применения данных технологий на практике в актуальных задачах и при постановке задач.

**Задачи дисциплины** – изучение методов клеточно-автоматного моделирования, методов нечёткой логики и теории нечётких множеств как методов искусственного интеллекта, а также построение информационных систем на их основе.

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе. Итоговой формой контроля является зачет с оценкой.

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 и индикаторы их достижения:**

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
-------------------------------------	------------------------	--

Научные исследования и разработки	ОПК-2. Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	ОПК-2.1. Знает современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач ОПК-2.2. Умеет обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач ОПК-2.3. Владеет навыками разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач
Научные исследования и разработки	ОПК-5. Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем	ОПК-5.1 Знает современное программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем ОПК-5.2 Умеет модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем для решения профессиональных задач ОПК-5.3 Владеет навыками разработки программного и аппаратного обеспечения информационных и автоматизированных систем для решения профессиональных задач

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

**знать:**

- классификацию и области применения систем искусственного интеллекта;
- постановку задач моделирования в системах искусственного интеллекта;

**уметь:**

- реализовывать методы в системах искусственного интеллекта;
- проектировать структуру и связи модулей в системах искусственного интеллекта;



**владеть:**

- программными инструментами и библиотеками средств программирования при реализации методов в системах искусственного интеллекта;
- навыками самостоятельной разработки систем искусственного интеллекта.

**3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ**

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость модуля</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,42</b>	<b>51</b>	<b>38,25</b>
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>1</i>	<i>36</i>	<i>27</i>
Лекции	0,94	34	25,5
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0,53</i>	<i>19</i>	<i>14,25</i>
Лабораторные работы (ЛР)	0,47	17	12,75
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0,47</i>	<i>17</i>	<i>12,75</i>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,58</b>	<b>93</b>	<b>69,75</b>
Контактная самостоятельная работа	2,58	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов модуля, в том числе проработка учебного материала лекций, подготовка к лабораторным работам, практике, подготовка к текущему контролю, другие виды самостоятельной работы		92,6	69,45
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ****4.1. Разделы дисциплины и виды занятий**

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов			
		Всего	Лек.	Лаб.	СР
1	Раздел 1. Основные этапы и направления исследований в области систем искусственного интеллекта	14	4	–	10
2	Раздел 2. Интеллектуальные системы	24	4	3	17
3	Раздел 3. Программные комплексы решения интеллектуальных задач	24	4	4	16
4	Раздел 4. Основные положения нечеткой логики	66	18	10	38
5	Раздел 5. Онтологии и онтологические системы	16	4	–	12
Итого		144	34	17	93

## **4.2. Содержание разделов дисциплины**

### **Раздел 1. Основные этапы и направления исследований в области систем искусственного интеллекта**

Этапы развития систем искусственного интеллекта (СИИ). Основные направления развития исследований в области систем искусственного интеллекта. Нейробионический подход. Системы, основанные на знаниях. Извлечение знаний. Интеграция знаний. Базы знаний. Структура систем искусственного интеллекта. Архитектура СИИ. Методология построения СИИ. Экспертные системы (ЭС) как вид СИИ. Общая структура и схема функционирования ЭС. Представление знаний СИИ. Модели представления знаний. Представление знаний с помощью системы продукций. Суб-технологии искусственного интеллекта. Стандарт для решения задач анализа данных. Роли участников в проектах по анализу данных. Внедрение систем машинного обучения в химической отрасли: ключевые примеры использования ИИ в химической отрасли (кейсы).

### **Раздел 2. Интеллектуальные системы**

Состав знаний и способы их представления. Управляющий механизм. Объяснительные способности. Нейроподобные структуры. Системы типа перцептронов. Нейрокомпьютеры и их программное обеспечение. Системы когнитивной графики. Интеллектуальный интерфейс: лингвистический процессор, анализ и синтез речи.

### **Раздел 3. Программные комплексы решения интеллектуальных задач**

Системы продукций. Управление выводом в продукционной системе. Представление знания с помощью логики предикатов. Логические модели. Логика предикатов как форма представление знаний. Синтаксис и семантика логики предикатов. Технологии манипулирования знаниями СИИ. Программные комплексы решения интеллектуальных задач. Естественно-языковые программы. Представление знаний фреймами и вывод на фреймах. Теория фреймов. Модели представления знаний фреймами.

### **Раздел 4. Основные положения нечеткой логики**

Представление знаний и вывод в моделях нечеткой логики. Алгоритмы Мамдани, Сугено, Цукамото, Ларсена. Программные комплексы. Основы программирования для задач анализа данных. Изучение отдельных направлений анализа данных. Задача классификации. Ансамбли моделей машинного обучения для задачи классификации. Нейронные сети. Глубокие нейронные сети (компьютерное зрение, разбор естественного языка, анализ табличных данных). Кластеризация и другие задачи обучения. Задачи работы с последовательным данным, обработка естественного языка. Рекомендательные системы. Определение важности признаков и снижение размерности.

## Раздел 5. Онтологии и онтологические системы

Системы и средства представления онтологический знаний. Онтологии как аппарат моделирования системы знаний. Методы представления онтологий.

### 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 и области применения систем искусственного интеллекта	+		+		+
2	постановку задач моделирования в системах искусственного интеллекта	+	+	+		+
	<b>Уметь:</b>					
3	реализовывать методы в системах искусственного интеллекта		+		+	
4	проектировать структуру и связи модулей в системах искусственного интеллекта	+	+		+	+
	<b>Владеть:</b>					
5	программными инструментами и библиотеками средств программирования при реализации методов в системах искусственного интеллекта				+	
6	навыками самостоятельной разработки систем искусственного интеллекта		+		+	

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

7	ОПК-2. Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	– ОПК-2.1. Знает современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач	+			+	
		– ОПК-2.2. Умеет обосновывать выбор современных информационно-	+		+	+	+

		коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач					
		– ОПК-2.3. Владеет навыками разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач		+	+		
8	ОПК-5. Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем	– ОПК-5.1 Знает современное программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем	+	+	+		
		– ОПК-5.2 Умеет модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем для решения профессиональных задач		+	+		+
		– ОПК-5.3 Владеет навыками разработки программного и аппаратного обеспечения информационных и автоматизированных систем для решения профессиональных задач		+	+	+	

## 6. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Учебным планом предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине в объёме 17 часов (0,47 зач. ед.). Лабораторные занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на приобретение практических навыков разработки систем искусственного интеллекта.

### Примерный перечень лабораторных занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	2	Применение интеллектуальных систем для решения прикладных задач	3
2	3	Изучение программных инструментов и методов разработки интеллектуальных систем	4
3	4	Постановка задачи и получение математической формализации в интеллектуальных системах, основанных на методах нечёткой логики и теории нечётких множеств	4
4	4	Применение алгоритмов нечётко-логического вывода для решения задач принятия решений в системах искусственного интеллекта	6

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объёме 93 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 контрольных работ по разделам дисциплины;

- выполнение домашних расчётно-графических 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, Chemical Abstracts, РИНЦ.

Темы заданий самостоятельной работы соответствуют содержанию разделов дисциплины.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая оценка по дисциплине складывается путем суммирования:

- оценок за лабораторные работы: предусмотрено выполнение 4 лабораторных работ по 10 баллов (40 баллов);

- оценок за контрольные работы: предусмотрено выполнение 2 контрольных работ по 10 баллов (20 баллов);

– оценки за итоговый контроль в форме зачета с оценкой (40 баллов).  
Максимальная оценка – 100 баллов.

### 8.1. Примеры заданий для выполнения лабораторных работ

#### Раздел 2. Максимальная оценка – 10 баллов.

Эксперт – специалист предметной области – рынка продаж компьютерной оргтехники – предложил приведённое ниже словесное описание трёх стоимостных категорий персональных компьютеров: «Бюджетная», «Средняя» и «Высокая».

*«Бюджетная» стоимостная категория характеризуется низким уровнем цены за персональные компьютеры ограниченной производительности и/или комплектации. Стоимость единицы товара, относящегося к данной категории, не должна превышать 40 тыс. руб. При этом стоимость персонального компьютера 20 тыс. руб. и менее можно с полной уверенностью относить к категории «Бюджетная». В пределах от 20 до 40 тыс. руб. стоимость может оцениваться как «Бюджетная», так и «Средняя», в зависимости от комплектации, технических характеристик, состояния рынка, индивидуальной интерпретации покупателей и продавцов, а также других факторов. С увеличением стоимости единицы товара от 20 до 40 тыс. руб. уверенность в возможности отнесения стоимости персонального компьютера к категории «Бюджетная» снижается до нулевой отметки.*

*«Средняя» стоимостная категория соответствует персональным компьютерам, удовлетворяющим своими техническими характеристиками большинство обычных пользователей дома и в офисе. Стоимость единицы товара данной категории варьируется в пределах от 35 до 90 тыс. руб. При этом в пределах от 50 до 60 тыс. руб. стоимость с полной уверенностью можно отнести к «Средней» ценовой категории. В пределах от 30 до 40 тыс. руб. уверенность в возможности отнесения к данной ценовой категории растёт с нулевой до максимальной, а в пределах от 70 до 90 тыс. руб. уменьшается от максимального до нулевого уровня.*

*«Высокая» стоимостная категория отличается от двух предыдущих максимальными требованиями к производительности и комплектации персональных компьютеров, связанными с целями их использования покупателями. Отнесение к данной категории возможно, если стоимость единицы товара превышает 70 тыс. руб. При стоимости 100 тыс. руб. и выше товар с полной уверенностью может быть отнесён к ценовой категории «Высокая». В пределах от 70 до 90 тыс. руб. уверенность в возможности отнесения к ней возрастает с нулевого до максимального уровня.*

В целях реализации интеллектуальной экспертной системы необходимо:

1. Определить стандартную форму функции принадлежности на основе имеющегося экспертного представления или словесного описания.
2. С учётом имеющегося экспертного представления или словесного

описания явления или процесса для выбранной стандартной формы функции принадлежности составить её математическое описание и построить график.

3. С использованием составленного математического описания функции принадлежности выполнить фаззификацию различных элементов универсального множества. Результаты фаззификации представить в табличной форме.

4. Сделать выводы об особенностях получения математического описания функций принадлежности на основе мнения одного эксперта и фаззификации чётких числовых значений с использованием этого математического описания.

### **Раздел 3. Максимальная оценка – 10 баллов.**

Среди 10 экспертов был проведен опрос о стоимости мобильного телефона. Были предложены три категории стоимости (значения лингвистических переменных): «Бюджетная», «Средняя» и «Высокая». Каждому эксперту требовалось заполнить анкету в соответствии с формой, представленной в таблице 2.2.

При заполнении формы анкеты каждому эксперту следует учитывать, что верхняя граница вхождения в предыдущую категорию должна быть меньше нижней границы вхождения в текущую категорию, то есть соседние нечёткие подмножества должны пересекаться.

Необходимо с использованием математических или специализированных пакетов прикладных программ:

1. Выполнить предварительную обработку отдельных анкет экспертов с целью приведения полученной от них информации к общей структуре и виду, пригодному для последующего обобщения.

2. Обобщить предварительно обработанную информацию, полученную от отдельных экспертов, по различным лингвистическим переменным; определить граничные значения элементов универсального множества.

3. Определить характер изменения степени принадлежности в зависимости от значений элементов универсального множества с целью последующего выбора стандартной формы функции принадлежности и её математического описания.

4. Сделать выводы об особенностях получения оценок об исследуемом явлении или процессе от группы экспертов с целью разработки математического описания функций принадлежности.

### **Раздел 4. Максимальная оценка – 10 баллов.**

Используя, полученную в ходе работы 2 обобщённую экспертную оценку стоимости мобильного телефона:

1. Определить стандартные формы функций принадлежности всех рассматриваемых нечётких множеств.

2. Для каждого нечёткого множества с учётом выбранной для него стандартной формы функции принадлежности выполнить структурную иден-

тификацию фрагментов, описывающих область нечёткости.

3. С использованием специальных методов вычислительной математики выполнить параметрическую идентификацию фрагментов, описывающих область нечёткости, для всех функций принадлежности, выбранных на основе групповых экспертных оценок. Представить результаты аппроксимации графически в сравнении с исходными точками.

4. Произвести количественную оценку полученного математического описания отдельных фрагментов, описывающих область нечёткости, и всех фрагментов каждой функции принадлежности в отдельности.

5. Сделать выводы об особенностях структурной и параметрической идентификации математического описания функций принадлежности на основе оценок группы экспертов.

#### **Раздел 4. Максимальная оценка – 10 баллов.**

1. Сформулировать задачу поиска решения по одной или двум входным переменным с использованием заданного алгоритма нечётко-логического вывода.

2. Определить состав недостающих исходных данных для поиска решения с использованием заданного алгоритма нечётко-логического вывода. Дополнить данные необходимой исходной информацией в виде математического и графического описания функций принадлежности.

3. Определить и формализовать логическую связь между входными и выходными значениями лингвистической переменной. Результат формализации представить в табличной форме и, при необходимости, в форме аппроксимирующих уравнений связи.

4. Для поставленной задачи реализовать заданный алгоритм нечётко-логического вывода и выполнить расчёт нечёткого (если возможно) и чёткого решения.

5. Сделать выводы об отличительных особенностях, преимуществах и недостатках использованного алгоритма нечётко-логического вывода решения.

Состав входных и выходных переменных и постановка задачи обсуждаются с ведущим преподавателем и выбираются с учётом ранее полученных в работах 1–4 результатов. Вариант алгоритма нечётко-логического вывода задаётся ведущим преподавателем.

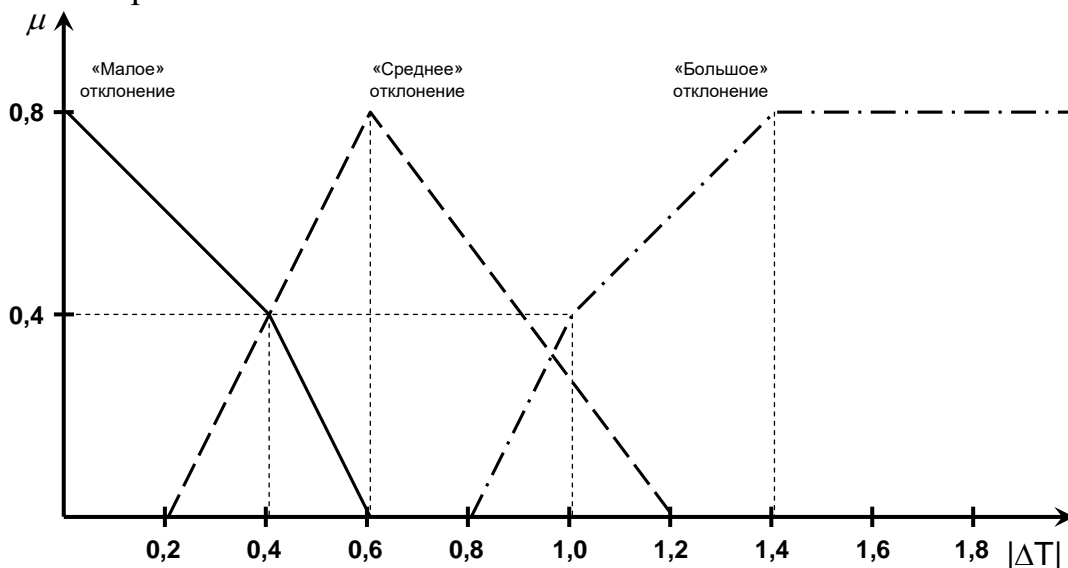
### **8.2. Примеры заданий контрольных работ**

#### **Работа 1. Максимальная оценка – 10 баллов.**

Для заданных графически зависимостей функции принадлежности отклонения температуры от заданного по регламенту значения ( $\Delta T$ ) к каждой из категорий («Малое», «Среднее», «Большое») нормализовать функции принадлежности, представить нормализованные функции принадлежности в аналитическом виде. Для соседних нормализованных функций принадлежно-

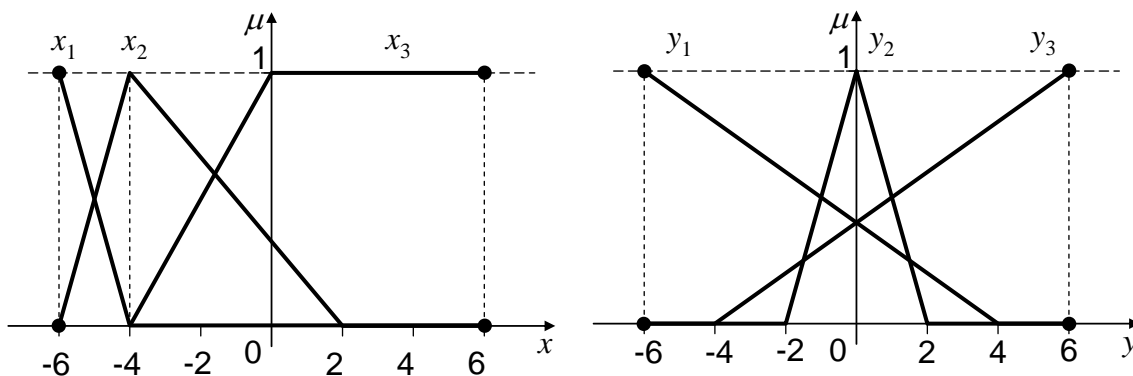


сти построить графики объединения, пересечения, алгебраических произведения и суммы. Построить функции дополнения, концентрации и растяжения каждого из нормализованных нечётких множеств.

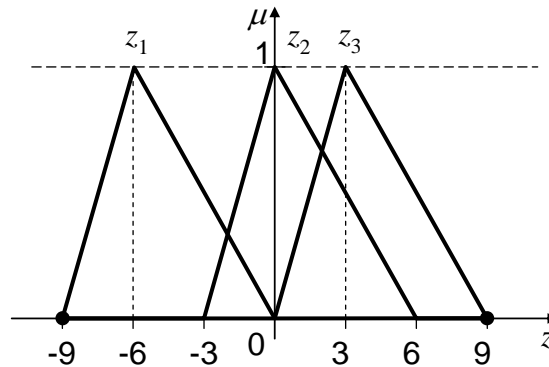


## Работа 2. Максимальная оценка – 10 баллов.

Даны числовые значения входных переменных:  $x = 1,0$ ,  $y = 0,0$ . С использованием алгоритма нечётко-логического вывода Мамдани и приведённых ниже графиков функции принадлежности и таблицы правил найти числовое значение переменной  $z$ , воспользовавшись следующими методами дефаззификации: левых, правых и средних максимумов, центра тяжести.



	$y_1$	$y_2$	$y_3$
$x_1$	$z_2$	$z_1$	$z_1$
$x_2$	$z_3$	$z_2$	$z_2$
$x_3$	$z_3$	$z_3$	$z_2$



### 8.3. Примеры заданий зачета с оценкой

Билет для проведения зачета с оценкой содержит 10 заданий, из которых 4 носят теоретическую направленность, 6 – практическую. Максимальная оценка за каждое задание – 4 баллов, всего 40 баллов.

Пример билета к зачету с оценкой.

<p>«Утверждаю» Зав. кафедрой ИКТ Э.М. Кольцова</p>	<p><b>Министерство науки и высшего образования РФ</b> <b>Российский химико-технологический университет</b> <b>имени Д.И. Менделеева</b> <b>Направление подготовки магистров</b> <b>09.04.02 Информационные системы и технологии</b> <b>Магистерская программа «Информационные технологии для</b> <b>цифрового проектирования»</b> <b>Дисциплина «Системы искусственного интеллекта»</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>Билет № 1</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Приведите таблицу истинности и эквивалентную схему электрической цепи для логической функции дизъюнкции трёх переменных.</li> <li>2. Приведите классификацию окрестностей двумерных клеточных автоматов с квадратными клетками. Для каждого случая изобразите схему окрестности.</li> <li>3. Поясните на графическом примере любой функции принадлежности операции расширения и усечения нечёткого множества.</li> <li>4. Приведите примеры одномерных и двумерных таблиц правил логического вывода. Назовите правила, которые могут быть использованы в соответствующих таблицах. Как определяется степень принадлежности нечёткого подзаключения?</li> <li>5. Упростите заданную функцию, составьте таблицу истинности и логическую схему для упрощённой функции: <math>f(x, y, z) = \overline{(x + y \cdot z + \bar{z}) \cdot xz}</math>.</li> <li>6. Сколько входных переменных имеет логическая функция, описывающая смену состояния базовой клетки с памятью окрестности Мвона?</li> <li>7. Нечёткое множество задано функцией принадлежности вида: <math display="block">\mu(x) = \begin{cases} 0, &amp; x \in [0, 3]; \\ 1, &amp; 0 -  x - 4,0 , \quad x \in (3,0, 5,0) \end{cases}</math> </li> </ol> <p>Определите носитель, высоту, точки перехода и срез (при <math>\alpha = 0,4</math>) данного нечёткого множества.</p>	

8. Нечёткие множества А и В заданы функциями принадлежности:

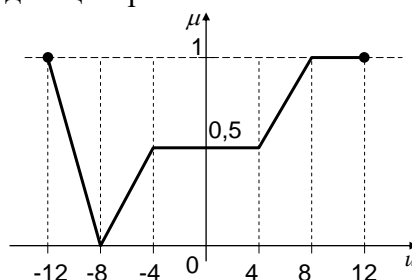
$$\mu_A(x) = |0,5x + 1|, x \in [-4; -1] \quad \mu_B(x) = (0,5x + 1,5)^2, x \in (-3; -1).$$

Постройте графики указанных функций принадлежности в общей координатной системе. Покажите графически и запишите математическим выражением результат применения операции объединения к заданным нечётким множествам.

9. Выполните фаззификацию элемента универсального множества  $x = 3,0$  в следующих нечётких подмножествах:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0,25x, & x \in (1; 4] \\ 1,5 - 0,125x, & x \in (4; 11] \end{cases} \quad \mu_B(x) = 1 - |x - 2|, x \in [1; 3].$$

10. С использованием графического представления результата композиции нечётких подзаключений выполните дефаззификацию решения методами левых, правых и средних максимумов, а также методом центра тяжести:



## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А. Основная литература

1. Дударов С. П. Алгебра нечеткой логики и анализ нечетких множеств: учеб. пособие/ С. П. Дударов, П. Л. Папаев. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. – 84 с.

2. Дударов С. П., Дементиденко А. В. Исследование нечётких множеств и нечётко-логических операций. Лабораторный практикум: учеб. пособие/ С. П. Дударов, А. В. Дементиденко. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2020. – 128 с.

3. Дударов С. П. Теоретические основы и практическое применение искусственных нейронных сетей: учеб. пособие/ С. П. Дударов, П. Л. Папаев. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. – 104 с.

#### Б. Дополнительная литература

1. В. В. Девятков. Системы искусственного интеллекта. – М.: МГТУ им. Баумана, 2001.

2. М. Тим Джонс. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2006. – 312 с.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

– Журнал вычислительной математики и математической физики;

- Программная инженерия
- Искусственный интеллект и принятие решений;
- Математическое моделирование;
- Программирование;
- Вычислительные технологии.

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

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

1. Вычислительные ресурсы с предустановленным инструментарием CUDA.
2. Банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины.
3. Банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (ЭО и ДОТ) при реализации основных профессиональных образовательных программ, предусмотрено использование следующих средств обеспечения освоения дисциплины: чтение лекций, проведение семинаров и консультация студентов с помощью проведения вебинаров на платформе «Discord», работа на платформе «ЭИОС РХТУ», работа по e-mail, работа в социальной сети «ВКонтакте».

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

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает студентов основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса. Объем фонда на 01.01.2024 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, 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 «Системы искусственного интеллекта» проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

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

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; компьютерный класс, насчитывающий не менее 20 посадочных мест, оснащённых компьютерами с выходом в Интернет.

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

Учебно-наглядные пособия по дисциплине не предусмотрены.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные программными средствами; проекторы и экраны; локальная сеть с выходом в Интернет.

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

Информационно-методические материалы: раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; раздаточный материал к лабораторным занятиям по дисциплине.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; кафедральные библиотеки электронных изданий.

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

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Основные этапы и направления ис-	<b>Знает</b> классификацию и области применения систем искусственного интеллекта; постановку задач моделирования в системах искусственного интеллекта	Оценка за зачет с оценкой

следований в области систем искусственного интеллекта	<b>Умеет</b> проектировать структуру и связи модулей в системах искусственного интеллекта	
<b>Раздел 2.</b> Интеллектуальные системы	<b>Знает</b> постановку задач моделирования в системах искусственного интеллекта <b>Умеет</b> реализовывать методы в системах искусственного интеллекта; проектировать структуру и связи модулей в системах искусственного интеллекта <b>Владеет</b> навыками самостоятельной разработки систем искусственного интеллекта	Оценка за лабораторную работу Оценка за зачет с оценкой
<b>Раздел 3.</b> Программные комплексы решения интеллектуальных задач	<b>Знает</b> классификацию и области применения систем искусственного интеллекта; постановку задач моделирования в системах искусственного интеллекта	Оценка за лабораторную работу Оценка за зачет с оценкой
<b>Раздел 4.</b> Основные положения нечеткой логики	<b>Умеет</b> реализовывать методы в системах искусственного интеллекта; проектировать структуру и связи модулей в системах искусственного интеллекта <b>Владеет</b> программными инструментами и библиотеками средств программирования при реализации методов в системах искусственного интеллекта; навыками самостоятельной разработки систем искусственного интеллекта	Оценка за лабораторную работу Оценки за контрольные работы Оценка за зачет с оценкой
<b>Раздел 5.</b> Онтологии и онтологические системы	<b>Знает</b> классификацию и области применения систем искусственного интеллекта; постановку задач моделирования в системах искусственного интеллекта <b>Умеет</b> проектировать структуру и связи модулей в системах искусственного интеллекта	Оценка за зачет 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 высшего образования – 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 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический универ-

ситет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– 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**  
**«Системы искусственного интеллекта»**  
**основной образовательной программы**

**09.04.02 Информационные системы и технологии**

код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Информационные технологии для цифрового проектирования»**

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		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**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Системы поддержки принятия решений»**

Направление подготовки

09.04.02 Информационные системы и технологии

Магистерская программа

«Информационные технологии для цифрового проектирования»

**Квалификация – магистр**

Москва 2025

Программа составлена старшим преподавателем кафедры информационных компьютерных технологий Приходько В. Н.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д.И. Менделеева

---

(Наименование кафедры)

«13» мая 2025 г., протокол №17.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки магистров 09.04.02 Информационные системы и технологии магистерская программа «Информационные технологии для цифрового проектирования», в соответствии с рекомендациями методической секции Ученого совета РХТУ им. Д. И. Менделеева и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля этой и аналогичных дисциплин на кафедре информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д. И. Менделеева.

Программа относится к вариативной части учебного плана, к блоку обязательных дисциплин учебного плана. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математического анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, вычислительной математики и численных методов, теории экономики и программирования на языках высокого уровня.

**Цель дисциплины** «Системы поддержки принятия решений» состоит в приобретении магистрантами новых, углублении имеющихся знаний, умений, владений и в формировании компетенций в области теории принятия оптимальных решений в экономике и исследовании операций, компьютерных вычислительных методов и алгоритмов; понимания концепции и перспективных направлений, представлений о современных подходах к оценке оптимальных решений многомерных задач с помощью методов математического программирования, принципов и алгоритмов теории принятия оптимальных решений в экономике.

### **Задачи дисциплины:**

- формирование у обучающихся системных углубленных знаний теоретических основ в области принятия решений в экономике, понимания концепции, перспективных направлений и представлений о современных подходах при анализе и решении сложных задач поиска эффективного решения;
- выработка умения самостоятельно анализировать сложные ситуации, формулировать задачи многомерной оптимизации, делать правильный выбор и применять методы математического программирования и теории принятия решений для их решения;
- развитие у студентов практических навыков самостоятельной работы при решении задач многомерной оптимизации, развитие логического и алгоритмического мышления при изучении основных методов и алгоритмов, а также решении задач принятия решений с учетом сложной, разнородной информации в условиях определенности и неопределенности.

Дисциплина «Системы поддержки принятия решений» преподается в одном семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
ОПК-7. Способен разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений	ОПК-7.1. Знает принципы построения математических моделей процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений. ОПК-7.2. Умеет разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений. ОПК-7.3. Владеет методами построения математически моделей для реализации успешного функционирования распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений.

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

#### **Знать:**

- объекты, предметы, цели, задачи; направления, основные понятия, математический аппарат, модели, методы, этапы процесса принятия решения и основы методологии теории принятия оптимальных решений в экономике, в том числе в условиях неопределенности, сложной и противоречивой информации, в условиях риска или конфликта;
- основные особенности математических моделей и методов современной теории принятия решений;
- тенденции и перспективы развития современных принципов математических методов принятия оптимальных решений в экономике.

#### **Уметь:**

- формулировать постановку задачи выбора оптимального принятия наиболее рационального решения в терминах

математического программирования, экономико-математических методов и теории принятия решений, пользоваться современной специальной литературой;

- выбирать эффективные модели и методы для решения прикладных задач;
- обоснованно применять изученные методы теории принятия оптимальных решений при решении практических задач с использованием комплексной методики экономико-математических методов и теории принятия оптимальных решений.

***Владеть:***

- математическим аппаратом для решения задач многомерной оптимизации в области принятия решений;
- навыками постановки задачи, алгоритмизации и программирования при решении задач с использованием экономико-математических методов, методов математического программирования и алгоритмов теории принятия оптимальных решения.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем	
	В зачётных единицах	В академ. часах
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>5</b>	<b>180</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,42</b>	<b>51</b>
Лекции (Лек.)	0,47	17
Практические занятия (ПЗ)	0,95	34
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>2,58</b>	<b>93</b>
Расчётно-графические работы	2,11	60
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0,47	33
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4
Подготовка к экзамену		35,6
<b>Вид контроля:</b>	<b>экзамен</b>	

Вид учебной работы	Объем	
	В зачётных единицах	В астр. часах
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>5</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,42</b>	<b>38,25</b>
Лекции (Лек.)	0,47	12,75

Практические занятия (ПЗ)	0,95	25,5
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>2,58</b>	<b>42,75</b>
Расчётно-графические работы	2,11	30
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0,47	12,75
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,15
Подготовка к экзамену		26,85
<b>Вид контроля:</b>	<b>экзамен</b>	

## 4.СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Сам. работа
1.	<b>Раздел 1. Введение в теорию принятия решений</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>4</b>
2.	<b>Раздел 2. Классическая теория оптимизации - теоретическая основа детерминированных методов принятия оптимальных решений</b>	<b>50</b>	<b>8</b>	<b>17</b>	<b>25</b>
2.1	Модели и методы поиска локально-оптимальных решений при одном критерии	10	2	2	5
2.2	Классические детерминированные методы математического программирования многомерной локальной оптимизации	8	1	2	4
2.3	Модели линейного программирования	8	1	2	4
2.4	Транспортные задачи	6	1	2	3
2.5	Задачи целочисленного линейного программирования	6	1	2	3
2.6	Модели нелинейного программирования	6	1	2	3
2.7	Детерминированная модель динамического программирования (ДП)	6	1	2	3
3.	<b>Раздел 3. Основные математические методы принятия решений в условиях определенности и неопределенности. Многокритериальная оптимизация</b>	<b>50</b>	<b>6</b>	<b>22</b>	<b>22</b>
3.1	Многокритериальные задачи принятия оптимальных решений	16	2	5	7
3.2	Основные математические методы в условиях неопределенности, риска, конфликта	11	1	5	5

3.3	Элементы теории игр. Игровые методы в теории принятия решений	11	1	5	5
3.4	Современные способы и средства принятия решений	12	2	5	5
	<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>93</b>
	<b>Экзамен (если предусмотрен УП)</b>	<b>36</b>			
	<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>			

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### Раздел 1. Введение в теорию принятия решений

Современный этап развития теорий принятия решений и исследования операций Системный подход при принятии решений. Современные методы принятия решений. Проблема горизонта планирования

Междисциплинарный характер теории принятия решений и исследования операций.

Основные характеристики и понятия теории принятия решений. Задачи выбора и принятия оптимального решения. Принцип оптимальности. Альтернативы. Критерии. Шкалы оценок по критериям.

Роли людей в процессе принятия решений.

Классификация задач принятия решений. Классификация методов принятия решений. Принятие решений в условиях определенности и неопределенности. Решение, определенность, риск, неопределенность. Оценка многокритериальных альтернатив. Классификация задач и характерные черты принятия решений в условиях определенности и неопределенности.

Постановка задач для принятия оптимальных решений. Процесс принятия решений. Типовые задачи принятия решений. Языки описания выбора.

Концепция компьютерной поддержки принятия решений. Человеко-машинные процедуры. Современные направления развития человеко-машинных систем выбора.

Основные понятия и особенности исследования операций и теории принятия решений. Этапы операционного проекта. Критерий оптимальности при исследовании операций (ИО). Виды математических моделей ИО. Классы типичных задач ИО.

Экономико-математические модели задач линейного программирования. Математические модели типичных задач исследования операций.

### Раздел 2. Классическая теория оптимизации - теоретическая основа детерминированных методов принятия оптимальных решений

#### 2.1. Модели и методы поиска локально-оптимальных решений при одном критерии

Общая постановка задачи математического программирования решения экономико-математических задач выбора. Общие принципы построения методов локальной оптимизации. Структура методов поиска локального минимума функций. Классификация методов локального поиска.

## ***2.2. Классические детерминированные методы математического программирования многомерной локальной оптимизации***

Основные понятия, положения, определения и терминология. Характеристика детерминированных прямых методов поиска, преимущества и недостатки. Особенности реальных экономических задач. Области применения и общая характеристика задач многомерной локальной оптимизации.

## ***2.3. Модели линейного программирования***

Общая задача линейного программирования (ЛП). Основные понятия, положения, определения и терминология. Формулировка основной задачи линейного программирования. Примеры задач линейного программирования. Формы записи задач линейного программирования и способы приведения к ним. Каноническая форма задач ЛП. Стандартная форма задачи ЛП. Геометрическое представление задачи линейного программирования. Свойства задач ЛП. Выделение вершин допустимого множества. Методы решения задач ЛП.

- 1) Симплекс-метод решения задач линейного программирования. Характеристика метода. Определение первоначального допустимого базисного решения. Признак оптимальности. Переход от одного базисного решения к другому. Признак оптимальности. Основные этапы и алгоритм симплекс-метода. Симплексные таблицы.
- 2) Двойственность задач ЛП. Экономическая интерпретация двойственной задачи об использовании ресурсов. Теоремы двойственности. Соотношение между оптимальными решениями прямой и двойственной задачи. Экономическая интерпретация двойственности. Двойственный симплекс-метод.

## ***2.4. Транспортные задачи***

Методы решения транспортных задач (ТЗ). Постановка задачи и стратегия решения ТЗ. Методы нахождения начального опорного плана перевозок. Итерационный алгоритм решения ТЗ. Методы потенциалов, северо-западного угла, минимальной стоимости, метод Фогеля. Транспортная задача с промежуточными пунктами.

## ***2.5. Задачи целочисленного линейного программирования***

Методы решения задач целочисленного линейного целочисленного программирования (ЗЦЛП). Примеры целочисленных экономических задач. Постановка задачи ЗЦЛП. Методы решения: метод Гомори, метод ветвей и границ.



## ***2.6. Модели нелинейного программирования***

Постановка задач нелинейного программирования. Экстремальные задачи без ограничений. Необходимые и достаточные условия существования экстремума.

Задачи на экстремум при наличии ограничений. Ограничения в виде равенств. Необходимые и достаточные условия существования условного экстремума. Теория множителей Лагранжа и ее приложение. Задача Лагранжа.

Характеристика задач. Экономическая и геометрическая интерпретация нелинейного программирования.

Эффективные алгоритмы одномерного поиска. Квадратичное программирование.

Многомерный поиск безусловного минимума. Методы "спуска". Методы нулевого, первого и второго порядка. Методы случайного поиска многомерного экстремума.

Условный экстремум. Принципы построения численных методов поиска условного экстремума. Основные численные методы поиска многомерного локального экстремума при наличии ограничений.

## ***2.7. Детерминированная модель динамического программирования (ДП)***

Постановка задачи ДП. Основные понятия. Рекуррентная природа вычислений в ДП. Математическое описание, функциональное уравнение Беллмана. Общая процедура и алгоритм решения методом динамического программирования. Экономические задачи, решаемые методом ДП.

## **Раздел 3. Основные математические методы принятия решений в условиях определенности и неопределенности. Многокритериальная оптимизация**

### ***3.1. Многокритериальные задачи принятия оптимальных решений***

Многокритериальные задачи. Примеры многокритериальности в экономике. Общие сведения о многокритериальных задачах оптимизации. Постановка задачи многокритериальной (векторной) оптимизации. Локальные (частные) критерии. Область работоспособности. Критериальное пространство. Проблемы решения задач многокритериальной оптимизации. Несравнимость решений. Нормализация критериев. Учёт приоритета критериев. Основные направления методов решения задач векторной оптимизации.

Построение множества Парето. Множество Эджворта-Парето. Оптимальность и отношение доминирования по Парето. Решения

доминируемые и недоминируемые. Область согласия. Компромиссная кривая (фронт Парето).

Методы сужения парето-оптимальных решений. Методы замены векторного критерия скалярным критерием. Формальное определение обобщённого критерия. Парные сравнения альтернатив по каждому из критериев. Ранжирование частных критериев. Выбор наиболее предпочтительной альтернативы. Шкалы измерения предпочтений решений. Проблемы и сложности построения обобщённого критерия для векторных задач оптимизации. Аддитивный и мультипликативный критерии оптимальности. Максиминная свертка.

Метод взвешенной суммы частных критериев. Метод "идеальной" точки.

Методы последовательной оптимизации. Метод последовательных уступок. Лексикографический критерий. Метод главного критерия. Метод равенства частных критериев.

Методы оценки и сравнения многокритериальных альтернатив в условиях определенности. Многокритериальная теория полезности (MAUT). Методы ELECTRE ранжирования многокритериальных альтернатив. Основные этапы в методах ELECTRE.

Шкала измерения предпочтений решений Саати. Подход аналитической иерархии. Основные этапы подхода. Иерархии и приоритеты. Метод анализа иерархий (МАИ). Построение иерархии "цель – критерии – альтернативы". Согласованность иерархии.

### ***3.2. Основные математические методы в условиях неопределенности, риска, конфликта***

Принятие решений в условиях неопределенности. Характеристика видов неопределенности. Принципы оптимальности, модели, правила и методы принятия оптимальных решений в условиях неопределенности информации. Критерий Лапласа, критерий Сэвиджа, критерий Гурвица, минимаксный критерий. Понятие о решении в условиях риска.

### ***3.3. Элементы теории игр. Игровые методы в теории принятия решений***

Постановка задачи, основные понятия, определения теории игр, классификация игровых задач, основные методы. Платежная матрица. Нижняя и верхняя цена игры. Оптимальное решение игры двух лиц с нулевой суммой. Решение игр в смешанных стратегиях. Приведение матричной игры к задаче линейного программирования.

### ***3.4. Современные способы и средства принятия решений***

Современные способы и средства принятия решений. Человеко-машинные способы принятия решений. Рекомендации по выбору методов, используемых для принятия оптимальных решений

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
<b>Знать:</b>				
- объекты, предметы, цели, задачи; направления, основные понятия, математический аппарат, модели, методы, этапы процесса принятия решения и основы методологии теории принятия оптимальных решений в экономике, в том числе в условиях неопределенности, сложной и противоречивой информации, в условиях риска или конфликта;		+	+	+
- основные особенности математических моделей и методов современной теории систем и теории принятия решений в экономике;		-	+	+
- тенденции и перспективы развития современных принципов математических методов принятия оптимальных решений в экономике.		+	+	+
<b>Уметь:</b>				
- формулировать постановку задачи выбора оптимального решения наиболее рационального решения в терминах математического программирования, экономико-математических методов и теории принятия решений, пользоваться современной специальной литературой;		+	+	+
- выбирать эффективные модели и методы для решения прикладных задач;		-	+	+
- обоснованно применять изученные методы теории принятия оптимальных решений при решении практических задач с использованием комплексной методики экономико-математических методов и теории оптимальных принятия решений.		-	+	+
<b>Владеть:</b>				
- математическим аппаратом для решения задач многомерной оптимизации в области принятия оптимальных решений;		-	+	+
- навыками постановки задачи, алгоритмизации и программирования при решении задач с использованием экономико-математических методов, методов математического программирования и алгоритмов теории принятия оптимальных решения.		+	+	+
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>				
ОПК-7. Способен разрабатывать и применять	ОПК-7.1. Знает принципы построения математических	+	+	+

математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений	моделей процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений. ОПК-7.2. Умеет разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений. ОПК-7.3. Владеет методами построения математически моделей для реализации успешного функционирования распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений.			
---	---	--	--	--

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине

Предусмотрены практические занятия обучающегося в магистратуре в объеме 34 акад. ч.

Практические занятия проводятся под руководством преподавателя, они направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях; формирование понимания связей между теоретическими положениями методов и алгоритмов математического программирования и теории принятия решений для решения задач многомерной многоэкстремальной оптимизации и этапами их практической реализации; а также направлены на приобретение практических навыков программной реализации методов, алгоритмов математического программирования и принятия решений при решении экономико-математических задач.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	2.1	Вычислительные особенности реализации алгоритмов и задач линейного	2

		программирования, их место и роль в системе оптимизационных экономико-математических моделей, типичные задачи. Симплекс-метод Данцинга. Двойственность в ЛП.	
2	2.2	Вычислительные особенности реализации алгоритмов транспортных задач линейного программирования, их место и роль в системе оптимизационных экономико-математических моделей, типичные задачи	2
3	2.3	Вычислительные особенности реализации алгоритмов и задач целочисленного программирования	3
4	2.4	Постановки и примеры решения задач многомерной оптимизации с использованием методов математического программирования. Методы локальной многомерной оптимизации. Подробно разбираются примеры	3
5	2.5	Вычислительные особенности реализации методов поиска локальной многомерной безусловной оптимизации. Примеры. Особенности, достоинства и недостатки методов	3
6	2.6	Вычислительные особенности реализации методов многомерной локальной условной оптимизации. Примеры. Особенности, достоинства и недостатки методов	4
7	3.1	Альтернативный выбор с учетом числа доминирующих критериев. Построение критериального пространства и области Парето. Компромиссная кривая. Роль понятия Парето-оптимальности в принятии решений	4
8	3.2	Оценка альтернатив на основе применения методов многокритериальной оптимизации (методы: весовых множителей, выделения главного критерия, эpsilon-ограничений, справедливого компромисса, идеальной точки, последовательных уступок).	4

		Примеры. Особенности решения. Достоинства и недостатки методов векторной оптимизации	
9	3.3	Оценка альтернатив на основе метода анализа иерархий Саати. Примеры. Особенности решения. Достоинства и недостатки	4
10	3.4	Принятие решений в условиях неопределенности. Характеристика видов неопределенности. Принципы оптимальности, модели, правила и методы принятия оптимальных решений в случае полной неопределенности. Критерий Лапласа, критерий Сэвиджа, критерий Гурвица, минимаксный критерий	5
11	3.5	Постановка задачи, основные понятия, определения теории игр, классификация игровых задач, основные методы. Приведение матричной игры к задаче линейного программирования	5

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Системы поддержки принятия решений» предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объёме 93 часа.

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях теоретического учебного материала дисциплины; подготовку к практическим занятиям и проработку учебного материала практических занятий, подготовку к различным формам контроля, к выполнению контрольных заданий по разделам дисциплины;
- подготовку к защите самостоятельных индивидуальных заданий и работ по темам изучаемого модуля, устных опрос студентов по контрольным вопросам к каждой теме и ответы на вопросы тестов.
- выполнение домашних заданий и расчетных работ по тематике курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, усвоение теоретического материала дисциплины и работу с Интернет – источниками, с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. Д. И. Менделеева по тематике курса;

- подготовку к сдаче экзамена по дисциплине.

На самостоятельную работу выносятся отдельные трудоёмкие разделы курса.

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

### **8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины, для самоконтроля и для подготовки к экзамену**

Обучающиеся отвечают на контрольные вопросы устно при защите своих индивидуальных расчетно-графических работ и компьютерных программ, а также используют их для подготовки к экзамену по дисциплине «Системы поддержки принятия решений»

#### **Раздел 1.**

##### ***Введение в теорию принятия решений.***

1. Многоэтапное принятие решений. Этапы принятия решений.  
Содержание этапов (что необходимо делать?) Перечислить основные этапы процесса принятия рациональных решений.
2. Процесс принятия решений (ППР) как осуществление анализа важнейшей информации и выбор наиболее эффективного варианта из множества альтернатив.
3. Кто такой владелец проблемы?
4. Постановка цели принятия решения
5. Анализ факторов, влияющих на принятие решения.
6. Какими бывают альтернативы?
7. Перечислите этапы процесса принятия решений
8. Оценивание альтернатив.
9. Выбор альтернативы.
10. Что необходимо сделать для определения проблемы?
11. Как строится дерево целей?
12. Многоэтапное принятие решений. Дерево решений
13. В чем особенности анализа личностных и ситуационных факторов, влияющих на принятие решений?
14. В чем заключается оценивание альтернатив?
15. Чем объясняется необходимость контроля в процессе принятия решений?
16. Каковы основные причины расхождения нормативного и реального процессов принятия решений?
17. Зависят ли решения, принятые ЛПР с использованием того или иного метода, от его субъективных предпочтений?

#### **Раздел 2.**

***Классическая теория оптимизации - теоретическая основа детерминированных методов принятия оптимальных решений.***

1. Приведите классификацию методов математического программирования. Постановка общей задачи. Основная рекуррентная формула методов оптимизации.
2. Необходимые и достаточные условия существования экстремума.
3. Функция Лагранжа. Интерпретация множителей Лагранжа. Метод множителей Лагранжа (теорема о необходимых условиях локального минимума). Пример применения метода множителей Лагранжа для решения нелинейной задачи оптимизации.
4. Для решения каких экономических задач используются методы и алгоритмы нелинейного программирования?
5. В чем заключается проблема поиска локального минимума? Дать определение локального минимума, многоэкстремальной и одноэкстремальной задач. Привести описание общей структуры методов локальной оптимизации. Пояснить понятия основного и рабочего шага.
6. Методы случайного поиска. Какие задачи успешно решаются при применении методов случайного поиска. Ненаправленный и направленный поиск экстремума статистическими методами. Примеры методов направленного случайного поиска.
7. Поиск глобального экстремума методами случайного поиска.
8. Сравнить методы нулевого, первого и второго порядка, каковы их достоинства и недостатки.
9. Сопряженные направления, их использование в методах оптимизации, метод сопряженного градиента Флетчера-Ривса. Сравнить его свойства и алгоритм со свойствами и алгоритмом метода наискорейшего градиентного поиска.
10. Привести основные расчетные формулы для классических алгоритмов локальной оптимизации в задачах без ограничений: метода наискорейшего градиентного поиска и метода Ньютона. Что можно сказать о свойствах этих методов? Скорость сходимости метод Ньютона. Недостатки метода Ньютона и пути их преодоления. Достоинства методов второго порядка.
11. Характеристика методов переменной метрики. Приведите один из алгоритмов построения оценок матриц вторых производных в квазиньютоновских методах локальной оптимизации. Что такое квазиньютоновское условие? Достоинства этой группы методов.
12. Классификация методов условного поиска экстремума, основные приемы и методы решения.
13. Принципы построения численных методов поиска условного экстремума.
14. Условный экстремум, допустимая область. Активные и пассивные ограничения.



15. Методы штрафных функций, методология решения задач поиска условного экстремума методами последовательной безусловной оптимизации. Стратегии изменения параметров штрафа. Виды штрафных функций для ограничений в виде равенств и неравенств.
16. Как можно решить задачу поиска условного экстремума с ограничениями в виде неравенств, используя метод внешнего штрафа или метода барьерных поверхностей?
17. Проективные методы. Построение проективной матрицы в методе проекции градиента.
18. Какие методы локальной оптимизации кажутся Вам наиболее перспективными в задачах поиска локально-оптимальных решений?
19. Модели и методы линейного программирования (ЛП) при решении экономико-математических задач.
20. Примеры и формы записи задач ЛП.
21. Сформулируйте алгоритм графического решения задач ЛП.
22. Двойственность задач линейного программирования, определения, пример.
23. Основное неравенство теории двойственности.
24. Теорема о существовании прямого и двойственного решений, теорема о дополняющей нежесткости.
25. Примеры использования теорем двойственности для построения оптимального решения задачи ЛП.
26. Аналитические методы оценки устойчивости решения задач ЛП.
27. Какие модели задач относят к линейному программированию.
28. Дать формулировку транспортной задачи.
29. Модификации задач ЛП, приведите примеры.
30. Продемонстрировать свойства области решений системы линейных неравенств на примере.
31. Перечислить возможные решения задачи линейного программирования в случае неограниченности множества допустимых решений. Привести примеры.
32. Чем отличается каноническая форма задачи ЛП от общей задачи ЛП?
33. Опорное решение задачи ЛП, базис опорного решения. В приведенном примере выписать опорные допустимые решения, их базисы. Какое решение называется опорным (базисным)?
34. Идея и решение задачи симплекс-методом. В чем суть основных этапов симплекс-метода?
35. Является ли симплекс-метод итерационным? Как строится начальное решение?
36. Схемы динамического программирования в задачах оптимального управления. Алгоритм. Особенности решения задач методом динамического программирования.

### Раздел 3.

***Основные математические методы принятия решений в условиях определенности и неопределенности. Многокритериальная оптимизация.***

1. Причины многокритериальности. Трудности принятия решений в условиях определенности с наличием нескольких критериев.
2. Векторный критерий.
3. Примеры многокритериальных задач.
4. Многокритериальный характер экономико-математических задач оптимизации, постановка задачи векторной оптимизации.
5. Сформулировать постановку задачи многокритериальной оптимизации, ее основные положения и методы.
6. Оптимальность по Парето, Парето-оптимальное множество, его определение и роль в принятии решений. Что такое область Парето. Множество Парето и множество эффективных оценок. Примеры.
7. Измерения предпочтений решений. Шкалы измерения предпочтений решений.
8. Формы свертки векторных критериев в один обобщенный компромиссный критерий. Коэффициенты важности в свертках.
9. Компромиссное решение и его свойства. Примеры. Является ли компромиссное решение инвариантным относительно исследователя?
10. Нормализация критериев. Цель, схема, примеры. В чем цель нормализации критериев? По какой схеме проводят нормализацию критериев?
11. Методы решения задач многокритериальной оптимизации.
12. Понятие эффективного и слабоэффективного решений. Привести примеры. Значимость принципа Парето.
13. В чем отличие эффективных решений многокритериальной задачи от слабоэффективных решений?
14. Чем отличается решение, полученное методом уступок от остальных решений из множества Парето?
15. В чем отличие эффективных решений многокритериальной задачи от слабоэффективных решений?
16. Схема решения многокритериальной задачи методом ограничений. Какая информация ЛППР используется при использовании этого метода?
17. Метод последовательных уступок. Алгоритм метода. Пример применения метода к решению задачи многокритериальной оптимизации выпуска продукции предприятием.
18. Точка утопии. Метод идеальной точки. Выбор парето-оптимального решения по отношению к точке утопии.
19. Принятие решений на основе метода анализа иерархий.
20. Метод анализа иерархий. Постановка задачи. Сформулируйте алгоритм/ построения модели для решения методом анализа иерархий. Пояснить на примере.

- 21.Метод анализа иерархий (МАИ). Основные понятия и этапы решения задачи выбора альтернативы.
22. Основные принципы метода анализа иерархий.
23. Метод парных сравнений в МАИ. Что такое матрицы попарных сравнений?
24. Декомпозиция в методе анализа иерархий.
- 25.Коэффициенты относительной важности и методы их вычисления.
26. Как рассчитать коэффициент согласованности матриц?
- 27.Шкала Саати, ее применение, привести пример.
- 28.Принятие оптимальных решений в условиях неопределенности.
- 29.Особенности решение задач оптимизации в условиях неопределенности.
- 30.Основные понятия теории игр.
- 31.Матричные игры и игры с природой, особенности постановки задачи и схема решения.
- 32.Сравнить критерии Вальда, Гурвица, Сэвиджа, их особенности
- 33.Совпадают ли наилучшие решения, принятые различными методами (Лапласа, Вальда, Сэвиджа, Гурвица)?
- 34.Какие вы знаете методы принятия решений в условиях полной неопределенности?
- 35.Что означает понятие природы и ее состояний?
- 36.Что показывает платежная матрица и как она строиться?
- 37.Что такое дерево решений

## **8.2. Примеры тем расчётно-графических работ для текущего контроля освоения дисциплины «Системы поддержки принятия решений»**

### **Раздел 2**

#### **Классическая теория оптимизации - теоретическая основа детерминированных методов принятия оптимальных решений**

Во время выполнения самостоятельных работ по темам раздела 2 студенты знакомятся с основными методами математического программирования. Анализируют поведение разных функций и траекторию поиска экстремума при различных модификациях исходных данных и применении разных методов детерминированных методов принятия решения.

Далее приводятся типовые задания для решения и программирования индивидуальных задач с использованием детерминированных методов оптимизации для функции 2-х переменных.

Студенты получают индивидуальные задания и заданную постановку задачи.

#### **Цель работ**

- Ознакомиться с алгоритмами методов нелинейного программирования,
- Решить задачу нахождения экстремума функции 2-х переменных аналитически, используя необходимые и достаточные условия экстремума, затем численно методами нелинейной многомерной локальной оптимизации. Методы указывает преподаватель.
- Решить задачи в среде EXCEL и используя возможности Matlab.
- Реализовать алгоритмы этих методов, т.е. разработать индивидуальные оригинальные программы для решения задачи поиска экстремума заданной функции.

## Типовые задания раздела 2

### *2-1. Задачи линейного программирования*

#### **Цель:**

Ознакомиться с методами оптимизации линейного программирования поиска (ЛП) условного экстремума.

Для определения минимума (максимума) заданной линейной функции реализовать поиск экстремума в соответствии с алгоритмами задач линейного программирования.

Обучающиеся получают индивидуальные задания.

#### *Типовые задания решения задач линейного программирования*

**В) Решить задачу линейного программирования (ЗЛП) графически и симплексным методом:**

$$\begin{aligned}
 f &= 5x_1 - 3x_2 \rightarrow \min \\
 2x_1 + 2x_2 &\geq 5 \\
 x_1 + 2x_2 &\leq 2 \\
 3x_1 - x_2 &\geq 6 \\
 x_j &\geq 0
 \end{aligned}$$

1. Для поиска минимума (максимума) заданной линейной функции реализовать поиск экстремума в соответствии с алгоритмами задач линейного программирования графического и симплекс-метода Данцинга.
2. Построить двойственную задачу.
3. Графически решить прямую и двойственную задачи ЛП.
4. Решить (одновременно) прямую и двойственную задачи ЛП симплекс-методом в программной системе Excel или Matlab.
5. Провести анализ устойчивости решения задачи ЛП при изменении свободных членов ограничений с пояснениями на графиках.
6. Сравнить результаты работы исследуемых алгоритмов.

***Вопросы, на которые нужно ответить при выполнении задания:***

- Какова связь между оптимальными решениями прямой и двойственной задач? Продемонстрировать ответ на этот вопрос на решенной задаче.
- Графическое решение. Как на графике определяется направление максимизации (минимизации) целевой функции?
- Для решения задачи ЛП, двойственной ей задачи симплекс-методом показать ход решения прямой задачи на ранее построенном графике.

#### **Г) Задача на составление рациона:**

Рацион для питания животных на ферме состоит из двух видов кормов I и II. Один килограмм корма I стоит 80 ден. ед. и содержит: 1 ед. жиров, 3 ед. белков, 1 ед. углеводов, 2 ед. нитратов. Один килограмм корма II стоит 10 ден. ед. и содержит 3 ед. жиров, 1 ед. белков, 8 ед. углеводов, 4 ед. нитратов.

*Требуется:*

- Для заданной в текстовом виде задачи составить экономико-математическую модель ЗЛП.
- Построить множество решений системы неравенств и найти угловые точки. Решить задачу геометрически и симплексным методом Данцинга.
- Составить наиболее дешевый рацион питания, обеспечивающий жиров не менее 6 ед., белков не менее 9 ед., углеводов не менее 8 ед., нитратов не более 16 ед.

#### **Д) Решить заданную задачу ЛП геометрически, предварительно приведя ее к стандартной форме.**

#### **Е) Задача.**

Для изготовления четырех видов продукции (А, Б, В, Г) используются три вида ресурсов (I, II, III). Другие условия задачи представлены в таблице.

*Требуется:*

- Определить план выпуска продукции, при котором прибыль от ее реализации будет максимальной.
- Сформулировать экономически, записать и решить двойственную задачу. Пояснить экономический смысл полученных объективно обусловленных оценок ресурсов.
- Найти интервалы устойчивости двойственных оценок по отношению к изменению запаса ресурсов каждого вида.
- Определить изменение максимальной прибыли от реализации продукции при увеличении запаса ресурса I на 40 ед., ресурса III — на 50 ед. и уменьшении запаса ресурса II на 30 ед. Оценить раздельное влияние этих изменений и суммарное влияние.
- Определить нормы заменяемости ресурсов.
- Сопоставить оценку затрат и прибыли по оптимальному плану и каждому виду продукции.

- Оценить целесообразность введения в план пятого вида продукции Д, нормы расхода сырья на единицу которого заданы и дана соответственно значение прибыли.

### **Ж) Задана транспортная задача.**

*Требуется:*

- составить экономико-математическую модель транспортной задачи;
- найти оптимальное распределение поставок и минимальные затраты на перевозку, выполнив первоначальное распределение поставок методом наименьших затрат;
- составить первоначальное распределение поставок методом "северо-западного" угла; сравнить полученное решение с решением, полученным методом наименьших затрат.

### ***Типовые задания решения задач целочисленного линейного программирования***

### **З) Задана целочисленная задача линейного программирования.**

*Требуется:*

- **Решить целочисленную задачу ЛП методом Гомори**, используя симплексный метод и для наглядности графический метод.
- Затем провести правильное отсечение для нахождения целочисленного решения задачи.
- Дать геометрическую интерпретацию процесса решений задач.

### **И) Задана целочисленная задача линейного программирования в текстовом виде.**

*Требуется:*

- Составить экономико-математическую модель для данной текстовой задачи.
- Решить целочисленную задачу линейного программирования **методом ветвей и границ**, используя симплексный метод и для наглядности графический метод.
- Ознакомиться с применением методов теории графов для нахождения целочисленного решения задачи.
- Дать геометрическую интерпретацию процесса решений задач.

### **К) Задана целочисленная задача линейного программирования.**

*Требуется:*

- Найти оптимальные решения задач целочисленного линейного программирования **методом Гомори и методом ветвей и границ**.

- Дать геометрическую интерпретацию процесса решений задач.

## **2-II. Нелинейное программирование**

### **А) Исследовать заданную функцию. Поиск безусловного экстремума.**

#### **Цель:**

- Ознакомиться с методами применения необходимых и достаточных условий существования экстремума функции 2-х переменных при решении задачи оптимизации без ограничений.
1. Для определения минимума (максимума) заданной нелинейной функции реализовать поиск экстремума в соответствии с алгоритмами задач нелинейного программирования при отсутствии ограничений.

Пример задания:

дана функции вида

$$F(\mathbf{X}) = a(x_1-b)^2 + c(x_2-d)^2$$

или другая функция двух или трех переменных (вариант вида функции задается).

*Требуется определить экстремум функции:*

- а) аналитически, используя необходимые и достаточные условия;
- б) численно методами поиска безусловного экстремума.

Вид методов поиска (нулевого, первого, второго порядка) соответствуют варианту задания.

Начало поиска: точка  $\mathbf{X}^{(0)} = [e, g]^T$ ;  $F(\mathbf{X}^{(0)})$ , заданная точность выхода из оптимизационной процедуры  $\varepsilon = 0,001$ .

В случае поиска по методу Нелдера и Мида задан многогранник, для функции 2-х переменных с тремя вершинами:  $\mathbf{X}_1^{(0)} = [e, g]^T$ ;  $\mathbf{X}_2^{(0)} = [h, j]^T$ ;  $\mathbf{X}_3^{(0)} = [k, s]^T$ ; коэффициенты отражения, сжатия и растяжения, заданная точность  $\varepsilon = 0,001$ .

### **Б) Поиск условного экстремума функции.**

#### **Цель:**

- Ознакомиться с методами применения необходимых и достаточных условий существования экстремума функции 2-х переменных при решении задачи оптимизации при наличии ограничений.
- Ознакомиться с численными методами оптимизации нелинейного программирования поиска условного экстремума.
- Для определения минимума (максимума) заданной нелинейной функции реализовать поиск экстремума в соответствии с алгоритмами задач нелинейного программирования при наличии ограничений.

*Задание:*

например, дана функции вида:

$$f(x) = x_1^2 - x_2 \rightarrow \min$$

и ограничение  $x_1^2 + x_2^2 \leq 1$   
(или ограничение в виде равенства, или смешанные ограничения в соответствии с вариантом).

*Требуется определить условный экстремум функции:*

- Решить задачу методом Лагранжа.
- Решить задачу численного нахождения условного экстремума функции 2-х переменных, например методами штрафных функций или барьерных поверхностей, полагая  $x = x_k$  при  $\|x_k - x_{k/2}\| \leq 0.05$  вычисления завершить при  $\|x_{k+1} - x_k\| \leq 0.01$ ,
- Реализовать алгоритмы этих методов, используя в качестве базисной процедуры поиска методы безусловной оптимизации из задания А).

### **Типовые задания Раздела 3**

***Основные математические методы принятия решений в условиях определенности и неопределенности. Многокритериальная оптимизация.***

#### **I. Решение задач многокритериальной оптимизации**

##### **I.A. Задана многокритериальная задача ЛП.**

*Требуется:*

Решить многокритериальную (двухкритериальную) задачу методом ограничений для задачи ЛП.

*Цель решения задачи:*

- выяснить - является ли полученное решение эффективным решением и почему;
- чем отличается полученное решение от прочих решений из множества Парето?

Решение сопроводить графической иллюстрацией.

Критерии **Z** и **F** считать неравноценными, полагая один из них более значимым критерием.

Двухкритериальная задача ЛП формируется следующим образом:

$$Z = (10 + a)x_1 + (10 + b)x_2 \rightarrow \max$$

**и**

$$F = (10 + b)x_1 - (10 + a)x_2 \rightarrow \min$$

Номер варианта задается преподавателем. Обозначим номер варианта как **ab** (например, пусть № = ab = 14, т.е. коэффициенты  $a=1$ ,  $b=4$ ), тогда целевые функции получаются в виде

$$Z = 11x_1 + 14x_2 \rightarrow \max$$

$$F = -14x_1 + 11x_2 \rightarrow \min$$



ограничения в задаче задаются преподавателем в соответствии с номером задания при  $b=4$ , например:

$$\begin{aligned} 5x_1 + 6x_2 &\geq 30 \\ 3x_1 - 2x_2 &\leq 24 \\ 4x_1 + 5x_2 &\leq 52 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

В итоге имеем следующую задачу двухкритериальной оптимизации:

$$\begin{aligned} Z &= 11x_1 + 14x_2 \rightarrow \max \\ F &= -14x_1 + 11x_2 \rightarrow \min \\ 5x_1 + 6x_2 &\geq 30 \\ 3x_1 - 2x_2 &\leq 24 \\ 4x_1 + 5x_2 &\leq 52 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

### **1.Б.Задана многокритериальная задача.**

*Цель решения задачи:*

- освоить методику построения множества Парето;
- ознакомиться с линейной сверткой частных критериев;
- изучить метод последовательных уступок считая, что критерии упорядочены по важности в последовательности  $\{f_1, f_2\}$ , и  $\Delta = 1$ ;
- изучить метод идеальной точки с равномерной метрикой.

*Задание:*

*Даны два варианта задачи многокритериальной оптимизации:*

*Пример 1*

$$\begin{aligned} f_1(x) &= 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max \\ f_2(x) &= -x_1 + 3x_2 \rightarrow \max \end{aligned} ; \text{ при ограничениях } \begin{cases} -3x_1 + 2x_2 \leq 6, \\ x_1 + 2x_2 \leq 14, \\ 2x_1 - x_2 \leq 8, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

*Пример 2*

$$\begin{aligned} f_1(x) &= 2x_1 - x_2 \rightarrow \max \\ f_2(x) &= -x_1 + x_2 \rightarrow \max \end{aligned} ; \text{ при ограничениях } \begin{cases} -x_1 + x_2 \leq 3, \\ x_1 - 2x_2 \leq 2, \\ x_1 + 2x_2 \leq 12, \\ x_1 \leq 6, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

*Требуется:*

1. Построить множество Парето для следующих двухкритериальных задач.
2. Найти решение задачи, используя методы многокритериальной оптимизации:
  - метод главного критерия

- метод, использующим аддитивную скаляризацию векторного критерия - линейную свертку критериев, при  $\alpha_1 = 4/9$ ,  $\alpha_2 = 5/9$ .
- метод, использующий максиминную свертку критериев, при  $\alpha_1 = 1/3$ ,  $\alpha_2 = 2/3$ .
- метод последовательных уступок считая, что критерии упорядочены по важности в последовательности  $\{f_1, f_2\}$ , и  $\Delta = 4$ .
- метод идеальной точки с равномерной метрикой пример 1; методом последовательных уступок – пример 2.

## II. Решение задач методом анализа иерархий Саати (МАИ)

*Цель:*

*Освоить методику решения задач выбора альтернативы методом анализа иерархий.*

*Требуется:*

Придумать задачу и решить ее методом анализа иерархий, определить наилучшую альтернативу.

## III. Решение задач динамического программирования

*Цель:*

Ознакомиться с методами решения задач динамического программирования.

*Задание:*

Дана текстовая задача на определение оптимальных сроков замены оборудования.

В условии задачи дано: первоначальная стоимость оборудования, его ликвидная стоимость, стоимость содержания в течение года оборудования возраста  $t$  лет, срок эксплуатации, в конце которого оборудование продается.

Критерий оптимальности — суммарные затраты на эксплуатацию оборудования в течение  $n$  лет с учетом первоначальной покупки и последующей продажи.

*Требуется:*

- Составить математическую модель задачи динамического программирования.
- Записать уравнения Беллмана.
- Решить задачу графически и определить оптимальные сроки замены оборудования.

## IV. Решение задач методами теории игр

*Цель:*

Ознакомиться с методами решения задач теории игр.

*Задание:*

Дана задача, заданная платежной матрицей.

*Требуется:*

- Определить нижнюю и верхнюю цену данной игры, заданной платежной матрицей.
- Проверить имеет ли данная игра седловую точку?

В таблице 5 представлены максимальные рейтинговые оценки за самостоятельное выполнение и защиту расчетных работ и программных реализаций методов и алгоритмов модулей 2 и 3, а также за подготовку к практическим занятиям и проработку теоретического материала модулей 1-3 дисциплины «Системы поддержки принятия решений».

Таблица 5.

**Разделы дисциплины «Системы поддержки принятия решений» в соответствии с рабочей программой дисциплины и рейтинговые оценки (модули 1-3)**

№	Раздел	Форма отчетности	Максимальный рейтинг (в баллах)
<b>Расчетные работы</b>			
<b>Программная реализация методов и алгоритмов</b>			
<b>Раздел 2. (29 баллов)</b>			
<i><b>Классическая теория оптимизации - теоретическая основа детерминированных методов принятия оптимальных решений</b></i>			
<b>1</b>	<b>Задачи нелинейного программирования</b>		<b>10</b>
1.1	Задачи поиска безусловного экстремума нелинейной функции	Расчетные работы. Защита работ.	5
1.2.	Методы поиска условного экстремума нелинейной функции	Расчетные работы. Защита работ.	5
<b>2</b>	<b>Задачи линейного программирования</b>		<b>15</b>
2.1	Задачи линейного программирования, особенности реализации, формы представления. Графический метод решения ЗЛП.	Расчетные работы. Защита работ.	1
2.2	Симплекс- метод Данцинга. Двойственность. Решение экономико-математических задач.	Расчетные работы. Защита работ.	6

2.3	Транспортные задачи.	Расчетная работа. Защита работы.	4
2.4	Задачи целочисленного линейного программирования.	Расчетные работы. Защита работ.	4
3	Задачи динамического программирования.	Расчетные работы. Защита работ.	4
<b>Раздел 3. (14 баллов)</b> <i>Основные математические методы принятия решений в условиях определенности и неопределенности. Многокритериальная оптимизация.</i>			
4	Задачи многокритериальной оптимизации	Расчетные работы. Защита работ.	<b>6</b>
5	Метод анализа иерархий	Расчетные работы. Защита работ.	<b>4</b>
6	Решение задач в условиях неопределенности. Теория игр.	Расчетные работы. Защита работ.	<b>4</b>
<b>Домашняя работа по проработке теоретического материала в соответствии с РПД.</b> <b>Самостоятельная подготовка к практическим занятиям.</b>			
<b>Раздел 1. (4 балла)</b> <b><i>Введение в теорию принятия решений</i></b>			
1	Введение в теорию принятия решений	Домашняя работа по проработке теоретического материала в соответствии с РПД.	<b>4</b>
<b>Раздел 2. (9 баллов)</b> <b><i>Классическая теория оптимизации - теоретическая основа детерминированных методов принятия оптимальных решений</i></b>			
2	<b>Задачи нелинейного программирования</b>		<b>4</b>
2.1	Методы поиска безусловного экстремума нелинейной функции	Подготовка к практическим занятиям	<b>2</b>
2.2	Методы поиска условного экстремума нелинейной функции.	Подготовка к практическим занятиям	<b>2</b>

3	<b>Задачи линейного программирования</b>		<b>4</b>
3.1	Линейное программирование. Графический метод решения ЗЛП. Симплекс- метод Данцинга. Двойственность. Решение экономико-математических задач.	Подготовка к практическим занятиям	2
3.2	Транспортные задачи.	Подготовка к практическим занятиям	1
3.3	Задачи целочисленного линейного программирования.	Подготовка к практическим занятиям	1
4	Задачи динамического программирования.	Подготовка к практическим занятиям	1
<p align="center"><b>Раздел 3. (4 балла)</b>  <b>Основные математические методы принятия решений в условиях определенности и неопределенности.</b>  <b>Многокритериальная оптимизация.</b></p>			
5	Задачи многокритериальной оптимизации	Подготовка к практическим занятиям	2
6	Метод анализа иерархий	Подготовка к практическим занятиям	1
7	Решение задач в условиях неопределенности. Теория игр.	Подготовка к практическим занятиям	1
<b>Суммарная оценка за текущую работу в семестре</b>			<b>60</b>
	<b>Экзамен</b>	Устное собеседование по теоретическим вопросам экзаменационного билета.	40
	<b>ВСЕГО</b>		<b>100</b>

### 8.3. Структура и пример экзаменационного билета.

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме устного итогового экзамена по дисциплине, включающего контрольные теоретические вопросы по материалу разделов 1, 2 и 3.

Экзамен по дисциплине «Системы поддержки принятия решений» включает контрольные вопросы по трем разделам. Экзаменационный билет состоит из 3 вопросов, относящихся к разным разделам курса. Все три вопроса билета предусматривают развернутые ответы студента по достаточно объемной тематике.

Ответы на вопросы экзаменационного билета оцениваются из 40 баллов (максимальная оценка) следующим образом: один вопрос – максимально 14 баллов, два других вопроса – максимально 13 баллов. Общая оценка экзамена складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на экзамене. *Максимальная оценка экзамена – 40 баллов.*

<p><i>«Утверждаю»</i> Зав кафедрой ИКТ Кольцова Э.М.</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра информационных компьютерных технологий</b>
	<b>Направление 09.04.02 Информационные системы и технологии</b>
	<b>Магистерская программа «Информационные технологии для цифрового проектирования»</b>
<b>Дисциплина</b>	
<b>«Системы поддержки принятия решений»</b>	
<b>Билет № 1</b>	
<p>1. Детерминированные методы поиска экстремума многомерной функции. Постановка задачи. Основная формула итерационного поиска. Классификация методов, их достоинства и недостатки</p> <p>2. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования.</p> <p>3. Постановка задачи многокритериальной оптимизации. Основные понятия и определения векторной оптимизации. Оптимальность по Парето.</p>	

#### **8.4. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Экзамен)**

##### ***1. Основные понятия линейного программирования и теоретические основы методов линейного программирования.***

- 1) Общая задача линейного программирования (ЛП). Основные понятия, положения, определения и терминология. Формулировка основной задачи линейного программирования.
- 2) Классификация и примеры задач линейного программирования. Формы записи задач линейного программирования и способы приведения к ним. Каноническая форма задач ЛП. Стандартная форма задачи ЛП.

- 3) Практические экономико-математические задачи ЛП. Задача о смеси. Об оптимальном раскрое материалов. Задачи о размещении оборудования. Планирование производства и перевозок.
- 4) Элементы линейной алгебры и геометрии выпуклых множеств. Система  $m$  линейных уравнений с переменными.
- 5) Выпуклые множества точек в  $n$ -мерном пространстве. Геометрический смысл решений неравенств, уравнений и систем.

## **2. Основные методы решения задач линейного программирования**

- 3) Геометрическое представление задачи линейного программирования.
- 4) Свойства задач ЛП.
- 5) Допустимая область. Выделение вершин допустимого множества.
- 6) Методы решения задач ЛП.
- 7) Графический метод решения задач ЛП.
- 8) Графический метод стандартной задачи ЛП с одной, с двумя и тремя переменными. Графический метод решения основной задачи ЛП.
- 9) Графический анализ устойчивости. Переход от графического решения задачи ЛП к алгебраическому методу
- 10) Теоретические основы алгебраического решения задач линейного программирования.
- 11) Симплекс-метод Данцинга решения задач линейного программирования.
- 12) Характеристика симплекс-метода.
- 13) Итерационная природа симплекс-метода и его геометрическая интерпретация.
- 14) Определение первоначального допустимого базисного решения.
- 15) Критерий оптимальности допустимого плана в симплекс-методе.
- 16) Переход от одного базисного решения к другому.
- 17) Признак оптимальности.
- 18) Основные этапы и алгоритм симплекс-метода для канонической задачи ЛП. Симплексные таблицы.
- 19) Единственность оптимального решения.
- 20) Бесконечное множество решений (альтернативный оптимум)
- 21) Отсутствие конечного оптимума.
- 22) Вырожденность оптимального решения.
- 23) Отсутствие оптимального решения.

- 24) Анализ устойчивости решения.
- 25) Метод искусственного базиса (М-метод) и его алгоритм.
- 26) Применение ЭВМ для решения задач математического программирования. Стандартные пакеты прикладных программ. Сценарий решения задач линейного программирования в Excel и MathLab.

### **3. Общие методы линейного программирования, основанные на принципе двойственности**

- 27) Основы теории двойственности. Постановка вопроса. Определение двойственной задачи ЛП.
- 28) Математические модели двойственных задач. Двойственная задача для стандартной и канонической задачи.
- 29) Критерии оптимальности. Геометрическая интерпретация двойственных задач ЛП.
- 30) Основные теоремы двойственности. Соотношение между оптимальными решениями прямой и двойственной задачи.
  - 1) Экономический анализ и интерпретация объективно обусловленных оценок в задачах ЛП с использованием теории двойственности. Устойчивость двойственных оценок и их экономическая интерпретация.
  - 2) Двойственный симплекс-метод.

### **4. Транспортные задачи**

- 1) Математическая модель транспортной задачи.
- 2) Методы решения транспортных задач (ТЗ). Постановка задачи и стратегия решения ТЗ.
- 3) Методы нахождения начального опорного плана перевозок.
- 4) Итерационный алгоритм решения ТЗ.
- 5) Критерий оптимальности базисного распределения поставок.
- 6) Распределительный метод решения транспортной задачи.
- 7) Методы решения ТЗ ЛП: потенциалов, северо-западного угла, минимальной стоимости, метод Фогеля.
- 8) Открытая и закрытая модели транспортной задачи.
- 9) Транспортная задача с промежуточными пунктами.
- 10) Транспортная задача по критерию времени.

### **5. Задачи целочисленного линейного программирования**

- 1) Примеры задач целочисленного линейного программирования.
- 2) Примеры целочисленных математически-экономических задач. Задача с постоянными элементами затрат. Задача планирования производственной линии. Задача о рюкзаке. Задача оптимального выбора на множестве взаимозависимых альтернатив.
- 3) Постановка задачи целочисленного линейного программирования.



- 4) Методы решения задач целочисленного линейного целочисленного программирования (ЗЦЛП).
- 5) Методы решения: метод отсекающих плоскостей - метод Гомори; метод ветвей и границ.

### ***6. Модели нелинейного программирования***

- 1) Необходимые и достаточные условия существования безусловного экстремума.
- 2) Необходимые и достаточные условия существования условного экстремума. Теория множителей Лагранжа и ее приложение. Задача Лагранжа.
- 3) Постановка задач нелинейного программирования. Классификация экстремальных задач без ограничений.
- 4) Эффективные алгоритмы одномерного поиска.
- 5) Квадратичное программирование.
- 6) Многомерный поиск безусловного минимума.
- 7) Методы нулевого порядка.
- 8) Методы "спуска". Методы первого порядка.
- 9) Методы квазиньютоновские.
- 10) Методы второго порядка.
- 11) Методы случайного поиска многомерного экстремума.
- 12) Задачи на экстремум при наличии ограничений. Ограничения в виде равенств.
- 13) Условный экстремум. Принципы построения численных методов поиска условного экстремума.
- 14) Основные численные методы поиска многомерного локального экстремума при наличии ограничений.
- 15) Методы штрафных функций.
- 16) Проективные методы.
- 17) Метод скользящего допуска.

### ***7. Динамическое программирование***

- 1) Постановка задачи ДП. Основные понятия.
- 2) Рекуррентная природа вычислений в ДП. Математическое описание, функциональное уравнение Беллмана.
- 3) Общая процедура и алгоритм решения методом динамического программирования.
- 4) Экономические задачи, решаемые методом ДП.

### ***8. Многокритериальные задачи принятия оптимальных решений***

- 1) Многокритериальные задачи. Примеры многокритериальности в экономике.

- 2) Постановка задачи многокритериальной (векторной) оптимизации. Область работоспособности. Критериальное пространство.
- 3) Проблемы решения задач многокритериальной оптимизации. Нормализация критериев. Учёт приоритета критериев.
- 4) Построение множества Парето. Множество Эджворта-Парето. Оптимальность и отношение доминирования по Парето. Решения доминируемые и недоминируемые. Область согласия. Компромиссная кривая (фронт Парето).
- 5) Методы сужения парето-оптимальных решений. Методы замены векторного критерия скалярным критерием.
- 6) Ранжирование частных критериев. Выбор наиболее предпочтительной альтернативы.
- 7) Шкалы измерения предпочтений решений.
- 8) Проблемы и сложности построения обобщённого критерия для векторных задач оптимизации.
- 9) Аддитивный и мультипликативный критерии оптимальности. Максимальная свертка.
- 10) Метод взвешенной суммы частных критериев. Метод "идеальной" точки.
- 11) Методы последовательной оптимизации.
- 12) Метод последовательных уступок.
- 13) Лексикографический критерий. Метод главного критерия.
- 14) Метод равенства частных критериев.
- 15) Методы оценки и сравнения многокритериальных альтернатив в условиях определенности. Многокритериальная теория полезности (MAUT).
- 16) Методы ELECTRE ранжирования многокритериальных альтернатив. Основные этапы в методах ELECTRE.
- 17) Шкала измерения предпочтений решений Саати. Подход аналитической иерархии. Основные этапы подхода. Иерархии и приоритеты. Метод анализа иерархий (МАИ). Построение иерархии "цель – критерии - альтернативы". Согласованность иерархии.

***9. Основные математические методы в условиях неопределенности, риска, конфликта. Элементы теории игр.***

- 1) Принятие решений в условиях неопределенности.
- 2) Характеристика видов неопределенности. Принципы оптимальности, модели, правила и методы принятия оптимальных решений в условиях неопределенности информации.
- 3) Критерий Лапласа, критерий Сэвиджа, критерий Гурвица, минимаксный критерий.
- 4) Постановка задачи, основные понятия, определения теории игр, классификация игровых задач, основные методы.

***10. Современные способы и средства принятия решений***

Современные способы и средства принятия решений. Человеко-машинные способы принятия решений. Рекомендации по выбору методов, используемых для принятия оптимальных решений

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

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А) Основная литература:**

- 1.Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах: учеб пособие. – 2-е изд., испр. – Спб.: Лань, - 352 с.
- 2.Быков, В. И. Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов [Текст]: учебное пособие / В. И. Быков, В. М. Журавлёв. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. - 307 с.
- 3.Ветцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология, М: - КноРус, 2010, 192 с.

#### **Б) Дополнительная литература:**

4. Исследование операций в экономике: Учебное пособие для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко, И.М. Тришин, М.Н. Фридман; под ред. профессора Н.Ш. Кремера -3-изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт , 2013. – 438 с.
5. Красс М.С., Чупрынов Б.П. Математические методы и модели для магистрантов экономики: учеб. пособие. 2-е изд., доп. – СПб.: Питер, 2010. – 496 с.: ил.
6. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах. Учебник для студентов вузов.– Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Университетская книга: Логос, 2008. – 296 с.
7. Лотов В.А. Многокритериальные задачи принятия решений: учебное пособие / В.А. Лотов, И.И. Поспелова – М.: МАКС Пресс, 2008. – 197 с.
9. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде. Количественный подход.– 2-е изд., исп., доп. - М.: Физматлит, 2005.- 176 с.
10. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций / Таха, Хемди А. ; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912с.

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

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

Научно-технические журналы:

- – Евразийский научный журнал (раздел «Экономика»);
- – «Алгебра и логика»;
- – «Вопросы экономики»;

- – «Вычислительной математики и математической физики»;
- – «Вычислительные технологии»;
- – Информатика и ее применения. ISSN: 1992-2264
- - «Информационные процессы»;
- – «Искусственный интеллект и принятие решений»;
- – «Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии»;
- - «Математическое моделирование»;
- -« Математическая теория игр и её приложения»;
- – – «Моделирование и анализ информационных систем»;
- – «Нечёткие системы и мягкие вычисления»;
- – «Прикладная эконометрика»;
- – «Проблемы анализа риска»;
- – «Программирование»;
- – «Сибирский журнал вычислительной математики»;
- - «Системы и средства информатики»;
- – «Теоретическая экономика»[1](#);
- – «Экономика и математические методы» ;
- - Реферативный журнал «Информатика» (РЖ ВИНТИ РАН)

### 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 9, (общее число слайдов > 230);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 70);
- банк вопросов и тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 30);
- Высокоуровневый язык технических расчетов, интерактивная среда разработки алгоритмов и современный инструмент анализа данных - среда Matlab;
- Компьютерная пакет моделирующей программы UniSim Design;
- Рассматриваются вопросы поддержки решения экономико-математических задач в среде MS Excel;
- Интегрированные среды разработки приложений: Delphi, C#, C++.

При использования электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (ЭО и ДОТ) при реализации основных профессиональных образовательных программ, предусмотрено использование следующих средств обеспечения освоения дисциплины: чтение лекций, проведение семинаров и консультация студентов с помощью проведения вебинаров на платформе «Discord», работа на платформе «ЭИОС

РХТУ», работа по e-mail, работа в социальной сети «ВКонтакте», работа в мессенджерах WhatsApp, 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 01.01.2024 составляет 1715452 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.

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

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Системы поддержки принятия решений» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

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

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер, проектор, экран) и учебной мебелью; рабочие места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в сеть Интернет.

На кафедре информационных компьютерных технологий имеется 3 компьютерных класса в составе 20+16+16 персональных компьютеров с выходом в сеть Интернет.

На кафедре также имеются ноутбук, проектор и экран для демонстрации презентационных материалов лекций.

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 материалы по курсу лекций.

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

Персональные компьютеры, с установленными операционными системами Linux или Windows 7, 8, 10; проекторы и экраны; локальная сеть с выходом в Интернет.

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

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; кафедральные библиотеки электронных изданий.

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

№ 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 Номер лицензии ICM- 170298	Неограниченно	бессрочно
2.	Интернет-браузер Firefox	Бесплатный	Неограниченно	бессрочно
3.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62- 64ЭА/2013 MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477	бессрочная	Microsoft Office Standard 2013

4.	Пакет лицензий на программное обеспечение (неисключительные права на программу для ЭВМ) MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Государственный контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10, Акт № Tr048787, накладная № Tr048787 от 20.12.10	бессрочная	Пакет лицензий на программное обеспечение (неисключительные права на программу для ЭВМ) MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)
5.	Кроссплатформенное приложение Eclipse	Свободное программное обеспечение	бессрочная	Кроссплатформенное приложение Eclipse

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p style="text-align: center;"><b>Раздел 1.</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Введение в теорию принятия решений.</b></p>	<p><b>Знает</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ объекты, предметы, цели, задачи; направления, основные понятия, математический аппарат, модели, методы, этапы процесса принятия решения и основы методологии теории принятия оптимальных решений в экономике, в том числе в условиях неопределенности, сложной и противоречивой информации, в условиях риска или конфликта;</li> <li>○ тенденции и перспективы развития современных принципов математических методов принятия оптимальных решений в экономике.</li> </ul>	<p>1. Оценка проработку теоретического лекционного материала</p> <p>2. Оценка за экзамен</p>

	<p><b>Умеет</b>  формулировать постановку задачи выбора оптимального принятия наиболее рационального решения в терминах математического программирования, экономико-математических методов и теории принятия решений, пользоваться современной специальной литературой.</p> <p><b>Владеет</b>  навыками постановки задачи, алгоритмизации и программирования при решении задач с использованием экономико-математических методов, методов математического программирования и алгоритмов теории принятия оптимальных решения.</p>	
<p><b>Раздел 2.</b>  <b>Классическая теория оптимизации - теоретическая основа детерминированных методов принятия оптимальных решений.</b></p>	<p><b>Знает</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ объекты, предметы, цели, задачи; направления, основные понятия, математический аппарат, модели, методы, этапы процесса принятия решения и основы методологии теории принятия оптимальных решений в экономике;</li> <li>○ основные особенности математических моделей и методов современной теории систем и теории принятия решений в экономике;</li> <li>○ тенденции и перспективы развития современных принципов математических методов принятия оптимальных решений в</li> </ul>	<p>1.Оценка за работу на практических занятиях</p> <p>2.Оценка за экзамен</p>



	экономике.	
	<p><b>Умеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ формулировать постановку задачи выбора оптимального принятия наиболее рационального решения в терминах математического программирования, экономико-математических методов и теории принятия решений, пользоваться современной специальной литературой;</li> <li>○ выбирать эффективные модели и методы для решения прикладных задач;</li> <li>○ обоснованно применять изученные детерминированные методы теории принятия оптимальных решений при решении практических задач с использованием комплексной методики экономико-математических методов и теории оптимальных принятия решений.</li> </ul>	
	<p><b>Владеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ математическим аппаратом детерминированных методов принятия решений программирования для решения задач в области информационных систем и технологий в сфере решения детерминированных задач оптимизации;</li> <li>○ навыками постановки задачи, алгоритмизации и программирования при решении задач с</li> </ul>	

	использованием экономико-математических методов, методов математического программирования и алгоритмов теории принятия оптимальных решения.	
<b>Раздел 3.</b>  <b>Основные математические методы принятия решений в условиях определенности и неопределенности. Многокритериальная оптимизация</b>	<b>Знает</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ объекты, предметы, цели, задачи; направления, основные понятия, математический аппарат, модели, методы, этапы процесса принятия решения и основы методологии теории принятия оптимальных решений в экономике;</li> <li>○ основные особенности математических моделей и методов современной теории систем и теории принятия решений в экономике в условиях неопределенности;</li> <li>○ тенденции и перспективы развития современных принципов математических методов принятия оптимальных решений в экономике.</li> </ul>	1. Оценка за работу на практических занятиях  2. Оценка за экзамен
	<b>Умеет</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ формулировать постановку задачи выбора оптимального принятия наиболее рационального решения в терминах многокритериальной оптимизации, теории игр, экономико-математических методов и теории принятия решений, пользоваться современной специальной литературой;</li> <li>○ выбирать эффективные модели и методы для</li> </ul>	

	<p>решения прикладных задач в условиях многокритериальности или неопределенности, или конфликта и риска;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ обоснованно применять изученные методы теории принятия оптимальных решений при решении практических задач с использованием комплексной методики экономико-математических методов и теории оптимальных принятия решений в условиях неопределенности</li> </ul> <p><b>Владеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ математическим аппаратом методов принятия решений программирования для решения задач в области информационных систем и технологий в сфере решения задач оптимизации в условиях многокритериальности, неопределенности, конфликта и риска;</li> <li>○ навыками постановки задачи, алгоритмизации и программирования при решении задач с использованием экономико-математических методов, методов программирования и алгоритмов теории принятия оптимальных решения в условиях многокритериальности и неопределенности.</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 высшего образования – 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 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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 дисциплины  
«Системы поддержки принятия решений»  
основной образовательной программы магистратуры**

09.04.02 Информационные системы и технологии  
Магистерская программа  
«Информационные технологии для цифрового проектирования»  
Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		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»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Современные системы автоматизированного проектирования»**

**Направление подготовки**

**09.04.02 Информационные системы и технологии**

**Магистерская программа**

**«Информационные технологии для цифрового проектирования»**

**Квалификация «магистр»**

**Москва 2025**

Программа составлена к.т.н, доцентом кафедры информационных компьютерных технологий В.А. Василенко

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д.И. Менделеева

---

(Наименование кафедры)

«13» мая 2025 г., протокол №17.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратуры по направлению подготовки **09.04.02 – Информационные системы и технологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Информационных компьютерных технологий** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Современные системы автоматизированного проектирования»** относится к вариативной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области начертательной геометрии, инженерной графики, программирование на языках различного уровня.

**Цель дисциплины** – формирование профессиональных компетенций, а также формирование студентами навыков практической разработки, визуализации и применения моделей, методов и средств автоматизации проектирования технологических процессов и технических объектов в программном комплексе САПР SolidWorks.

### **Задачи дисциплины:**

- ознакомление с современными средствами информационных технологий при проектировании и производстве технологических объектов и изделий.
- приобретение навыков работы по адаптивному и параметрическому моделированию, разработке трёхмерных объектов в программном комплексе САПР SolidWorks;
- формирование практических навыков создания трёхмерных моделей сборки деталей и создание чертежей и иной конструкторской документации на основе цифровых прототипов;
- формирование практических навыков инженерных расчетов механики и гидродинамики с помощью прикладных модулей SolidWorks Simulation, Flow Simulation;
- приобретение практических навыков в подготовке и печати моделей на 3D принтере.

Дисциплина **«Современные системы автоматизированного проектирования»** преподается в 3 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 выпускников 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 критический анализ проблемных ситуаций на основе	УК-1.1. Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для



	системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<p>выявления и решения проблемной ситуации.</p> <p>УК-1.2.</p> <p>Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации.</p> <p>УК-1.3.</p> <p>Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.</p>
--	---	--

**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>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>				
Менеджмент проектов в области информационных технологий (планирование, организация исполнения, контроль и анализ отклонений) для эффективного достижения целей проекта	Проекты в области информационных технологий	ПК-2. Способность выполнять управление проектами в области информационных технологий любого масштаба в условиях неопределенности.	<p>ПК-2.1 Знает основы конфигурационного управления; методы функционального аудита конфигурации информационных систем.</p> <p>ПК-2.2 Умеет планировать работы в проекте в области информационных технологий.</p> <p>ПК-2.3 Владеет управлением сборки программных базовых элементов конфигурации информационных</p>	<p>Сферы деятельности ФГОС ВО в областях: 06. Связь, информационные и коммуникационные технологии 06.016</p> <p>Профессиональный стандарт «Руководитель проектов в области информационных технологий», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от</p>

			х систем; навыками разработки плана конфигурацион ного управления.	27 апреля 2023 г. № 369н Обобщенная трудовая функция В. Управление проектами в области ИТ малого и среднего уровня сложности в условиях неопределеннос тей, порождаемых запросами на изменения, с применением формальных инструментов управления рисками и проблемами проекта (уровень квалификации – 7).
Разработка, восстановление и сопровождение требований к программному обеспечению, продукту, средству, программно- аппаратному комплексу, автоматизирован ной информационно й системе или автоматизирован ной системе управления на протяжении их жизненного цикла	Проекты в области информацион ных технологий	ПК-4. Способность выполнять непосредствен ное руководство процессами разработки программного.	ПК-4.1 Знает методологии и средства проектирования программного обеспечения. ПК-4.2 Умеет применять методологии и средства проектирования программного обеспечения, применять принципы построения архитектуры программного обеспечения. ПК-4.3 Владеет методами и средствами проектирования программного обеспечения.	Сферы деятельности ФГОС ВО в областях: 06. Связь, информационн ые и коммуникацион ные технологии 06.017 Профессиональ ный стандарт «Руководитель разработки программного обеспечения», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от

				20 июля 2022 г. № 423н Обобщенная трудовая функция А. Руководство процессами разработки компьютерного программного обеспечения (уровень квалификации – б).
--	--	--	--	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

*Знать:*

- современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;
- назначение и возможности современных программных комплексов систем автоматизированного проектирования;
- основные типы данных, методы и интерфейсы, используемые для создания, отображения или модификации геометрических моделей;
- средства хранения и визуализации геометрической информации.

*Уметь:*

- применять на практике современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;
- уверенно работать с пользовательским интерфейсом, настройками программ САПР;
- составлять документацию на основе цифровых прототипов, создавать чертежи и спецификации согласно ГОСТ;
- проводить инженерные расчёты и анализ средствами САПР.

*Владеть:*

- основными функциями и параметрами систем автоматизированного проектирования (SolidWorks или его аналогов);
- методами создания объектов машиностроительного проектирования;
- методами адаптивного и параметрического моделирования;
- навыками для работы со сборочными единицами;
- навыками печати на 3D принтере.

### 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>1,9</b>	<b>68</b>	<b>51</b>
Лекции	0,47	17	12,75

Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0,96	34	25,5
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,1</b>	<b>76</b>	<b>57</b>
Контактная самостоятельная работа (АттК из УП для зач / зач с оц.)	2,1	0,4	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины (или другие виды самостоятельной работы)		75,6	56,85
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек-ции	Лабо- раторные работы	Практи- ческие (семинары) занятия	Самостоя- тельная работа
<b>1</b>	<b>Раздел 1. 3D проектирование в среде SolidWorks</b>	<b>34</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>17</b>
1.1	Введение. Цифровые инструменты и сквозные технологии в химии и химической технологии.	6	1	0	0	5
1.2	Знакомство с интерфейсом пользователя программы SolidWorks. Настройка панелей инструментов.	4	1	0	0	3
1.3	Создание твёрдотельных моделей. Адаптивное и параметрическое моделирование. Создание сборочных единиц.	10	1	4	2	3
1.4	Проектирование деталей сложных пространственных форм.	5	1	2	1	3
1.5	Оформление конструкторской документации по ЕСКД в системе SolidWorks.	7	1	2	1	3
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Инженерные расчеты в Solidworks Simulation</b>	<b>47</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>24</b>
2.1	Введение в линейный статический анализ. Понятие о механическом напряжении, перемещении и деформации.	4	1	0	0	2
2.2	Применение методов конечных элементов в решении задач механики.	13	1	0	0	5
2.3	Введение в SolidWorks Simulation.	3	1	0	0	2
2.4	Решение задач механики. Проведение расчетов конструкций на прочность, усталость, устойчивость, термоупругость.	27	2	12	6	15
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Инженерные расчеты в Solidworks FlowSimulation</b>	<b>53</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>30</b>
3.1	Применение методов вычислительной гидродинамики в задачах имитационного моделирования течения жидкостей и газа.	6	1	0	0	5

3.2	Назначение пакета SolidWorks Flow Simulation и его возможности. Внутренние и внешние задачи. Создание проекта.	19	2	4	0	10
3.3	Решение задач теплопередачи, аэро- и гидродинамики.	28	2	8	6	15
4	<b>Раздел 4. Печать на 3D принтере</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
4.1	Основы и технологии 3D-печати.	3	1	0	0	2
4.2	Вывод на печать 3D-модели	7	1	2	1	3
	<b>Всего часов.</b>	<b>144</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>76</b>

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### *Раздел 1. 3D проектирование в среде SolidWorks*

1.1 Введение. Цифровые инструменты и сквозные технологии в химии и химической технологии.

Рассматриваются основные сквозные технологии на примере решений конкретных прикладных задач для химической отрасли.

1.2 Знакомство с интерфейсом пользователя программы SolidWorks. Настройка панелей инструментов. Создание эскизов.

Меню программы SolidWorks. Настройка панелей инструментов программы. Дерево истории создания модели. Рабочая область программы. Настройка менеджера команд и панели видов программы SolidWorks. Управление видами в программе SolidWorks. Создание горячих клавиш.

Команды для построения объектов в режиме редактирования эскизов. Построение и редактирование эскизов. Плоскости построения эскизов. Наложение параметрических и размерных зависимостей в эскизе. Виды зависимостей между различными элементами эскиза. Зеркальное отображение, массивы, поворот-перенос элементов эскиза.

1.3 Создание твёрдотельных моделей

Создание справочной геометрии: точек, осей, плоскостей, систем координат. Управление видимостью примечаний и справочной геометрии. Отображение примечаний. Настройка отображения справочных элементов.

Использование эскиза для создания твёрдых тел. Требования к эскизу. Методы создания элементов деталей: метод выдавливания, метод поворота, метод сдвига, метод по сечениям. Граничные условия, настройки, свойства инструментов.

Создание отверстий под крепёж, вырезов, фасок и скруглений. Инструмент создания отверстий под крепёж. Панели инструментов: «Элементы - Вытянутый/Повёрнутый вырез», «Элементы - Вырез по траектории», «Элементы - Вырез по сечениям», «Элементы – Фаска», «Элементы – Скругление». Свойства инструментов, граничные условия.

Инструменты: «Линейный массив», «Круговой массив». Зеркальное отображение элементов.

Создание различных машиностроительных элементов. Оптимизация создания машиностроительных элементов.

Основные принципы параметрического проектирования. Типы взаимосвязей между различными объектами. Составные части параметрической модели. Основы редактирования параметрических моделей в Autodesk Inventor

Основные понятия адаптивного моделирования. Создание адаптивных деталей по ссылочной геометрии. Назначение свойств адаптивности элементам с геометрическими зависимостями. Адаптивные сборки

Уравнения и параметры в параметрическом моделировании. Использование уравнений в среде детали. Использование уравнений в среде сборки. Использование Microsoft Excel в работе с параметрами.

Создание сборочных единиц. Моделирование снизу вверх. Вставка готовых деталей в сборку. Перемещение и вращение незафиксированных деталей сборки. Способы создания фиксации и сопряжений. Стандартные сопряжения.

#### 1.4 Проектирование деталей сложных пространственных форм

Способы создания многоугольного объекта: добавления тела, удаление тела, пересечения тел, комбинированные способы

Проектирование деталей сложных пространственных форм. Создание трехмерного эскиза. Создание кривых: «Объединенная», «По точкам XYZ», «По справочным точкам», «Спроецированная», «Геликоид» и «Спираль», «Линия разъема». Создание элементов методами «по сечениям», «по траектории». Создание скруглений переменного радиуса, скруглений граней. Создание сложных пространственных элементов: «Купол», «Деформация», «Гибкие».

Инструменты анализа и диагностики геометрии: «Датчик», «Проверить», «проверка геометрии», «статистика элемента», «анализ уклона», «анализ кривизны», «анализ отклонения», «черно-белые полосы».

#### 1.5 Оформление конструкторской документации по ЕСКД в системе SolidWorks.

Создание видов в документе чертежа: основных, проекционных, дополнительных, местных видов. Создание разрезов/выровненных разрезов. Создание линии разрыва.

Автоматическое нанесение размеров. Настройка отображения выносных и размерных линий, стрелок размеров. Настройка отображения текста размера.

Создание примечаний в чертеже. Панель инструментов примечаний. Создание и редактирование заметок. Создание связанных заметок. Массивы заметок. Обозначение шероховатости поверхности. Обозначение сварного шва. Условное обозначение отверстия. Создание других примечаний.

Создание и редактирование таблиц в чертежах. Размещение таблиц параметров(исполнений). Настройка таблиц параметров. Создание таблиц спецификаций.

Настройки документа. Создание и редактирование основной надписи. Создание шаблонов SolidWorks. Настройки документа чертежа. Способы вывода на печать чертежа.

## ***Раздел 2. Инженерные расчеты в Solidworks Simulation***

2.1 Введение в линейный статический анализ. Понятие о механическом напряжении, перемещении и деформации.

2.2 Применение методов конечных элементов в решении задач механики.

2.3 Введение в систему SolidWorks Simulation

Назначение пакета и его возможности. Задание материалов. Задание нагрузки и ограничений. Создание начальной сетки и её настройки.

2.4 Решение задач механики. Проведение расчетов конструкций на прочность, усталость, устойчивость, термоупругость.

Прочностной анализ детали методом конечных элементов. Исходные данные для анализа. Выполнение расчёта. Анализ и оптимизация полученных результатов.

Построение диаграммы свинчивания резьбовых соединений труб. Расчет контактных напряжений, крутящего момента. Исследование отклика соединения на изменение крутящего момента.

Прочностной расчет сосудов давления. Расчет нагрузок, напряжений и деформаций.

Расчет конструкций. Малые и большие перемещения. Неравномерная нагрузка. Анализ собственных частот. Тепловой и термоупругий анализы. Тест на падение конструкции. Расчёт на усталость.

Расчет тонкостенной стойки. Получение эпюр потери устойчивости.

Просмотр и анализ результатов.

Параметрическая и топологическая оптимизация моделей.

### ***Раздел 3. Инженерные расчеты в Solidworks Flow Simulation***

3.1 Применение методов вычислительной гидродинамики в задачах имитационного моделирования течения жидкостей и газа.

3.2 Назначение пакета SolidWorks Flow Simulation и его возможности. Внутренние и внешние задачи. Создание проекта.

Задание начальных и граничных условий расчёта. Входные параметры – скорость, число Маха, давление (статическое, полное, окружающей среды), массовый и объемный расходы, температура, концентрация компонентов, параметры турбулентности, расходно-напорные характеристики виртуальных вентиляторов. Задание различных типов стенок, включая шероховатые и подвижные. Определение источников тепла (объемных и поверхностных), виртуальных тепловентиляторов.

Настройка расчётной сетки. Генерация расчетной сетки непосредственно по модели SolidWorks. Автоматическое создание расчетной области и генерация сетки в твердых телах и в текучей среде. Автоматическая адаптация сетки в зависимости от геометрических характеристик модели и поля решения.

#### **3.3 Решение задач теплопередачи, аэро- и гидродинамики**

Решение задач: расчет ламинарных и турбулентных течений: расчет одно- и многокомпонентного течения жидкости или газа без химического взаимодействия и разделения фаз в трубопроводах. Совместный расчет течения жидкости или газа и теплопередачи внутри твердых тел и текучей среды без наличия границы раздела газ-жидкость. Расчет течения в пористых средах с учетом теплопроводности среды и теплоотдачи в нее. Расчет траекторий и температур твердых частиц или капель в потоке.

Определение гидравлических потерь, определение коэффициентов сопротивления объектов.

Расчет конвективного теплообмена; свободной, вынужденной или смешанной конвекции. Определение коэффициентов теплообмена.

Решение задач с вращающейся системой координат. Изучение потока в реакторах с перемешивающим устройством.

Способы отображения результатов, в том числе анимация нестационарных результатов.

### ***Раздел 4. Печать на 3D принтере***

#### **4.1 Основы печати. Требования к моделям. Печать 3D модели**

Основы 3D-печати. Технологии 3D-печати: лазерная (стереолитография, сплавление, ламинирование), струйная (застывание, склеивание, спекание). Материалы для 3D-печати. Виды 3D-принтеров. Технология быстрого прототипирования Replicating Rapid Prototyper (RepRap). Область применения 3D-печати.

Вывод на печать 3D-модели. Конвертация файлов в формат хранения трехмерных моделей STL (stereolithography). Формирование программы для печати в виде G-кода (на языке программирования устройств с числовым программным управлением). Выбор положения модели. Подготовка принтера (выбор пластика, подогрев стола, сопла). Печать при помощи 3D принтера.

Общее количество разделов – 4.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	<b>Знать:</b>				
1	– современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;	+	+	+	+
2	– назначение и возможности современных программных комплексов систем автоматизированного проектирования;	+	+	+	+
3	– основные типы данных, методы и интерфейсы, используемые для создания, отображения или модификации геометрических моделей;	+	+	+	+
4	– средства хранения и визуализации геометрической информации.	+	+	+	+
	<b>Уметь:</b>				
5	– применять на практике современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;	+	+	+	+
6	– уверенно работать с пользовательским интерфейсом, настройками программ САПР;	+	+	+	+
7	– составлять документацию на основе цифровых прототипов, создавать чертежи и спецификации согласно ГОСТ;	+	+		
8	– проводить инженерные расчёты и анализ средствами САПР.;			+	
	<b>Владеть:</b>				
9	– основными функциями и параметрами систем автоматизированного проектирования (SolidWorks или его аналогов);	+	+	+	
10	– методами создания объектов машиностроительного проектирования;	+	+	+	
11	– методами адаптивного и параметрического моделирования;	+	+	+	
12	– навыками для работы со сборочными единицами;	+	+	+	
13	– навыками печати на 3D принтере.				+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>универсальных компетенции и индикаторы их достижения:</u>					
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК			



14	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации.	+	+	+	+
		УК-1.2. Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации.	+	+	+	+
		УК-1.3. Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
15	ПК-2. Способность выполнять управление проектами в области информационных технологий любого масштаба в условиях неопределенности.	ПК-2.1 Знает основы конфигурационного управления; методы функционального аудита конфигурации информационных систем.	+	+	+	+
		ПК-2.2 Умеет планировать работы в проекте в области информационных технологий.	+	+	+	+
		ПК-2.3 Владеет управлением сборки программных базовых элементов конфигурации информационных систем; навыками разработки плана конфигурационного управления.	+	+	+	+

16	ПК-4. Способность выполнять непосредственное руководство процессами разработки программного.	ПК-4.1 Знает методологии и средства проектирования программного обеспечения.	+	+	+	+
		ПК-4.2 Умеет применять методологии и средства проектирования программного обеспечения, применять принципы построения архитектуры программного обеспечения.	+	+	+	+
		ПК-4.3 Владеет методами и средствами проектирования программного обеспечения.	+	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	1.3	Параметрическое и адаптивное моделирование. Использование уравнений при моделировании объектов. Использование Microsoft Excel в работе с параметрами. Назначение свойств адаптивности элементам с геометрическими зависимостями.	2
2	1.4	Проектирование деталей сложных пространственных форм. Способы создания многотельного объекта. Инструменты анализа и диагностики геометрии.	1
3	1.5	Оформление конструкторской документации по ЕСКД в системе SolidWorks.	1
4	2.4	Анализ соединения крепежными изделиями	1
5	2.4	Анализ сварных соединений.	1
6	2.4	Расчет на прочность пружины.	1
7	2.4	Расчет на прочность анкерной плиты.	
8	2.4	Расчет на прочность цилиндрической оболочки.	1
9	2.4	Расчет на прочность вала перемешивающего устройства.	1
10	3.3	Расчет процессов теплопередачи.	1
11	3.3	Расчет задач гидродинамики. Задачи расчета трения, потерь давления в трубопроводах.	2
12	3.3	Исследование обтекания цилиндра	1
13	3.3	Расчет потоков жидкости в реакторах с перемешиванием	2
14	4.1	Основы и технологии трехмерной печати	1

### 6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине **«Современные системы автоматизированного проектирования»**, а также дает знания о проведения конструкторских расчетов и оформления конструкторской документации, направлено на приобретение практических навыков проектирования объектов.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 55 баллов.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1.	1.3	Создание моделей твёрдотельных деталей в среде SolidWorks.	2
2.	1.3	Создание сборочных деталей в SolidWorks.	2

3.	1.4	Проектирование деталей сложных пространственных форм в среде SolidWorks.	2
4.	1.5	Создание и оформление чертежей согласно ЕСКД.	2
5.	2.4	Решение задач механики в системе SolidWorks Simulation. Статический анализ. Исследование равномерной нагрузки на объект.	4
6.	2.4	Решение задач механики в системе SolidWorks Simulation. Статический и термический анализ. Прочностной расчет сосудов давления.	4
7.	2.4	Решение задач механики в системе SolidWorks Simulation. Расчет ударной нагрузки.	2
8.	2.4	Решение задач механики в системе SolidWorks Simulation. Анализ термических напряжений кристалла.	2
9.	3.3	Исследование потока жидкости через клапан.	2
10.	3.3	Исследование массовых и тепловых потоков в теплообменнике	2
11.	3.3	Исследование сопряженного теплообмена	4
12.	3.3	Исследование течения газа в пористых средах	2
13.	3.3	Исследование газовых потоков во внешних зачах	2
14.	4.1	Печать трёхмерной модели на 3D принтере.	2

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 76 час., в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины.

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;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- написание реферата;
- подготовку к сдаче **зачета с оценкой** 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

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 35 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 55 баллов), реферата (максимальная оценка – 10 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой*.

### 8.1. Примерная тематика реферата

Реферат по курсу выполняется в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Максимальная оценка реферата – 10 баллов.

Примерная тематика реферата:

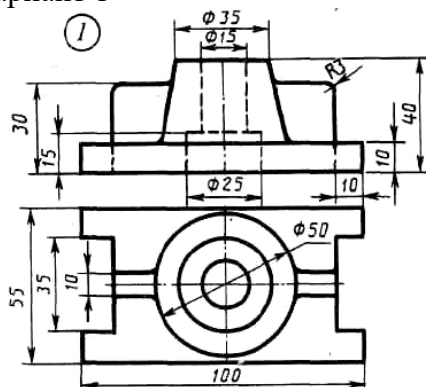
1. Понятие системы автоматизированного проектирования. Определение САПР. Классификация САПР. Требования к САПР.
2. Обзор современных CAD-систем, их возможности при проектировании оборудования.
3. Обзор основных CAE-систем. Возможности CAE-систем в проектировании.
4. Использование CAD-CAE систем для выполнения различных видов прочностных расчетов проектируемого изделия.
5. Использование CAD-систем при проектировании жизненного цикла изделия.
6. Принципы и содержание работ технологической подготовки производства.
7. Обмен данными между системами САПР.
8. Проектирование жизненного цикла изделия и вопросы ресурсоэффективности, решаемые с использованием САПР.

### 8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Раздел 1. Максимальная оценка – 10 баллов.

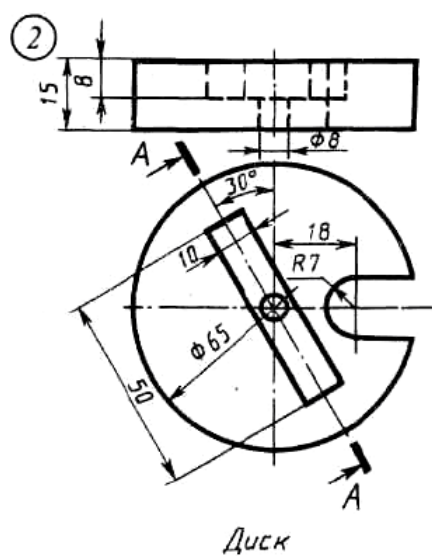
В SolidWorks за минимальное количество операций создайте трехмерную модель детали на основе эскиза, выданного преподавателем.

Вариант 1

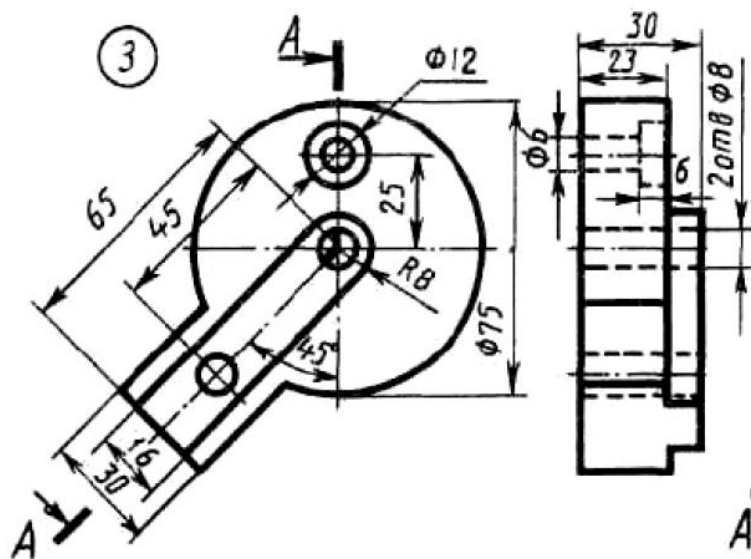


Станок

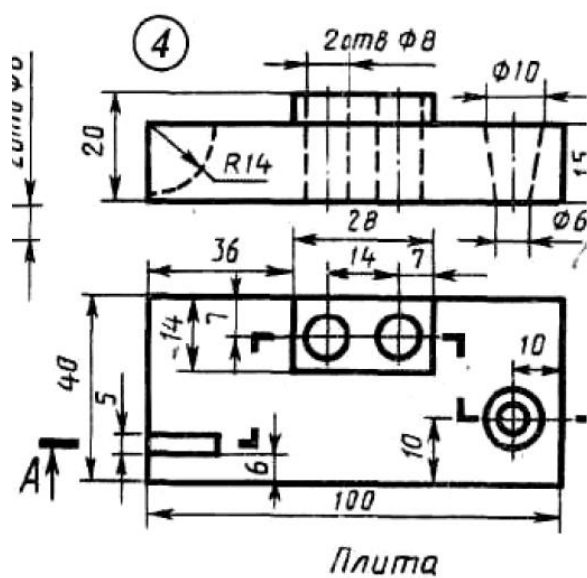
Вариант 2



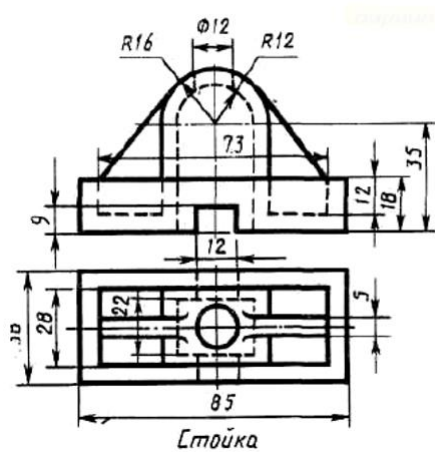
Вариант 3



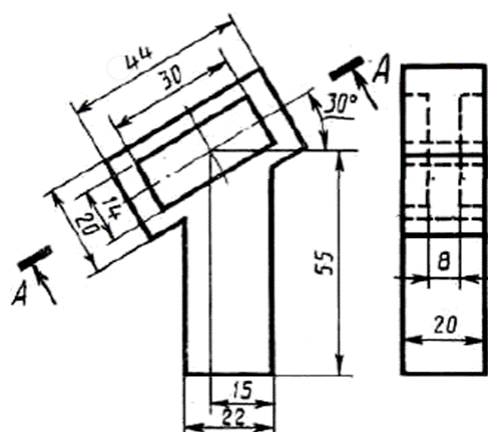
Вариант 4



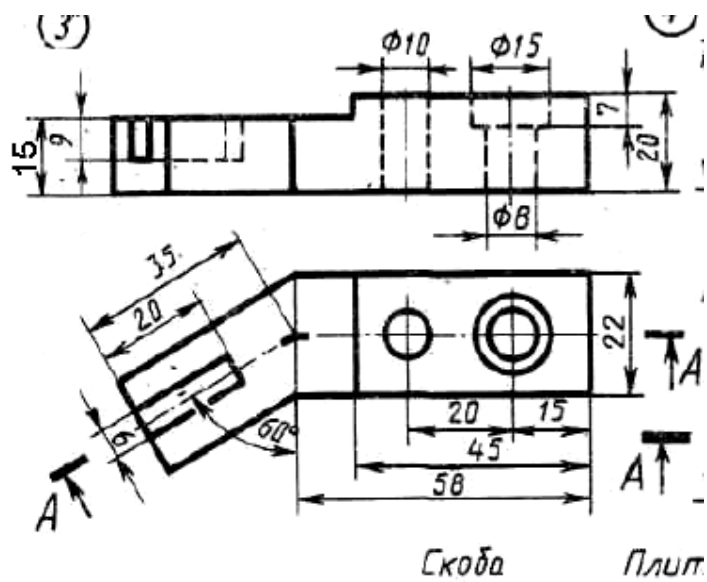
Вариант 5



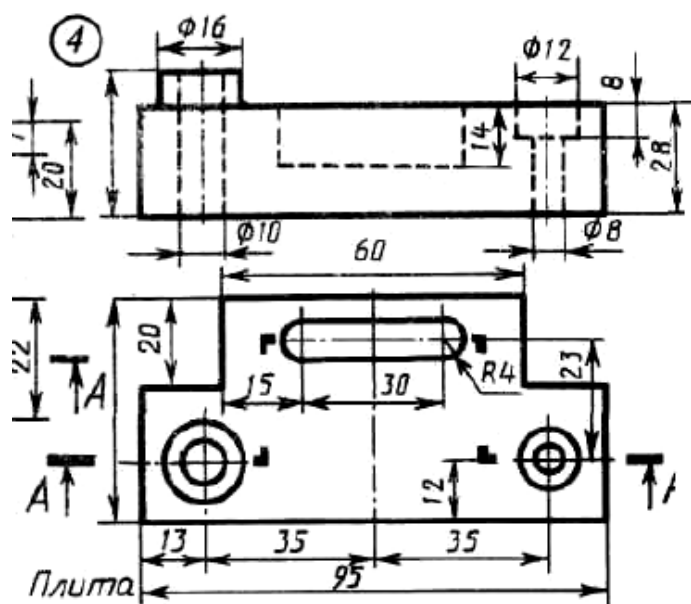
Вариант 6



Вариант 7

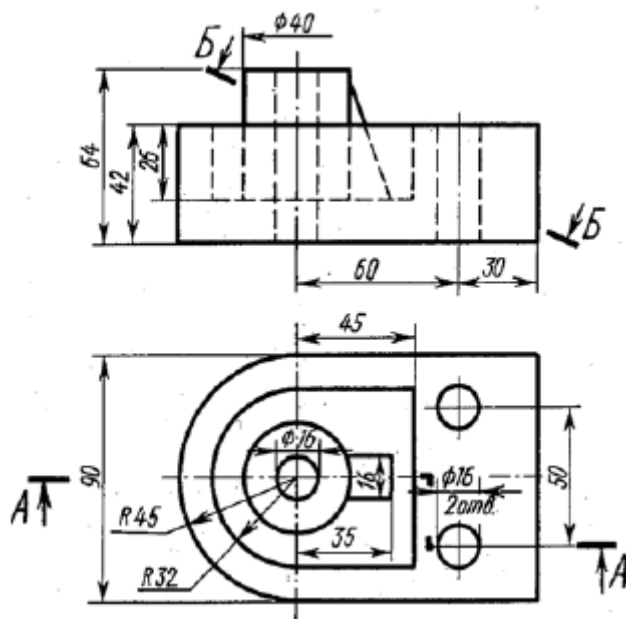


Вариант 8



Вариант 10





## Раздел 2. Максимальная оценка – 10 баллов.

Произвести статическое исследование на двух пластинах с отверстиями.

Сравнить перемещения пластин с болтовым соединением и соединением через штырёк. Подготовить отчёт с пошаговым выполнением исследования, результаты сравнения вывести в виде таблицы и сделать выводы по работе.

Общие параметры для выполнения контрольной работы:

Материал болта - по умолчанию.

Сетка - по умолчанию.

Внешняя нагрузка для верхней пластины - 500, 750, 1000 Н.

Номер варианта соответствует номеру студента в списке группы

### Вариант 1.

Материал пластин: простая углеродная сталь.

Болтовое соединение: стандартный винт.

Штырёк: с ключом.

Тип соединения: распределённые.

### Вариант 2.

Материал пластин: латунь.

Болтовое соединение: зенковка с гайкой.

Штырёк: с удерживающим кольцом.

Тип соединения: распределённые.

### Вариант 3.

Материал пластин: литая легированная сталь.

Болтовое соединение: зенкованный винт.

Штырёк: с удерживающим кольцом.

Тип соединения: жёстко.

**Вариант 4.**

Материал пластин: ковкий чугун.  
Болтовое соединение: цековка с гайкой.  
Штырёк: с ключом.  
Тип соединения: распределённые.

**Вариант 5.**

Материал пластин: латунь.  
Болтовое соединение: цековка с гайкой.  
Штырёк: с удерживающим кольцом.  
Тип соединения: жёстко.

**Вариант 6.**

Материал пластин: сплав 1060.  
Болтовое соединение: зенковка с гайкой.  
Штырёк: с удерживающим кольцом.  
Тип соединения: жёстко.

**Вариант 7.**

Материал пластин: медь.  
Болтовое соединение: зенкованный винт.  
Штырёк: с удерживающим кольцом.  
Тип соединения: распределённые.

**Вариант 8.**

Материал пластин: никель.  
Болтовое соединение: стандарт с гайкой.  
Штырёк: с ключом.  
Тип соединения: жёстко.

**Вариант 9.**

Материал пластин: литая легированная сталь.  
Болтовое соединение: стандарт с гайкой.  
Штырёк: с удерживающим кольцом.  
Тип соединения: жёстко.

**Вариант 10.**

Материал пластин: ковкий чугун.  
Болтовое соединение: цекованный винт.  
Штырёк: с ключом.  
Тип соединения: распределённые.

**Раздел 3. Максимальная оценка – 15 баллов.**

В готовой модели, выданной преподавателем в пакете SolidWorks Flow Simulation смоделировать движение потока. Самостоятельно построить расчетную сетку, назначить материалы, установить граничные условия, запустить расчет.

**Вариант 1.**

Провести моделирование движение газа (воздух) в коллекторе. Давление 1 атм, температура 20 С. Объемный расход на входе 0,5 м3/с. На выходе: статическое давление 1 атм.

Цели моделирования: поверхностные цели объемные расходы на входе и выходах, суммарный расход на выходе.

Построить эпюры: скорости и давления в сечении, Траектории потока, графики для потока и давления вдоль основного коллектора.

### **Вариант 2.**

Провести моделирование теплообмена. Тип задачи: Теплопроводность в твердых телах. Текучая среда — воздух, материал — алюминий, давление 1 атм, температура 300 К. Мощность теплового источника 88.8 Вт. Задать минимальный зазор сетки 0.00381 м.

Цели моделирования: максимальная температура твердого тела.

Построить эпюры: распределения температуры на поверхности.

Провести оптимизацию, изменив сетку между пластинами.

### **Вариант 3.**

Провести моделирование потока. Текучая среда — вода, Давление 1 атм, температура 20 С. Массовых расход на входе 1 кг/с. На выходе: статическое давление 1 атм.

Глобальная Цель: максимальная скорость потока. Построить эпюры скорости.

### **Вариант 4.**

Провести моделирование потока. Текучая среда — вода, Давление 1 атм, температура 20 С. Скорость на входе 0,5 м/с. На выходе: статическое давление 1 атм .

Цели: поверхностные цели: среднее давление на входе, массовый расход на выходе. Получить эпюры давления и скорости.

### **Вариант 5.**

Провести исследование теплопроводности в твердых телах. Текучая среда — воздух, Давление 1 атм, температура 20 С. Задать минимальный зазор 0.00381 m. Назначить материалы: золото для ТЕС 2, алюминий для нагревательного элемента. Скорость на входе (заглушки 1, 2) 5 м/с. На выходе: давление окружающей 1 атм. Тепловой источник — температура нагревательного элемента 100С

Цели: максимальная температура нагревательного элемента, ТЕС 1, ТЕС 2.

Получить эпюры распределения температуры, скорости потока.

### **Вариант 6.**

Моделирование обтекания цилиндра водой. Текучая среда — вода. Давление 1 атм, температура 20 С. Скорость по оси X задана зависимостью  $140 \cdot (0.00101241/0.01/998.19)$ . Расчетная область симметрична относительно оси Z.

Цели: Глобальная цель — значения силы по оси X.

Цель выражение для расчета силы:

$$\{GG\ Force\ (X)1\} \cdot 2 \cdot 998.19 / 1.01241e-3^2 \cdot 0.01 / (2 \cdot 0.001) / 140^2$$

Получить эпюры давления и скорости.

### **Вариант 7.**

Моделирование тепловой эффект. Тип задачи: Теплопроводность в твердых телах. Текучая среда — воздух. Материал по умолчанию — фарфор. Давление 1 атм, температура 20 С. Мощность теплового источника 88.8 Вт. Задать минимальный зазор сетки – 0.00254 м. Минимальная толщина сетки 0.000508 м. Объемный расход на входе 0,005 м3/с. На выходе: статическое давление 1 атм (противоположная грань внутреннего короба). Тепловые источники — чипы.

Цели: глобальная цель: получить значение максимальной температуры твердого тела; объемные цели: получить значение максимальной температуры для каждого чипа.  
Построить эпюры распределения температуры на поверхности и в сечении.

#### **Вариант 8.**

Моделирование процесса теплообмена. Теплопроводность в твердых телах + гравитационный эффект. Текучая среда – воздух, вторая среда – реальные газы Refrigerant 123. Материал твердого тела – алюминий. Давление 1 атм, температура 20 С. Минимальный зазор у сетки 0.007874 м. Минимальная толщина стенки 0.000889 м. Задать подобласть течения - внутренняя цилиндрическая грань змеевика, выбрать реальный газ. Давление 1 атм, температура -5 С. Массовый расход охлаждающего газа 0,001 кг/с. Статическое давление на выходе из змеевика 1 атм. Тепловой источник – внешняя грань пластины, мощность 200 Вт.

Глобальная цель – максимальная температура пластины.

Построить эпюры в сечении для температуры. Эпюры на поверхности охлаждаемой пластины.

#### **Вариант 9.**

Провести моделирование течения газа через пористую перегородку. Текучая среда – воздух. Давление 1 атм, температура 20 С. Скорость на входе задается по таблице (файл прилагается). Статическое давление на выходе 1 атм. Пористая среда – перегородка (назначить материал screen material).

Поверхностная цель – средняя скорость поверхности на входе.

Построить эпюры в сечении для давления и скорости. Построить графики для скорости по оси X в точке входа газа и в области 1/4 перед выходом.

#### **Вариант 10.**

Провести моделирование стационарной задачи с областью вращения. Текучая среда – воздух. Давление 1 атм, температура 20 С. Скорость по оси z 0,1 м/с.

Добавить подобласть вращения пропеллера со скоростью 200 рад/с

На внутренние грани цилиндрической области назначить граничное условие – давление окружающей среды Давление 1 атм, температура 20 С.

Поверхностные цели – сила и момент по оси z на лопасть пропеллера.

Добавить локальную сетку для пропеллера, назначив 5 ячеек для поперечного узкого канала.

Построить эпюры в сечении для скорости, эпюры скорости на поверхности лопастей, траектории потока для скорости вдоль эскиза.

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

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

1. Платонова, О. В. Компьютерное твердотельное параметрически - управляемое моделирование в САПР SolidWorks. Базовый курс: учебное пособие / О. В. Платонова, Р. В. Руденский, Е. С. Новиков. — Москва: РТУ МИРЭА, 2020. — 71 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/163913> (дата обращения: 15.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Алямовский, А. А. SOLIDWORKS Simulation и FloEFD. Практика, методология, идеология / А. А. Алямовский. — Москва: ДМК Пресс, 2018. — 658 с. — ISBN 978-5-97060-646-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. —

URL: <https://e.lanbook.com/book/131715> (дата обращения: 15.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Б. Дополнительная литература**

1. Большаков В. П., Лячек Ю., Бочков А. Л. Твёрдотельное моделирование деталей в CAD-системах. СПб.: Питер, 2015 г. — 480 стр.
2. Абросимов, С. Н. Основы компьютерной графики САПР изделий машиностроения (MCAD): учебное пособие / С. Н. Абросимов. — Санкт-Петербург: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2014. — 206 с. — ISBN 978-5-85546-798-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/63672> (дата обращения: 19.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Макаров, Е. Г. Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов: учебное пособие для вузов / Е. Г. Макаров. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 413 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01761-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492368> (дата обращения: 25.04.2024).
4. Дударева Н.Ю., Загайко С.А. SolidWorks 2011 на примерах. Изд-во: BHV, 2012 г. — 496 стр.

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

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

Научно-технические журналы:

- Журнал «САПР и графика» ISSN 1560-4640
- Журнал «Автоматизированное проектирование в машиностроении» ISSN 2309-8864
- Журнал «Геометрия и графика» ISSN 2308-4898
- Журнал «CAD/CAM/CAE Observer» ISSN 1407-7183

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет (при необходимости):

- <http://isicad.ru>
- <http://sapr-journal.ru>
- <http://www.cadcatalog.ru>
- <http://www.cadmaster.ru>
- <https://help.solidworks.com/>
- <https://urait.ru/>

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

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

1. Предустановленное программное обеспечение: лицензионное SolidWorks.
2. Банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины.
3. Банк заданий по лабораторным работам.

### **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 01.01.2024 составляет 1 716 243 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.

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

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Современные системы автоматизированного проектирования»* проводятся в форме лекций, лабораторных и практических занятий, самостоятельной работы обучающегося.

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

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; компьютерный класс, насчитывающий не менее 20 посадочных мест с предустановленным программным обеспечением для выполнения лабораторных работ; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

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

Комплекты плакатов к разделам лекционного курса.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами (в том числе плоттер, 3D принтер) и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

Платформа для видеоконференцсвязи и коммуникаций: Discord.

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

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; раздаточный материал к лабораторным занятиям по дисциплине.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса, задания для выполнения лабораторных работ, размещенные на учебном портале РХТУ им. Д.И. Менделеева (<https://study.muctr.ru/>); учебно-методические разработки в электронном виде; кафедральные библиотеки электронных изданий.

### 11.5. 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 от 02.12.2013	1000	бессрочная
2	Microsoft Windows 7 Pro	Microsoft Open License Номер лицензии 47837475	21	бессрочная
3	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)
	Неисключительная лицензия на использование SOLIDWORKSEDEdition 2019-2020 Network - 200 Users	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	1 (одна) сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочно

### 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1. 3D проектирование в среде SolidWorks</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;</li> <li>– назначение и возможности современных программных комплексов систем автоматизированного проектирования;</li> <li>– основные типы данных, методы и интерфейсы, используемые для создания, отображения или</li> </ul>	<p>Оценка за лабораторные работы 1-4.</p> <p>Оценка за контрольную работу № 1.</p>

	<p>модификации геометрических моделей;</p> <p>– средства хранения и визуализации геометрической информации.</p> <p><i>Умеет:</i></p> <p>– применять на практике современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;</p> <p>– уверенно работать с пользовательским интерфейсом, настройками программ САПР;</p> <p>– составлять документацию на основе цифровых прототипов, создавать чертежи и спецификации согласно ГОСТ.</p> <p><i>Владеет:</i></p> <p>– основными функциями и параметрами программного обеспечения для автоматизированного проектирования (SolidWorks или его аналогов);</p> <p>– методами создания объектов машиностроительного проектирования;</p> <p>– методами адаптивного и параметрического моделирования;</p> <p>– навыками для работы со сборочными единицами.</p>	
<p><b>Раздел 2. Инженерные расчеты в Solidworks Simulation</b></p>	<p><i>Знает:</i></p> <p>– современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;</p> <p>– назначение и возможности современных программных комплексов систем автоматизированного проектирования;</p> <p>– основные типы данных, методы и интерфейсы, используемые для создания, отображения или модификации геометрических моделей;</p> <p>– средства хранения и визуализации геометрической информации.</p> <p><i>Умеет:</i></p> <p>– применять на практике современные пакеты прикладного</p>	<p>Оценки за лабораторные работы 5-8.</p> <p>Оценка за контрольную работу №2.</p>



	<p>программного обеспечения автоматизированного проектирования;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– уверенно работать с пользовательским интерфейсом, настройками программ САПР;</li> <li>– проводить инженерные расчёты и анализ средствами САПР.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основными функциями и параметрами программного обеспечения для автоматизированного проектирования (SolidWorks или его аналогов);</li> <li>– методами создания объектов машиностроительного проектирования;</li> <li>– методами имитационного моделирования;</li> <li>– навыками для работы со сборочными единицами.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 3. Инженерные расчеты в Solidworks Flow Simulation</b></p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;</li> <li>– назначение и возможности современных программных комплексов систем автоматизированного проектирования;</li> <li>– основные типы данных, методы и интерфейсы, используемые для создания, отображения или модификации геометрических моделей;</li> <li>– средства хранения и визуализации геометрической информации.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять на практике современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;</li> <li>– уверенно работать с пользовательским интерфейсом, настройками программ САПР;</li> <li>– проводить инженерные расчёты и анализ средствами САПР.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p>	<p>Оценки за лабораторные работы 9-13.</p> <p>Оценка за контрольную работу №3.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основными функциями и параметрами программного обеспечения для автоматизированного проектирования (SolidWorks или его аналогов);</li> <li>– методами создания объектов машиностроительного проектирования;</li> <li>– методами имитационного моделирования;</li> <li>– навыками для работы со сборочными единицами.</li> </ul>	
<b>Раздел 4. Печать на 3D принтере</b>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;</li> <li>– назначение и возможности современных программных комплексов систем автоматизированного проектирования;</li> <li>– средства хранения и визуализации геометрической информации.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять на практике современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;</li> <li>– уверенно работать с пользовательским интерфейсом, настройками программ САПР.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами создания объектов машиностроительного проектирования;</li> <li>– навыками для работы со сборочными единицами;</li> <li>– навыками печати на 3D принтере.</li> </ul>	Оценка за за лабораторную работу 14.

### **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 высшего образования – 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 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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 дисциплины**  
**«Современные системы автоматизированного проектирования»**

**основной образовательной программы**  
**09.04.02 Информационные системы и технологии**  
код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Информационные технологии для цифрового проектирования»**  
наименование ООП

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»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Цифровое проектирование процессов и аппаратов массообмена и  
гранулирования»**

**Направление подготовки**

**09.04.02 Информационные системы и технологии**

**Магистерская программа**

**«Информационные технологии для цифрового проектирования»**

**Квалификация «магистр»**

**Москва 2025**

Программа составлена д.т.н., профессором кафедры информационных компьютерных технологий Д.А. Макаренковым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д.И. Менделеева

---

(Наименование кафедры)

«13» мая 2025 г., протокол №17.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратуры по направлению подготовки **09.04.02 – Информационные системы и технологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Информационных компьютерных технологий** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Цифровое проектирование процессов и аппаратов массообмена и гранулирования»** относится к вариативной части дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области начертательной геометрии, инженерной графики, программирование на языках различного уровня.

**Цель дисциплины** – изучение современных методов процессов и аппаратов массообмена и гранулирования, совмещённых с механическими процессами переработки дисперсных сред с использованием пакета моделирующих программ (ПМП) на примере программ ChemCAD и ASPEN.

### **Задачи дисциплины:**

–изучение студентами основных закономерностей проведения процессов и аппаратов массообмена и гранулирования, совмещённых с механическими процессами переработки дисперсных сред (дробление, измельчение, помол, классификация);

–практическое применение полученных знаний при проектировании химико-технологических систем (с использованием программ ChemCAD, ASPEN).

Дисциплина **«Цифровое проектирование процессов и аппаратов массообмена и гранулирования»** преподаётся в 1 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 **универсальных компетенций выпускников 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 критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации. УК-1.2. Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации. УК-1.3.

		Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.
--	--	---

**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>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>				
Разработка и исследование моделей объектов, методик анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества процессов функционирования, подготовка и составление обзоров, отчетов и научных публикаций	Информационные системы и технологии	ПК-1. Способен разрабатывать и исследовать модели объектов профессиональной деятельности в различных областях и сферах цифровой экономики, предлагать и адаптировать методики, определять качество проводимых исследований, составлять отчеты о проделанной работе, обзоры, готовить публикации.	ПК-1.1 Знает методологии исследования моделей объектов профессиональной деятельности, оценки качества проводимых исследований. ПК-1.2 Умеет адаптировать методики, определять качество проводимых исследований, составлять отчеты о проделанной работе, обзоры, готовить публикации. ПК-1.3 Владеет навыками исследования моделей объектов профессиональной деятельности, составления отчетов и	Сферы деятельности ФГОС ВО в областях: 40. Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности и 40.008. Профессиональный стандарт «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.02.2014 № 86н (зарегистрировано в Министерстве



			обзоров, подготовки публикаций.	юстиции Российской Федерации 21 марта 2014 года, № 31696). Обобщенная трудовая функция А. Организация выполнения научно-исследовательских работ по закрепленной тематике (уровень квалификации – б).
Разработка, восстановление и сопровождение требований к программному обеспечению, продукту, средству, программно-аппаратному комплексу, автоматизированной информационной системе или автоматизированной системе управления на протяжении их жизненного цикла	Проекты в области информационных технологий	ПК-4. Способность выполнять непосредственное руководство процессами разработки программного.	ПК-4.1 Знает методологии и средства проектирования программного обеспечения. ПК-4.2 Умеет применять методологии и средства проектирования программного обеспечения, применять принципы построения архитектуры программного обеспечения. ПК-4.3 Владеет методами и средствами проектирования программного обеспечения.	Сферы деятельности ФГОС ВО в областях: 06. Связь, информационные и коммуникационные технологии 06.017 Профессиональный стандарт «Руководитель разработки программного обеспечения», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 20 июля 2022 г. № 423н Обобщенная трудовая функция А. Руководство процессами разработки компьютерного

				программного обеспечения (уровень квалификации – б).
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

*Знать:*

- решения проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;
- методы гранулирования, массообмена;
- классификацию процессов и аппаратов.
- методологию и средства проектирования программного обеспечения для цифрового проектирования.

*Уметь:*

- проводить анализ предметной области;
- выбирать оптимальные средства и методы реализации поставленной задачи;
- применять системный подход к построению модели и дальнейшему проектированию процессов.

*Владеть:*

- методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций;
- методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий;
- инструментальными средствами проектирования химико-технологических систем;
- способами проектирования аппаратов и машин гранулирования с применением пакетов моделирующих программ.

### 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>1,41</b>	<b>51</b>	<b>37,75</b>
Лекции	0,94	34	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,25
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,59</b>	<b>93</b>	<b>70,25</b>
Контактная самостоятельная работа (АттК из УП для зач / зач с оц.)	2,59	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины (или другие виды самостоятельной работы)		92,8	70,1
<b>Вид контроля:</b>	<b>зачет</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек.	ПЗ	Лаб.	СР
1	<b>Раздел 1. Классификация процессов и методов переработки дисперсных отходов, шламов и паст</b>	<b>24</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>10</b>
1.1	Подготовительные механические процессы.	6	1	0	-	2
1.2	Способы смешения дисперсных отходов, порошков и пастообразных материалов.	6	1	0	-	2
1.3	Особенности уплотнения порошкообразных материалов и переводом их в гранулированное состояние методами окатыwania, прессования, экструдирования и псевдоожижения в кипящем слое.	6	2	2	-	3
1.4	Способы термической обработки отходов методами сушки, спекания и пиролиза.	6	2	1	-	3
2	<b>Раздел 2. Общие закономерности процессов дробления, измельчения и помола дисперсных сред</b>	<b>24</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>8</b>
2.1	Физико-химические основы дробления, измельчения и помола.	4	1	1	-	2
2.2	Основные законы теории измельчения.	6	1	0	-	2
2.3	Кинетика измельчения и методы оценки его эффективности.	10	2	2	-	2
2.4	Деструкция материалов при помоле дисперсных частиц, приводящая к механоактивации поверхности, и её влияние на процесс гранулирования.	4	2	0	-	2
3	<b>Раздел 3. Система классификации процессов уплотнения дисперсных сред по типу отходов и применяемого оборудования</b>	<b>24</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>6</b>
3.1	Классификация мелкодисперсных отходов и шихт по типу сырья.	4	1	0	-	1
3.2	Классификация методов уплотнения и применяемого оборудования.	4	1	0	-	1
3.3	Структурно-механические и реологические характеристики дисперсных и уплотнённых материалов.	10	2	2	-	2
3.4	Критерии гранулируемости дисперсных отходов на основе реологических моделей.	6	2	1	-	2

4.	<b>Раздел 4. Техника и технология процессов гранулирования методом окатывания, компактирования на валковых прессах и прокатки на роторных грануляторах с плоской матрицей</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>30</b>
4.1	Особенности процесса гранулирования на тарельчатых и барабанных грануляторах.	6	1	0	-	6
4.2	Конструкции тарельчатых и барабанных грануляторов окатывания и методика расчёта процессов окатывания.	6	2	2	-	6
4.3	Гранулирование методом компактирования, брикетирования и прокатки на роторных грануляторах.	6	1	0	-	6
4.4	Особенности конструкций валковых прессов и методов расчёта силовых параметров.	6	1	1	-	6
4.5	Прокатка дисперсных сред на роторных грануляторах с плоской или кольцевой матрицей и их конструктивные особенности.	6	1	1	-	6
5	<b>Раздел 5. Использование вспомогательных процессов сушки в псевдоожиженном слое с определением кинетики массо- и теплообмена в виде критериальных зависимостей</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>15</b>
5.1	Типы аппаратов с псевдоожиженным слоем и определение кинетических зависимостей процессов массообмена в процессе гранулирования и сушки.	10	2	1	-	8
5.2	Массоперенос в системах твёрдой фазы на примере барабанных сушильных грануляторов.	8	2	1	-	7
6	<b>Раздел 6. Особенности цифрового проектирования процессов и оборудования для гранулирования</b>	<b>24</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>24</b>
6.1	Проведение курсового проектирования аппаратов и машин гранулирования с применением пакетов моделирующих программ (ПМП).	12	3	1	-	12
6.2	Примеры использования моделирующих программ при проектировании химико-технологических систем (ChemCAD, ASPEN).	12	3	1	-	12
<b>Итого</b>		<b>144</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>93</b>

## **4.2 Содержание разделов дисциплины**

### ***Раздел 1. Классификация процессов и методов переработки дисперсных отходов, шламов и паст.***

- 1.1. Подготовительные механические процессы.
- 1.2. Способы смешения дисперсных отходов, порошков и пастообразных материалов.
- 1.3. Особенности уплотнения порошкообразных материалов и переводом их в гранулированное состояние методами окатывания, прессования, экструдирования и псевдоожижения в кипящем слое.
- 1.4. Способы термической обработки отходов методами сушки, спекания и пиролиза.

### ***Раздел 2. Общие закономерности процессов дробления, измельчения и помола дисперсных сред***

- 2.1. Физико-химические основы дробления, измельчения и помола.
- 2.2. Основные законы теории измельчения.
- 2.3. Кинетика измельчения и методы оценки его эффективности.
- 2.4. Деструкция материалов при помоле дисперсных частиц, приводящая к механоактивации поверхности, и её влияние на процесс гранулирования.

### ***Раздел 3. Система классификации процессов уплотнения дисперсных сред по типу отходов и применяемого оборудования***

- 3.1. Классификация мелкодисперсных отходов и шихт по типу сырья.
- 3.2. Классификация методов уплотнения и применяемого оборудования.
- 3.3. Структурно-механические и реологические характеристики дисперсных и уплотнённых материалов.
- 3.4. Критерии гранулируемости дисперсных отходов на основе реологических моделей.

### ***Раздел 4. Техника и технология процессов гранулирования методом окатывания, компактирования на валковых прессах и прокатки на роторных грануляторах с плоской матрицей***

- 4.1. Особенности процесса гранулирования на тарельчатых и барабанных грануляторах.
- 4.2. Конструкции тарельчатых и барабанных грануляторов окатывания и методика расчёта процессов окатывания.
- 4.3. Гранулирование методом компактирования, брикетирования и прокатки на роторных грануляторах.
- 4.4. Особенности конструкций валковых прессов и методов расчёта силовых параметров.
- 4.5. Прокатка дисперсных сред на роторных грануляторах с плоской или кольцевой матрицей и их конструктивные особенности.

### ***Раздел 5. Использование вспомогательных процессов сушки в псевдоожиженном слое с определением кинетики массо- и теплообмена в виде критериальных зависимостей***

- 5.1. Типы аппаратов с псевдоожиженным слоем и определение кинетических зависимостей процессов массообмена в процессе гранулирования и сушки.
- 5.2. Массоперенос в системах твёрдой фазы на примере барабанных сушильных грануляторов.

### ***Раздел 6. Особенности цифрового проектирования процессов и оборудования для гранулирования***

- 6.1. Проведение курсового проектирования аппаратов и машин гранулирования с применением пакетов моделирующих программ (ПМП).

6.2. Примеры использования моделирующих программ при проектировании химико-технологических систем (ChemCAD, ASPEN).

Общее количество разделов - 6.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ 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	– решения проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;		+				
2	– методы гранулирования, массообмена;				+	+	
3	– классификацию процессов и аппаратов;	+		+			
4	– методологию и средства проектирования программного обеспечения для цифрового проектирования						+
	<b>Уметь:</b>						
6	– проводить анализ предметной области;			+	+		
7	– выбирать оптимальные средства и методы реализации поставленной задачи;		+		+	+	
8	– применять системный подход к построению модели и дальнейшему проектированию процессов;	+		+		+	+
	<b>Владеть:</b>						
10	– методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций;	+	+	+	+		
11	– методиками постановки цели, определения способов её достижения, разработки стратегий действий;		+		+	+	
12	– инструментальными средствами проектирования химико-технологических систем;				+		+
13	– способами проектирования аппаратов и машин гранулирования с применением пакетов моделирующих программ				+		+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>универсальных</u> компетенции и индикаторы их достижения:							

	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК						
14	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации.	+	+	+	+	+	+
		УК-1.2. Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации.	+	+	+	+	+	+
		УК-1.3. Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.	+	+	+	+	+	+
		В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>						



	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК						
15	ПК-1. Способен разрабатывать и исследовать модели объектов профессиональной деятельности в различных областях и сферах цифровой экономики, предлагать и адаптировать методики, определять качество проводимых исследований, составлять отчеты о проделанной работе, обзоры, готовить публикации.	ПК-1.1 Знает методологии исследования моделей объектов профессиональной деятельности, оценки качества проводимых исследований. ПК-1.2 Умеет адаптировать методики, определять качество проводимых исследований, составлять отчеты о проделанной работе, обзоры, готовить публикации. ПК-1.3 Владеет навыками исследования моделей объектов профессиональной деятельности, составления отчетов и обзоров, подготовки публикаций.	+	+	+	+	+	+

16	ПК-4. Способен составить общий план тестирования создаваемого программного обеспечения и следить за его выполнением	ПК-4.1 Знает технологии тестирования программного обеспечения.	+	+	+			
		ПК-4.2 Умеет: разрабатывать план тестирования создаваемого программного обеспечения и следить за его выполнением.	+	+	+			
		ПК-4.3 Владеет методиками тестирования программного обеспечения	+	+	+			

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	1.3	Расчёт лопастных смесителей непрерывного действия	2
2	1.4	Расчёт технологических параметров барабанной сушилки	1
3	2.1	Разработка и подбор по каталогу двухвалковой дробилки с рифлёной поверхностью для дробления кусковых отходов	1
4	2.3	Расчёт кинетики измельчения зернистых отходов методом помола в шаровой мельнице и дезинтеграторе	2
5	3.3	Расчёт нормальных и тангенциальных напряжений на основе уравнения Кулона-Мора	2
6	3.4	Расчёт критериев гранулируемости для порошкообразных сред на основе коэффициентов уплотняемости и формуемости	1
7	4.2	Расчёт технологических характеристик работы тарельчатого гранулятора методом окатывания	2
8	4.4	Расчёт силовых параметров работы валкового пресса с гладкой поверхностью	1
9	4.5	Расчёт режимных параметров работы роторного гранулятора с плоской матрицей для утилизации древесных отходов	1
10	5.1	Расчёт гидродинамических характеристик работы сушилки с псевдоожиженным слоем	2
11	5.2	Расчёт технологических характеристик работы барабанной сушилки	2
12	6.1	Разработка технологической схемы производства комплексных гранулированных удобрений с использованием тарельчатого гранулятора и барабанной сушилки	3
13	6.2	Использование моделирующей программы ChemCAD при расчёте типовой технологической схемы производства гранулированных удобрений	3

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 93 час., в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины и выполнение курсового проекта.

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;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса; подготовку к сдаче **зачета** по лекционному курсу и практическим занятиям дисциплины.

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 30 баллов), практических занятий (максимальная оценка 70 балла) и итогового контроля в форме **зачета**.

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

Для текущего контроля предусмотрено 6 контрольных работ в виде тестирования (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 5 баллов за каждую.

#### **Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка 5 баллов.**

1. Назовите основные типы почв и потенциальные источники их загрязнения.
2. Назовите принципы нормирования загрязняющих веществ в почвах.
3. Назовите характеристики, используемые при оценке содержания вредных веществ в почвах.
4. Опишите классификацию опасности химических веществ в почвах и в воздухе рабочей зоны.
5. Назовите основные критерии и методы определения опасности отходов.
6. Назовите основные признаки промышленных и бытовых отходов, используемые в системе их классификации и кодирования.
7. Назовите требования, предъявляемые к полигонам для хранения твердых бытовых отходов.
8. Назовите подготовительные процессы, используемые на стадиях подготовки отходов перед их утилизацией и переработкой.
9. Назовите отличительные особенности механической, пневматической и гидравлической классификации отходов.
10. Назовите основные типы смесителей сыпучих материалов и особенности их работы.
11. Назовите основные технологические схемы гранулирования дисперсных сред и отходов и отличительные особенности механизмов гранулообразования.
12. Назовите отличительные особенности термической переработки твердых отходов методами сушки, обжига (спекания) и пиролиза.

**Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка 5 баллов.**

1. Назовите методы измельчения кусковых материалов.
2. Назовите физико-механические характеристики измельченных материалов.
3. Опишите особенности вывода первого закона измельчения Реттингера.
4. Опишите вывод закона В.Л. Кирпичева и Ф. Кика, учитывающий изменение объёма измельчаемого и измельчённого материала.
5. Приведите допущения, учитывающие сумму работ при дроблении и вывод третьего закона Ребиндера и Бонда.
6. Приведите версию обобщённого закона измельчения А.К. Рунквиста, основанного на учёте накопления внутренней энергии упругих деформаций.
7. Назовите критерии оценки кинетики измельчения и размолоспособности продукта.
8. Назовите устройства для классификации измельчённых материалов по фракциям.

**Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка 5 баллов.**

1. Назовите основные методы уплотнения дисперсных сред.
2. Назовите процессы, протекающие при структурном уплотнении дисперсных частиц по классификации Дерягина.
3. Назовите основные реологические уравнения, используемые для описания поведения дисперсных шихт в процессах гранулирования с использованием механических моделей.
4. Назовите методы определения прочности гранул и критерии гранулируемости дисперсных отходов.

**Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка 5 баллов.**

1. Назовите основные типы грануляторов окатывания и отличительные особенности механизмов гранулообразования в тарельчатых грануляторах и барабанных грануляторах-сушилках.
2. Назовите особенности инженерного расчета технологических параметров тарельчатых грануляторов.
3. Опишите методику расчета барабанных грануляторов-сушилок.
4. Назовите отличительные особенности гранулирования методом компактирования, брикетирования, таблетирования и прокатки на роторных грануляторах.
5. Опишите физическую модель формообразования плитки при компактировании на валковом прессе.
6. Назовите конструктивные особенности валковых и брикетных прессов.
7. Назовите конструктивные особенности роторных грануляторов с кольцевой матрицей.
8. Назовите конструктивные особенности роторных грануляторов с плоской матрицей.

**Раздел 5. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка 5 баллов.**

1. Приведите уравнение для расчёта минимальной скорости псевдооживления и скорости витания при расчёте гидродинамических характеристик аппарата с псевдооживленным слоем.
2. Приведите методику расчёта гидродинамических характеристик аппарата с псевдооживленным слоем для полидисперсных материалов.
3. Приведите диаграмму зависимости критерия Лященко от критерия Архимеда и порозности псевдооживленного слоя  $Ly = f(Ar, \varepsilon)$ .

4. Приведите методику расчёта барабанных грануляторов-сушилок, учитывающую зоны сушки, гранулирования и досушки с использованием пневматической форсунки.

**Раздел 6. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка 5 баллов.**

1. С применением стандартных расчётных модулей моделирующей программы ChemCAD реализовать на компьютере технологическую схему получения гранулированных удобрений методом окатывания.

2. Приведите алгоритм выполнения курсового проекта по расчёту барабанной сушилки с использованием пакетов моделирующих программ (ПМП)

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

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

1. Назаров В.И. Инженерная защита литосферы. Переработка твердых отходов [Текст]: учеб. пособие / В.И. Назаров, Н.Е. Николайкина. — М.: МГУИЭ, 1997. — 148 с.

2. ИТС 9—2015 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)».

3. Назаров В.И. Переработка и утилизация дисперсных материалов и твердых отходов [Текст]: учеб. пособие / В.И. Назаров [и др.]; под ред. В.И. Назарова. — М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2014. — 464с.

4. Федеральный классификационный каталог отходов, утвержденный приказом МПР России от 2 декабря 2002 г.

5. Родионов А.И. Технологические процессы экологической безопасности. Основы энвайронменталистики [Текст]: учебник / А.И. Родионов, В.Н. Клушин, В.Г. Систер. — 3-е изд., перераб. и доп. — Калуга: Изд-во Н. Бочкаевой, 2000. — 800 с.

6. Классен П.В. Гранулирование [Текст] / П.В. Классен, И.Г. Гришаев, И.П. Шомин. — М.; Химия, 1991. — 240 с.

7. Классен П.В. Основы техники гранулирования [Текст] / П.В. Классен, И.Г. Гришаев. — М.: Химия, 1982. — 272с.

8. Назаров В.И. Процессы и аппараты окружающей среды. Машины и аппараты для классификации сыпучих материалов [Текст]: учебн. пособие / В.И. Назаров, Д.А. Макаренков. — М., 2009. — 160 с.

9. Генералов М.Б. Механика твердых дисперсных сред в процессах химической технологии [Текст]: учеб. пособие. М.Б. Генералов. — Калуга.: Издательство Н. Бочкарёвой, 2002. —592 с.

#### **Б. Дополнительная литература**

1. Гартман Т.Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: Учеб. Пособие для вузов / Т.Н. Гартман, Д.В.Клушин. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 416 с.

2. Гартман Т.Н., Советин Ф.С., Лосев В.А. Современный подход к модернизации химических производств на основе применения пакетов моделирующих программ // Химическая техника, №12. 2008 г. С. 8-10

3. Зиятдинов Н.Н., Лаптева Т.В., Рыжов Д.А. Математическое моделирование химико-технологических систем с использованием программы ChemCad. Учебно-методическое пособие. - Казань, КГТУ. 2008.-160 с.

4. Назаров В.И. Исследование процесса гранулирования дисперсных отходов на роторных прессах с плоской матрицей [Текст] / В.И. Назаров, Д.А. Макаренков, И.А. Булатов // Вестник МИТХТ. — 2010. —Т. 5. — № 6. — С. 13–16.

## 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

- Журнал «Промышленные процессы и технологии» ISSN 2713-0789
- Журнал «Автоматизированное проектирование в машиностроении» ISSN 2309-8864
- Журнал «CAD/CAM/CAE Observer» ISSN 1407-7183
- Журнал «Химическая промышленность» ISSN 0023-110X
- Журнал «Химическая техника» ISSN -

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет (*при необходимости*): на усмотрение обучающихся

## 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

1. Электронные презентации лекций на учебном портале университета <http://moodle.muctr.ru/course/>.
2. банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 100).

## 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 01.01.2024 составляет 1 716 243 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.

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Цифровое проектирование процессов и аппаратов массообмена и гранулирования»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

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

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; компьютерный класс, насчитывающий не менее 20 посадочных мест с предустановленным программным обеспечением для выполнения лабораторных работ; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

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

Презентации к разделам лекционного курса.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами (в том числе плоттер, 3D принтер) и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

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

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; кафедральные библиотеки электронных изданий.

### **11.5. 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 от 02.12.2013	1000	бессрочная
2	Microsoft Windows 7 Pro	Microsoft Open License Номер лицензии 47837475	21	бессрочная
3	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)



4	Autocad Autodesk 2021	Номер лицензии 570- 42353895 / 001M1	250	бессрочно
5	Autocad Autodesk Plant 3D 2021	Номер лицензии 568- 77174872 / 426M1	250	бессрочно
6	ChemCAD	-	-	бессрочно
7	Aspen	-	-	бессрочно

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1. Классификация процессов и методов переработки дисперсных отходов, шламов и паст.</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классификацию процессов и аппаратов.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять системный подход к построению модели и дальнейшему проектированию процессов;</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 1.</p> <p>Оценка на зачете</p>
<b>Раздел 2. Общие закономерности процессов дробления, измельчения и помола дисперсных сред</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– решения проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций;</li> <li>– методиками постановки цели, определения способов её достижения, разработки стратегий действий;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выбирать оптимальные средства и методы реализации поставленной задачи;</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №2.</p> <p>Оценка на зачете</p>
<b>Раздел 3. Система классификации процессов уплотнения дисперсных сред по типу отходов и применяемого оборудования</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классификацию процессов и аппаратов</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить анализ предметной области;</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №3.</p> <p>Оценка на зачете</p>

	– применять системный подход к построению модели и дальнейшему проектированию процессов	
<b>Раздел 4. Техника и технология процессов гранулирования методом окатывания, компактирования на валковых прессах и прокатки на роторных грануляторах с плоской матрицей</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы гранулирования, массообмена.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций</li> <li>– методиками постановки цели, определения способов её достижения, разработки стратегий действий;</li> <li>– инструментальными средствами проектирования химико-технологических систем;</li> <li>– способами проектирования аппаратов и машин гранулирования с применением пакетов моделирующих программ.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить анализ предметной области;</li> <li>– выбирать оптимальные средства и методы реализации поставленной задачи.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №4.</p> <p>Оценка на зачете</p>
<b>Раздел 5. Использование вспомогательных процессов сушки в псевдоожиженном слое с определением кинетики массо- и теплообмена в виде критериальных зависимостей</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы гранулирования, массообмена</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методиками постановки цели, определения способов её достижения, разработки стратегий действий;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выбирать оптимальные средства и методы реализации поставленной задачи;</li> <li>– применять системный подход к построению модели и дальнейшему проектированию процессов;</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №5.</p> <p>Оценка на зачете</p>
<b>Раздел 6. Особенности цифрового проектирования процессов и оборудования для гранулирования</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методологию и средства проектирования программного обеспечения для цифрового проектирования;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– инструментальными средствами проектирования химико-технологических систем;</li> <li>– способами проектирования аппаратов и машин гранулирования с</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №6.</p> <p>Оценка на зачете</p>

	применением пакетов моделирующих программ. <i>Умеет:</i> – применять системный подход к построению модели и дальнейшему проектированию процессов.	
--	---	--

### **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 высшего образования – 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 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- 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**  
**«Цифровое проектирование процессов и аппаратов массообмена и**  
**гранулирования»**

**основной образовательной программы**  
**09.04.02 Информационные системы и технологии**  
код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Информационные технологии для цифрового проектирования»**  
наименование ООП

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»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Экономико-математические модели управления»**

**Направление подготовки  
09.04.02 Информационные системы и технологии**

**Магистерская программа  
«Информационные технологии для цифрового проектирования»**

**Квалификация «магистр»**

**Москва 2025**

Программа составлена к.ф.н., доц. кафедры информационных компьютерных технологий  
В.В. Фурсовым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д.И. Менделеева

---

(Наименование кафедры)

«13» мая 2025 г., протокол №17.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **09.04.02 Информационные системы и технологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **информационных компьютерных технологий** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Экономико-математические модели управления»** относится к части, формируемых участниками образовательного процесса дисциплин учебного плана. Она рассчитана на изучение дисциплины в 2-м семестре обучения. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области вычислительной математики и численных методов, дифференциальных уравнений и программирования на языках высокого уровня.

**Цель дисциплины** - сформировать у студентов представление об основных принципах построения математических моделей экономических процессов и явлений, познакомить с мировыми достижениями в области экономико-математического моделирования, демонстрирующими плодотворность подхода к изучению законов экономического развития с помощью построения и исследования математических моделей.

**Задачами дисциплины является:**

- развитие системных представлений о математическом моделировании как способе исследования экономических систем,
- получение навыков постановок и решения социально-экономических задач с использованием математических моделей различного типа,
- изучение элементов общей теории моделирования как инструмента исследования экономических систем и процессов, протекающих в них,
- формирование умений формальной постановки задач исследования в экономической и финансовой деятельности,
- формирование умений применения разработанных моделей для исследования экономических систем и процессов.

Дисциплина **«Экономико-математические модели управления»** преподается во 2 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:**

**Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:**

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Разработка и реализация проектов	УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1. Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами.

		<p>УК-2.2. Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и формулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.</p> <p>УК-2.3. Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта.</p>
--	--	---

**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: производственно-технологический</b>				
Анализ предметной области и проектирование интеллектуальной системы управления.	Разработка систем автоматизации и управления	ПК-3. Способен выполнять управление аналитическими работами.	ПК-3.1. Знает методы планирования проектных работ	Сферы деятельности ФГОС ВО в областях: 06. Связь, информационные и коммуникационные технологии 06.022 Профессиональный стандарт «Системный аналитик», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 27 апреля 2023 г. № 367н Обобщенная трудовая функция: D. Управление работами системных аналитиков в проекте или в процессе проектирования, создания, приобретения, развития, поддержки, замены или утилизации
			ПК-3.2. Умеет планировать аналитические работы в ИТ-проекте	
			ПК-3.3. Владеет постановкой задач на разработку планов аналитических работ по отдельным частям системы	



				Системы (уровень квалификации – 7).
--	--	--	--	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

**Знать:**

- основные экономико-математические методы: элементы теории графов и сети, марковские процессы и системы массового обслуживания, виды и свойства функций полезности и производственных функций, модели рынка, модели экономического поведения в условиях конкуренции, модели межотраслевого баланса, экономического равновесия и экономической динамики;
- основы компьютерного математического моделирования финансово-экономических процессов, включая использование и построение различных экономико-математических моделей;

**Уметь:**

- применять теорию марковских случайных процессов при моделировании экономических систем;
- использовать экономико-математические методы при моделировании реальных экономических процессов и систем;

**Владеть:**

- аппаратом исследования производственных функций в анализе факторов производства;
- методами исследования основных макроэкономических моделей и моделей фирмы;
- методами решения финансовых задач и проведения анализа на основе экономико-математических моделей.

### 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>1,41</b>	<b>51</b>	<b>38,25</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,47</b>	<b>17</b>	<b>12,75</b>
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки	0,47	17	12,75
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,59</b>	<b>57</b>	<b>42,75</b>
Контактная самостоятельная работа	1,59	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		56,8	42,6
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ.часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам.раб
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Математическое моделирование экономических процессов и систем</b>	<b>12</b>	<b>3</b>			<b>9</b>
1.1	Введение. Общее понятие о моделировании. Виды моделей. Математические модели в экономике	4	2			2
1.2	Особенности экономико-математического моделирования	4	2			2
1.3	Этапы построения экономико-математических моделей.	4	2			2
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Прикладные модели оптимизации экономических процессов</b>	<b>33</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>15</b>
2.1	Линейное программирование.	11	2	2	2	5
2.2	Теория двойственности в линейном программировании	11	2	2	2	5
2.3	Транспортная задача	11	2	2	2	5
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Теоретические модели экономических процессов и систем</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
3.1	Производственные функции	8	2	2	2	2
3.2	Математические модели экономического роста. Модель Мальтуса. Модель Солоу. Простейшая модель эндогенного роста. АК-модель. Модель Мэнкью–Ромера–Вейла экономического роста с человеческим капиталом. Балансовая модель Леонтьева.	8	2	2	2	2
3.3	Математическое моделирование потребительского поведения.	8	2	2	2	2
3.4	Математическое моделирование производственной деятельности	8	2	2	2	2
<b>4</b>	<b>Раздел 4. Математическое моделирование экономического равновесия</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>12</b>
4.1	Равновесие в экономических системах	10	2	2	2	4
4.2	Влияние спроса и предложения на рыночное равновесие	10	2	2	2	4
4.3	Достижение равновесия на однотоварных и многотоварных рынках.	10	2	2	2	4
	Подготовка к зачету	<b>1</b>				
	<b>ВСЕГО</b>	<b>108</b>	<b>23</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>44</b>

## **4.2. Содержание разделов дисциплины**

### **Раздел 1. Математическое моделирование экономических процессов и систем**

#### **1.1. Введение. Общие понятия о моделировании. Виды моделей. Математические модели в экономике**

Понятие математической модели

#### **1.2. Особенности экономико-математического моделирования.**

Методы исследования сложных экономических и производственных систем. Математическое моделирование как инструмент познания и язык междисциплинарных исследований. Схема и методология вычислительного эксперимента.

#### **1.3. Этапы построения экономико-математических моделей..**

Этапы построения математических моделей в экономике, уровни описания экономических и производственных процессов и систем. Типы математических моделей и методы их исследования.

### **Раздел 2. Теоретические модели экономических процессов и систем**

#### **2.1. Линейное программирование.**

Основные определения и задачи линейного программирования. Геометрическая интерпретация и графический метод решения задачи линейного программирования. Симплексный метод решения задачи линейного программирования.

#### **2.2. Теория двойственности в линейном программировании.**

Постановка и правила построения двойственной задачи.

#### **2.3. Транспортная задача.**

Постановка и математическая модель транспортной задачи. Решение транспортной задачи методом потенциалов. Транспортная задача с нарушенным балансом.

### **Раздел 3. Теоретические модели экономических систем.**

#### **3.1. Производственные функции.**

Факторы производства. Свойства производственных функций. Виды производственных функций. Степенная производственная функция. Двухфакторная производственная функция. Функция Кобба-Дугласа. Изокванты. Области приложения производственных функций.

#### **3.2. Модели экономического роста.**

Модель Мальтуса. Модель Солоу. Простейшая модель эндогенного роста. АК-модель. Модель Мэнкью–Ромера–Вейла экономического роста с человеческим капиталом. Балансовая модель Леонтьева.

#### **3.3. Математическое моделирование потребительского поведения.**

Потребительские наборы и их сравнение. Определение оптимального выбора потребителя в случае набора из двух благ. Определение оптимального выбора потребителя в случае произвольного количества благ. Математическое описание потребительского спроса. Функции спроса. Эластичность спроса. Компенсация роста цен для одного товара. Компенсация роста цен для многотоварного потребительского набора.

#### **3.4. Математическое моделирование производственной деятельности.**

Технологические способы и производственные функции. Оптимизация структуры закупок ресурсов. Математическое описание рынка. Функции предложения. Оптимизация структуры выпуска продукции в случае совершенной и несовершенной конкуренции.

### **Раздел 4. Математическое моделирование экономического равновесия**

#### **4.1. Равновесие в экономических системах.**

Виды рыночного равновесия.

#### **4.2. Влияние спроса и предложения на рыночное равновесие.**

Спрос и предложение. Инфляция спроса, инфляция издержек.

**4.3. Достижение равновесия на однотооварных и многотооварных рынках.**  
 Стихийное достижение равновесия на рынке одного товара. Паутинообразная модель.  
 Достижение равновесия на рынке одного товара в условиях регулирования цен. Модели «нащупывания». Равновесие в системе с ограниченными ресурсами. Задача выпуклого программирования.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел			
		1	2	3	4
	<b>Знать:</b>				
	- современные методы исследования информационных систем, методы анализа и синтеза информационных систем,	+	+	+	+
	- типы математических моделей информационных систем;	+	+	+	+
	- схему и методологию проведения вычислительного эксперимента;	+			
	- классификацию экономико-математических моделей управления;		+	+	
	- специфику применения метода математического моделирования в экономике;		+	+	+
	- математические методы решения экономических зад				+
	<b>Уметь:</b>				
	- применять современные методы системного анализа к информационным процессам и технологиям,	+	+	+	+
	- проводить исследования характеристик компонентов и информационных систем в целом,	+	+	+	+
	- использовать метод математического моделирования в экономике;		+	+	
	- формализовать экономическую задачу в виде математической модели;		+	+	+
	- использовать изученную методику и методологию построения экономико-математических моделей для решения поставленных задач				+
	- осуществлять анализ полученных результатов.				
	<b>Владеть:</b>				
	- методами анализа и синтеза информационных систем,	+	+	+	+
	- методами разработки математических моделей информационных систем;	+	+	+	+
	- современной методологией экономико-математического моделирования,		+	+	
	- математическим инструментарием решения экономических задач		+		
	- применить на практике изученную методику математического моделирования экономических и производственных процессов				+
	<b>Универсальные компетенции:</b>				

	УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1. Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами. УК-2.2. Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и формулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла. УК-2.3. Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта.	+	+	+	+
<b>Профессиональные компетенции</b>						
	ПК-3. Способен выполнять управление аналитическими работами.	ПК-3.1 Знает методы планирования проектных работ. ПК-3.2 Умеет планировать аналитические работы в ИТ-проекте. ПК-3.3 Владеет постановкой задач на разработку планов аналитических работ по отдельным частям системы.	+	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Предусмотрено проведение практических занятий обучающимся в магистратуре в объеме 17 часов. Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, на формирование способности применять теоретические знания на практике, строить и исследовать модели физико-химических систем.

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	2.1	Линейное программирование	2
2	2.2	Транспортная задача.	2
3	2.3	Производственные функции	3
4	3.1	Математические модели экономического роста.	2
5	3.2	Математическое моделирование потребительского поведения.	2
6	3.3	Математическое моделирование производственной деятельности	2
7	4.3	Математические модели экономического равновесия	2
			Итого 17

## **6.2. Лабораторные занятия**

Учебным планом подготовки магистров по дисциплине «Экономико-математические модели управления» направления 09.04.02 – «Информационные системы и технологии» предусмотрено проведение лабораторных занятий. Лабораторные занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на приобретение практических навыков программно-алгоритмической реализации в исследовании моделей, нахождении решений и построения графиков.

### **Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают**

- 1. Тема № 1 (покрывает Раздел 2.1, 2.2, 2.3): «Прикладные модели оптимизации экономических процессов» (6 ауд. часов).**  
Составляются и решаются задачи линейного программирования графическим и симплексным методом и транспортная задача методом потенциалов.
- 2. Тема № 2 (покрывает Раздел 3.1): «Производственные функции» (4 ауд. часов).**  
Строятся и решаются задачи на производственные функции.
- 3. Тема № 3 (покрывает Раздел 3.2, 3.3): «Математическое моделирование потребительского поведения» (12 ауд. часов) (6 ауд. часов) .**  
Решение задач моделирования потребительского поведения.
- 4. Тема № 4 (покрывает Раздел 3.4): «Математическое моделирование производственной деятельности» (4 ауд. часа).**  
Решение задач моделирования производственной деятельности.
- 5. Тема № 5 (покрывает Раздел 4.1, 4.2, 4.3): «Математическое моделирование экономического равновесия» (4 ауд. часа).**  
Решение задач математического моделирования экономического равновесия.

## **7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объёме 76 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 контрольных работ по разделам дисциплины;
- подготовку к лабораторным работам (студенты получают индивидуальные задания);
- доделка дома лабораторных работ, проведение расчетов, рисование графиков;
- оформление лабораторных работ и подготовка к их сдаче;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня (индивидуально по желанию);
- участие в семинарах РХТУ им. Д. И. Менделеева по тематике дисциплины (участие в кафедральных семинарах, заслушивание НИР студентами аспирантов).

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**

### **8.1. Типы контрольных задач для текущего контроля освоения дисциплины.**

**Темы задач:**

**Тема 1 (покрывает Раздел 2 (2.1, 2.2): Максимальная оценка – 2.5 балла.**

Задачи линейного программирования

**Тема 2 (покрывает Раздел 2 (2.1, 2.3): Максимальная оценка – 2.5 балла.**

Транспортная задача.

**Тема 3 (покрывает Раздел 2.1, 2.2, 2.3): Максимальная оценка – 2.5 балла.**

Задачи на производственные функции.

**Тема 4 (покрывает Раздел 3 (3.1)): Максимальная оценка – 5 балла.**

Задачи на потребительское поведение.

**Тема 5 (покрывает Раздел 3 (3.2)): Максимальная оценка – 2.5 балла.**

Задачи на моделирование производственной деятельности.

**Тема 6 (покрывает Раздел 4: Максимальная оценка – 5 балла.**

Задачи на моделирование экономического равновесия

Максимальная оценка 20 баллов.

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

Студенты за семестр должны сделать, оформить и сдать по 4-ре лабораторные работы.

За каждую работу они могут получить максимально 10 баллов, итого 40 баллов за семестр.

**Образцы заданий**

**Пример 1 (покрывает Раздел 2 (2.1, 2.2, 2.3) Максимальная оценка – 10 баллов.**

Привести к канонической форме следующую задачу линейного программирования:

$$F = 2x_1 + x_2 - x_3 \rightarrow \min,$$

$$\begin{cases} 2x_2 - x_3 \leq 5, \\ x_1 + x_2 - x_3 \geq -1, \\ 2x_1 - x_2 \leq -3, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0. \end{cases}$$

**Пример 2 (покрывает Раздел 2 (2.1, 2.2, 2.3) Максимальная оценка – 10 баллов.**

Молочный комбинат освоил выпуск новых сортов сыра: «Нежный» и «Петровский». Ожидаемый спрос на них может составить, соответственно, не более 15 и 12 т в месяц. Поскольку комбинат выпускает также традиционные виды продукции, каждый из 4 цехов может выделить на производство сыров ограниченный месячный ресурс времени. Выделяемые лимиты времени, а также затраты времени работы каждого цеха на осуществление технологического процесса при выработке 1 т сыра каждого сорта, приведены в таблице 2.1, где также представлены оптовые цены сыров. Определить оптимальный объем выпуска сыра каждого сорта, обеспечивающий максимальную

выручку от продажи.

### **8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр, зачет)**

Зачет по дисциплине «Экономико-математические модели управления» проводится в 2 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 10 баллов, второй – 10 баллов, третий – 10 баллов, четвертые вопросы – 10 баллов.

1. Что такое модель системы?
2. Типы моделей.
3. Роль моделей.
4. Функции моделей
5. Классификация математических моделей.
6. Каковы основные цели, преследуемые при моделировании различных систем?
7. Какие модели называются оптимизационными?
8. Что такое вербальная модель системы?
9. К какому виду моделей относится структурная схема административного устройства организации?
10. В чем состоит разница между теоретическими и эмпирическими моделями?
11. В чем состоит разница между статическими и динамическими моделями?
12. Чем характеризуется полнота модели?
13. Как соотносятся между собой адекватность и точность модели? В каком случае модель с невысокой точностью может считаться адекватной?
14. Что понимается под смешанной (полуэмпирической) моделью системы?
15. Какое действие называется экстраполированием модели? Почему опасно экстраполировать эмпирические модели?
16. Какие действия входят в состав этапа постановки задачи при создании модели системы?
17. Какие действия входят в состав этапа формализации при создании модели системы?
18. Охарактеризуйте понятия точного, приближенного и численного решения математической задачи.
19. Постановка задачи оптимального управления.

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

### **9.1. Основная литература**

1. Новиков А. И. Экономико-математические методы и модели. М.: Дашков и К, 2017. – 532 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394026157.html> (ЭБС «Консультант студента»).
2. Кундышева Е. С. Математические методы и модели в экономике: Дашков и К, 2017. - 286 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394024887.html> (ЭБС «Консультант студента»).
3. Матвеева Л.Г. Экономико-математические методы и модели в управлении инновациями: учебное пособие. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2018. - 204 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927526413.html> (ЭБС «Консультант студента»).
4. Горбатков С.А., Фархиева С.А., Лучникова Н.И. Математические методы в управлении проектами: Учебное пособие. М.: Прометей, 2018. - 86 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785907003330.html> (ЭБС «Консультант студента»).



5. Масловский В.П. Финансовый анализ проекта: учеб. пособие. - Красноярск: СФУ, 2016. - 202 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763834369.html> (ЭБС «Консультант студента»).
6. Ширяев В.И., Ширяев Е.В. Управление бизнес-процессами: учеб.-метод. пособие. М.: Финансы и статистика, 2014. - 464 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785279033751.html> (ЭБС «Консультант студента»).
7. Королев, А. В. Экономико-математические методы и моделирование: учебник и практикум для вузов / А. В. Королев. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 280 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00883-8. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451297>
8. Дубина, И. Н. Основы математического моделирования социально-экономических процессов: учебник и практикум для вузов / И. Н. Дубина. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 349 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00501-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450960>.
9. Горбатов, С. А. Математические методы в управлении проектами: учебное пособие / Горбатов С. А., Фархиева С. А., Лучникова Н. И. - Москва: Прометей, 2018. - 86 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785907003330.html>

## **9.2. Дополнительная литература:**

1. Жданов И.Ю., Жданов В.Ю. Инвестиционная оценка проектов и бизнеса: учебное пособие. М.: Проспект, 2019. - 120 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785392288175.html> (ЭБС «Консультант студента»).
2. Рунова Л.П. Методы бизнес-прогнозирования: учебное пособие. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2018. - 109 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927525539.html> (ЭБС «Консультант студента»).
3. Гетманчук, А. В. Экономико-математические методы и модели / Гетманчук А. В. - Москва: Дашков и К, 2013. - 188 с. - ISBN 978-5-394-01575-5. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394015755.html>
4. Казанская О.В. Модели и методы оптимизации: учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. - 204 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778219830.html> (ЭБС «Консультант студента»).
5. Шапкин А.С., Шапкин В.А. Математические методы и модели исследования операций: Учебник. М.: Дашков и К, 2016. - 400 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394026102.html> (ЭБС «Консультант студента»).
6. Гусева Е.И. Экономико-математическое моделирование: учеб. пособие. М.: ФЛИНТА, 2011. - 216 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785893499766.html> (ЭБС «Консультант студента»).
7. Султанова Д.Ш. и др. Инновационное предпринимательство и коммерциализация инноваций: учебно-методическое пособие. Казань: Издательство КНИТУ, 2016. - 112 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788220642.html> (ЭБС «Консультант студента»).
8. Болдырева Н.П. Бизнес-планирование. М.: ФЛИНТА, 2016. - 148 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976527102.html> (ЭБС «Консультант студента»).
9. Машунин Ю.К. Теория управления. Математический аппарат управления в экономике: учеб. пособие. М.: Логос, 2013. - 448 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987047361.html> (ЭБС «Консультант студента»).

## **9.3. Интернет-ресурсы:**

- Разработка управленческого решения - <http://www.bibliotekar.ru/upravlenie-3/36.htm>

- Экономико-математические методы и модели в управлении производством - <http://www.alleng.ru/d/econ/econ121.htm>
- Экономико-математические модели - [http://www.gaudeamus.omskcity.com/PDF\\_library\\_economic\\_5.html](http://www.gaudeamus.omskcity.com/PDF_library_economic_5.html)
- Экономико-математические модели управления - <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=464551>
- Экономико-математические модели управления производством <http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/762/45762/22380>

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

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

#### **9.5 Средства обеспечения освоения дисциплины**

1. Программные модули для интегрирования систем ОДУ в среде МАТЛАБ;
2. Программные модули для численного решения систем с частными производными типа реакция-диффузия;
3. Программные модули для решения методом Монте-Карло микроскопических решеточных моделей;
4. Интегрированные среды разработки приложений: МАТЛАБ, EXCEL, Delphi, Microsoft Office. Они установлены по лицензии на компьютерах в компьютерных классах в к. 119, 123 и 125.

### **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 01.01.2024 составляет 1727628 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 «*Экономико-математические модели управления*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

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

В настоящее время кафедра при организации учебного процесса использует два собственных компьютерных класса (аудитории № 125, № 119) и один общий факультетский компьютерный класс (ауд. № 123). В аудиториях № 125 и № 119 учебный процесс ведется на 41 персональных компьютерах, каждый из которых обладает процессором выше Pentium II, 5 из которых мощные графические станции с OS Windows 7 для моделирования и работы в пакетах таких прикладных программ, как AutodeskAutoCAD, SolidWorksEducationEdition 200 CAMPUS, ANSYSAcademicResearchCFD и 6 компьютеров для высокопроизводительных параллельных вычислений.

Все компьютеры объединены в локальную сеть и имеют выход в интернет. Так же в учебном процессе используются 4 ноутбука, один нетбук и 3 мультимедиа-проектора для организации презентаций и докладов.

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

Учебно-наглядные пособия по дисциплине не предусмотрены.

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

Для обеспечения учебного и научно-исследовательского процесса за кафедрой информационных компьютерных технологий закреплена 1 учебно-научная лаборатория, 2 компьютерных класса на 40 посадочных мест, 4 кабинета.

Кафедра информационных компьютерных технологий располагает значительным количеством разнообразного современного оборудования (компьютеры, оргтехника, технические средства обучения и плоттер и 3-Дпринтер.).

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

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

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

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013	Неограниченно	бессрочно
2.	Интернет-браузер Firefox	Бесплатный	Неограниченно	бессрочно
3.	IDE IntelliJ IDEA Community Edition	Бесплатный	Неограниченно	бессрочно

## **12. 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 высшего образования – 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 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– 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  
«Экономико-математические модели управления»**

**основной образовательной программы**  
**09.04.02 Информационные системы и технологии**  
код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Информационные технологии для цифрового проектирования»**  
наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		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»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Программирование на основе Java (с приложениями)»**

**Направление подготовки  
09.04.02 Информационные системы и технологии**

**Магистерская программа  
«Информационные технологии для цифрового проектирования»**

**Квалификация «магистр»**

**Москва 2025**

Программа составлена старшим преподавателем кафедры Информационных компьютерных технологий **Е.А. Скичко**

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д.И. Менделеева

---

(Наименование кафедры)

«04» июня 2025 г., протокол №20.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **09.04.02 Информационные системы и технологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **информационных компьютерных технологий** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Программирование на основе Java (с приложениями)»** относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области основ программирования, баз данных.

**Цель дисциплины** – усвоение навыков использования языка Java, усвоение и закрепление основных приемов, методов и принципов работы при создании кроссплатформенных программ, подготовка к собеседованию.

**Задачи дисциплины** – развитие навыков объектно-ориентированного программирования, освоение подходов к созданию консольных и визуальных кроссплатформенных программ, знакомство с понятиями и языком предметной области, в том числе международной англоязычной терминологией, развитие навыков работы в коллективе, подготовка к собеседованию.

Дисциплина **«Программирование на основе Java (с приложениями)»** преподается в 3 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>				
Разработка, восстановление и сопровождение требований к программному обеспечению, продукту, средству, программно-аппаратному комплексу, автоматизированной информационной системе или автоматизированной системе управления на протяжении их жизненного цикла	Проекты в области информационных технологий	ПК-4. Способность выполнять непосредственное руководство процессами разработки программного.	ПК-4.1 Знает методологии и средства проектирования программного обеспечения	Сферы деятельности ФГОС ВО в областях: 06. Связь, информационные и коммуникационные технологии 06.017 Профессиональный стандарт «Руководитель разработки программного обеспечения», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 20 июля 2022 г. № 423н Обобщенная трудовая функция А. Руководство процессами разработки компьютерного программного обеспечения (уровень квалификации – б).
			ПК-4.2 Умеет применять методологии и средства проектирования программного обеспечения, применять принципы построения архитектуры программного обеспечения	
			ПК-4.3 Владеет методами и средствами проектирования программного обеспечения	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

*Знать:*

- особенности используемых в настоящее время стандартов языка Java;
- принципы эргономики, средства разработки эргономичных графических пользовательских интерфейсов;

*Уметь:*

- формировать перечень задач юзабилити-исследования; прототипировать графические пользовательские интерфейсы;
- определять и вырабатывать требования к интерфейсу программного продукта;
- писать программы с консольным и графическим интерфейсом;
- пользоваться встроенными в стандарт библиотеками;

*Владеть:*

- методами проектирования и оценки эргономичности графических пользовательских интерфейсов.
- основными приемами программирования с использованием языка Java;
- приемами оптимизации программного кода;
- основными приемами тестирования кода на Java.

### 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>1,42</b>	<b>51</b>	<b>38,25</b>
Лекции	0,48	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25,5
Контактная самостоятельная работа	2,58	0,20	0,15
Самостоятельная работа		92,8	69,6
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Лаб. работы	Сам. работа
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Основные конструкции языка Java</b>	<b>46</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>35</b>
1.1	Синтаксис языка Java, основные операторы	8	1	0	6
1.2	Структура классов Java	9	1	1	6
1.3	Наследование и полиморфизм в языке Java	8	1	1	5
1.4	Тестирование приложений, библиотека JUnit	7	1	1	5
1.5	Обработка исключений в Java	8	1	1	7
1.6	Файловый ввод и вывод в Java программах	8	1	1	7
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Расширенные возможности языка Java</b>	<b>52</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>26</b>
2.1	Обобщённые типы в Java	8	1	3	4
2.2	Интерфейсы	10	2	3	4
2.3	Коллекции в Java	10	2	3	4
2.4	Шаблоны проектирования	8	1	3	5
2.5	Основы многопоточности Java	8	1	3	5
2.6	Классы для работы с многопоточностью	8	1	3	4
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Разработка веб-приложений с использованием экосистемы фреймворков Spring.</b>	<b>44</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>30</b>
3.1	Spring Core	15	1	4	10
3.2	Подключение к базам данных	14	1	3	10
3.3	Spring Security	15	1	4	10
	<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>76</b>

## **4.2 Содержание разделов дисциплины**

### ***Раздел 1. Основные конструкции языка Java.***

#### **1.1. Синтаксис языка Java, основные операторы.**

История языка Java. Установка jdk и среды разработки (IntelliJ IDEA). Синтаксис языка Java. Программные блоки и комментарии. Переменные, типы данных. Явное и неявное приведение типов. Условные операторы и операторы цикла. Строки, парсинг строк, классы String и StringBuilder. Массивы, цикл foreach.

#### **1.2 Структура классов Java.**

Класс и объект класса. Поля и методы класса. Ключевое слово this. Организация памяти: стек и куча. Конструкторы. Перегруженные методы и конструкторы. Методы с переменным числом аргументов (varargs). Статические поля и методы. Garbage Collector. Инкапсуляция при разработке классов Java.

#### **1.3 Наследование и полиморфизм в языке Java.**

Основные принципы наследования в Java. Конструкторы и наследование. Ключевое слово super. Класс Object. Переопределение методов. Построение POJO. Использование полиморфных ссылок. Полиморфные аргументы. Предотвращение наследования. Модификаторы доступа, ключевое слово final. Сравнение композиции и наследования (отношения «IS-A», «HAS-A»).

#### **1.4 Тестирование приложений, библиотека JUnit.**

Структура Maven-проекта, подключение зависимостей, этапы жизненного цикла. Основные принципы тестирования JUnit. Основные методы класса Assert. Аннотации @Test, @Before, @BeforeClass, @After, @AfterClass, @Ignore. Тестирование методов на предмет выброса исключений. Параметризованные классы тестов.

#### **1.5 Обработка исключений в Java.**

Иерархия исключений в Java, проверяемые и непроверяемые исключения. Конструкция try-catch-finally, ключевые слова throw, throws. Создание пользовательских классов исключений.

#### **1.6 Файловый ввод и вывод в Java программах.**

Основы ввода и вывода в Java программах. Использование потоков для чтения и записи файлов. Байтовые и символьные потоки. Использование интерфейса Path для работы с файлами. Работа с классом File, Files, Paths для операций над файлами. Конструкция “try с ресурсами”. Подключение буферизованных потоков.

### ***Раздел 2. Расширенные возможности языка Java.***

#### **2.1 Обобщённые типы в Java.**

Обобщённые типы (дженерики) как способ создания классов в Java. Создание объектов в рамках обобщённого типа. Понятие wildcard, upper bounded wildcard, lower bounded wildcard. Обобщённые методы и интерфейсы. Ограничения по работе с обобщёнными типами.

#### **2.2 Интерфейсы.**

Абстрактные методы, классы. Интерфейсы, виды методов интерфейса. Функциональные интерфейсы, лямбда-выражения. Понятие эффективно-финальной переменной. Предопределённые функциональные интерфейсы.

#### **2.3 Коллекции в Java.**

Создание коллекций с использованием обобщённых типов. Структура Java Collection Framework. Интерфейсы List, Set, Queue, Deque, Map и их реализации. Принцип работы HashSet, HashMap. Сортированные отображения и множества. Интерфейсы Iterator, Comparable, Comparator. Класс Collections для выполнения основных операций над коллекциями. Методы Stream API для работы с коллекциями. Конвейерные и терминальные методы. Коллекторы. Тип Optional<T>.

#### **2.4 Шаблоны проектирования.**

Обзор наиболее часто используемых шаблонов в Java. Создание уникальных объектов с помощью шаблона Одиночка. Шаблоны Стратегия, Обозреватель, Декоратор. Обзор шаблона Модель – Представление – Контроллер (MVC).

## **2.5 Основы многопоточности Java.**

Основные поля и методы класса Thread. Интерфейс Runnable. Способы создания потоков. Жизненный цикл потока, планировщик потоков. Проблемы многопоточного программирования. Синхронизация потоков. Ключевое слово synchronized. Интерфейс Lock и его основные реализации. Организация взаимодействия потоков с помощью методов wait(), notify(), notifyAll().

## **2.6 Классы для работы с многопоточностью.**

Классы синхронизации: Semaphore, CountDownLatch, CyclicBarrier. Использование ExecutorService, основные классы и методы. Интерфейс Callable<T>, класс Future. Fork-Join фреймворк. Многопоточные коллекции.

## ***Раздел 3. Разработка веб-приложений с использованием экосистемы фреймворков Spring.***

### **3.1 Spring Core.**

Spring Context: инверсия контроля, внедрение зависимостей. Основные аннотации. Создание бинов, scope бинов. Основы аспектно-ориентированного программирования. Структура сервера в соответствии с шаблоном MVC: контроллер, сервис, репозиторий. Основные HTTP-запросы. Параметры запроса, переменные пути.

### **3.2 Подключение к базам данных**

Спецификация Java Persistence API. Основы работы с фреймворком Hibernate. Создание сущностей, подключение к базе данных (на примере PostgreSQL). Crud-операции с базой данных. Persistence Context. Отношения «один к одному», «один ко многим», «многие к одному», «многие ко многим» на уровне сущностей. Spring Data JPA, JpaRepository, написание пользовательских методов репозитория. Валидация данных, приходящих с клиентской стороны.

### **3.3 Spring Security**

Фреймворк Spring Security. Основные аннотации. Настройка аутентификации. Настройка безопасности: на уровне запросов, на уровне методов, на уровне представления. Сохранение информации о пользователях в базе данных.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>				
1	– особенности используемых в настоящее время стандартов языка Java		+	+	+
2	– принципы эргономики, средства разработки эргономичных графических пользовательских интерфейсов			+	+
	<b>Уметь:</b>				
3	– формировать перечень задач юзабилити-исследования; прототипировать графические пользовательские интерфейсы		+	+	
4	– определять и вырабатывать требования к интерфейсу программного продукта			+	
5	– писать программы с консольным и графическим интерфейсом		+	+	+
6	– пользоваться встроенными в стандарт библиотеками		+	+	+
	<b>Владеть:</b>				
7	– методами проектирования и оценки эргономичности графических пользовательских интерфейсов			+	+
8	– основными приемами программирования с использованием языка Java		+	+	+
9	– приемами оптимизации программного кода			+	+
10	– основными приемами тестирования кода на Java			+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>компетенции и индикаторы их достижения</i> :					
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
11	ПК-4. Способность выполнять непосредственное руководство процессами разработки программного обеспечения	– ПК-4.1. Знает методологии и средства проектирования программного обеспечения.	+	+	+
		– ПК-4.2. Умеет применять методологии и средства проектирования программного обеспечения, применять принципы построения архитектуры программного обеспечения	+	+	+
		– ПК-4.3. Владеет методами и средствами проектирования программного обеспечения	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Проведение практических занятий по дисциплине не предусмотрено.

### 6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Программирование на основе Java (с приложениями)*».

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 36 баллов (максимально по 2-3 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	1	Структура классов Java	1
2	1	Наследование и полиморфизм в языке Java	2
3	1	Тестирование приложений, библиотека JUnit	2
4	1	Обработка исключений в Java	1
5	1	Файловый ввод и вывод в Java программах	2
6	2	Функциональные интерфейсы	2
7	2	Обобщённые типы в Java	2
8	2	Коллекции в Java	2
9	2	Шаблоны проектирования	2
10	2	Основы многопоточности Java	2
11	3	Знакомство со Spring Context, АОП	4
12	3	Создание веб-приложения с помощью Spring Boot	4
13	3	Подключение к БД Postgres	4
14	3	Фреймворк Spring Security	4

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче лабораторного практикума по дисциплине;
- подготовку к сдаче **зачета** 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 контрольных работ (максимальная оценка 16 балла), лабораторного практикума (максимальная оценка 44 балла) и итогового контроля в форме *Зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

### 8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Написание рефератов по дисциплине не предусмотрено.

### 8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы (по одной контрольной работе по разделам №1 и 2). Максимальная оценка за контрольные работы №№1,2 составляет 8 баллов за каждую.

**Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 10 вопросов. Тестовые задания с выбором единственного правильного ответа оцениваются в 0,5 балла, тестовые задания с выбором нескольких правильных ответов и вопросы со свободным ответом студента оцениваются в 1 б.**

#### Вопрос 1.1.

Дан код:

```
public class Constructors {
    public static void main (String[] args){
        B b = new B();
    }
}
class A {
    A() {
        System.out.print("A");
    }
}
class B extends A {
    B() {
        System.out.print("B");
    }
}
```

Что будет выведено в консоль?

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ AB
- ☐ BA

#### Вопрос 1.2.

Дан код:

```
int[] arr = new int[5];
arr[5] = 10;
```

Отработает ли данный код успешно? Если нет, объясните, почему.

**Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 10 вопросов. Тестовые задания с выбором единственного правильного**



ответа оцениваются в 0,5 балла, тестовые задания с выбором нескольких правильных ответов и вопросы со свободным ответом студента оцениваются в 1 б.

**Вопрос 2.1.**

Какая коллекция хранит элементы отсортированными по заданному критерию?

- HashSet
- LinkedHashSet
- TreeSet

**Вопрос 2.2.**

Дан код:

```
Stream.of(5, 3, 7, 9, 3, 7, 1, 8)
    .  
    .forEach(System.out::print);
```

Дополните код так, чтобы в консоль было выведено: 5331

**8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – зачет).**

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

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

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

1. Сайт документации компании Oracle, продукт Java SE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/index.html> (дата обращения: 28.04.2024).

2. Гуськова, О. И. Объектно ориентированное программирование в Java: учебное пособие / О. И. Гуськова. — Москва: МПГУ, 2018. — 240 с. — ISBN 978-5-4263-0648-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122311> (дата обращения: 29.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Программирование на языке Java. Конспект лекций: учебно-методическое пособие / А. В. Гаврилов, С. В. Клименков, Ю. А. Королёва [и др.]. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2019. — 127 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/136549> (дата обращения: 29.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Никитенкова, С. П. Многопоточное программирование на языке JAVA: учебно-методическое пособие / С. П. Никитенкова. — Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2015. — 90 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/144990> (дата обращения: 29.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Б. Дополнительная литература**

1. Васильев, А. Н. Самоучитель Java с примерами и программами: учебное пособие / А. Н. Васильев. — 4-е, изд. — Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2017. — 368 с. — ISBN 978-5-94387-745-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101548> (дата обращения: 28.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Коузен, К. Современный Java: рецепты программирования / К. Коузен. — Москва: ДМК Пресс, 2018. — 275 с. — ISBN 978-5-97060-134-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116121> (дата обращения: 28.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Макаров, Е. М. Элементы двумерной графики в Java: учебно-методическое пособие / Е. М. Макаров. — Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2017. — 56 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152985> (дата обращения: 28.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

– Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Информатика и её применения» ISSN 1992-2264
- Журнал «Кибернетика и программирование» ISSN 2306-4196
- Журнал «Прикладная информатика» ISSN 1993-8314

## **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 01.01.2024 составляет 1727628 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 на языке Java*» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

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

В настоящее время кафедра при организации учебного процесса использует два

собственных компьютерных класса (аудитории № 125, № 119) и один общий факультетский компьютерный класс (ауд. № 123). В аудиториях № 125 и № 119 учебный процесс ведется на **41** персональных компьютерах, каждый из которых обладает процессором выше Pentium II, 5 из которых мощные графические станции с OS Windows 7 для моделирования и работы в пакетах таких прикладных программ, как AutodeskAutoCAD, SolidWorksEducationEdition 200 CAMPUS, ANSYSAcademicResearchCFD и 6 компьютеров для высокопроизводительных параллельных вычислений.

Все компьютеры объединены в локальную сеть и имеют выход в интернет. Так же в учебном процессе используются **4** ноутбука, один нетбук и 3 мультимедиа-проектора для организации презентаций и докладов.

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

Учебно-наглядные пособия по дисциплине не предусмотрены.

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

Для обеспечения учебного и научно-исследовательского процесса за кафедрой информационных компьютерных технологий закреплена 1 учебно-научная лаборатория, 2 компьютерных класса на 40 посадочных мест, 4 кабинета.

Кафедра информационных компьютерных технологий располагает значительным количеством разнообразного современного оборудования (компьютеры, оргтехника, технические средства обучения и плоттер и 3-Дпринтер.).

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

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

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

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013	Неограниченно	бессрочно
2.	Интернет-браузер Firefox	Бесплатный	Неограниченно	бессрочно
3.	IDE IntelliJ IDEA Community Edition	Бесплатный	Неограниченно	бессрочно

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Основные конструкции языка Java	<i>Знает:</i> – особенности используемых в настоящее время стандартов языка Java <i>Умеет:</i> – формировать перечень задач юзабилити-исследования; прототипировать графические пользовательские интерфейсы – писать программы с консольным и графическим интерфейсом – пользоваться встроенными в стандарт библиотеками <i>Владеет:</i> – основными приемами программирования с использованием языка Java	Оценка за контрольную работу №1
<b>Раздел 2.</b> Расширенные возможности языка Java	<i>Знает:</i> – особенности используемых в настоящее время стандартов языка Java – принципы эргономики, средства разработки эргономичных графических пользовательских интерфейсов <i>Умеет:</i> – формировать перечень задач юзабилити-исследования; прототипировать графические пользовательские интерфейсы – определять и вырабатывать требования к интерфейсу программного продукта – писать программы с консольным и графическим интерфейсом – пользоваться встроенными в стандарт библиотеками <i>Владеет:</i> – методами проектирования и оценки эргономичности графических пользовательских интерфейсов – основными приемами программирования с использованием языка Java – приемами оптимизации программного кода – основными приемами	Оценка за контрольную работу №2

	тестирования кода на Java	
<b>Раздел 3.</b> Разработка веб-приложений с использованием экосистемы фреймворков Spring.	<i>Знает:</i> – особенности используемых в настоящее время стандартов языка Java – принципы эргономики, средства разработки эргономичных графических пользовательских интерфейсов <i>Умеет:</i> – писать программы с консольным и графическим интерфейсом – пользоваться встроенными в стандарт библиотеками <i>Владеет:</i> – методами проектирования и оценки эргономичности графических пользовательских интерфейсов – основными приемами программирования с использованием языка Java – приемами оптимизации программного кода	Оценка за лабораторный практикум

### **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 высшего образования – 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 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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 дисциплины**  
**«Программирование на основе Java (с приложениями)»**

**основной образовательной программы**  
**09.04.02 Информационные системы и технологии**  
код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Информационные технологии для цифрового проектирования»**  
наименование ООП

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»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Проектирование на основе пакета AutoCAD»**

**Направление подготовки**

**09.04.02 Информационные системы и технологии**

**Магистерская программа**

**«Информационные технологии для цифрового проектирования»**

**Квалификация «магистр»**

**Москва 2025**



Программа составлена к.т.н, доцентом кафедры информационных компьютерных технологий  
В.А. Василенко

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д.И. Менделеева

---

(Наименование кафедры)

«13» мая 2025 г., протокол №17.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратуры по направлению подготовки **09.04.02 – Информационные системы и технологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Информационных компьютерных технологий** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Проектирование на основе пакета AutoCAD»** относится к вариативной части дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области начертательной геометрии, инженерной графики, программирование на языках различного уровня.

**Цель дисциплины** – обучение студентов навыкам практической разработки и применения моделей, методов и средств автоматизации проектирования технологических процессов и технических устройств с помощью пакета проектирования Autodesk AutoCAD и языка AutoLISP для программирования в среде AutoCAD, обучение навыкам трехмерной печати.

### **Задачи дисциплины:**

- усвоение студентами моделирования и визуализации геометрических объектов в среде проектирования Autodesk AutoCAD (как двумерных, так и трехмерных);
- изучению студентами языка программирования AutoLISP;
- практического его применения для программирования и упрощения работы в среде AutoCAD;
- обучению работы с 3-D принтером.

Дисциплина **«Проектирование на основе пакета AutoCAD»** преподается в 1 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 выпускников 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 критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации. УК-1.2. Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации. УК-1.3. Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели,

		определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.
--	--	--

**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>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>				
Менеджмент проектов в области информационных технологий (планирование, организация исполнения, контроль и анализ отклонений) для эффективного достижения целей проекта	Проекты в области информационных технологий	ПК-2. Способность выполнять управление проектами в области информационных технологий любого масштаба в условиях неопределенности.	ПК-2.1 Знает основы конфигурационного управления; методы функционального аудита конфигурации информационных систем. ПК-2.2 Умеет планировать работы в проекте в области информационных технологий. ПК-2.3 Владеет управлением сборки программных базовых элементов конфигурации информационных систем; навыками разработки плана конфигурационного управления.	Сферы деятельности ФГОС ВО в областях: 06. Связь, информационные и коммуникационные технологии 06.016 Профессиональный стандарт «Руководитель проектов в области информационных технологий», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 27 апреля 2023 г. № 369н Обобщенная трудовая функция В. Управление проектами в области ИТ малого и среднего уровня сложности в условиях неопределенности

				ей, порождаемых запросами на изменения, с применением формальных инструментов управления рисками и проблемами проекта (уровень квалификации – 7).
Разработка, восстановление и сопровождение требований к программному обеспечению, продукту, средству, программно-аппаратному комплексу, автоматизированной информационной системе или автоматизированной системе управления на протяжении их жизненного цикла	Проекты в области информационных технологий	ПК-4. Способность выполнять непосредственное руководство процессами разработки программного.	ПК-4.1 Знает методологии и средства проектирования программного обеспечения. ПК-4.2 Умеет применять методологии и средства проектирования программного обеспечения, применять принципы построения архитектуры программного обеспечения. ПК-4.3 Владеет методами и средствами проектирования программного обеспечения.	Сферы деятельности ФГОС ВО в областях: 06. Связь, информационные и коммуникационные технологии 06.017 Профессиональный стандарт «Руководитель разработки программного обеспечения», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 20 июля 2022 г. № 423н Обобщенная трудовая функция А. Руководство процессами разработки компьютерного программного обеспечения (уровень квалификации – 6).

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

*Знать:*

- современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;
- основные типы данных, методы и интерфейсы, используемые для создания, отображения или модификации геометрических моделей;
- средства хранения и визуализации геометрической информации;
- типичные операции над геометрическими моделями;
- основы языка AutoLISP.

*Уметь:*

- применять на практике современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;
- составлять документацию на основе цифровых прототипов, создавать чертежи и спецификации согласно ГОСТ;
- использовать возможности AutoLISP для реализации и модификации объектов в среде AutoCAD;
- печатать на 3D принтере.

*Владеть:*

- приемами геометрического описания проектируемого объекта;
- приемами формирования конструкторской документации в графических системах разных классов и типов;
- навыками программирования на языке AutoLISP;
- методами адаптивного и параметрического моделирования.

### 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>1,41</b>	<b>51</b>	<b>38,25</b>
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0,47	17	12,75
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,59</b>	<b>93</b>	<b>96,75</b>
Контактная самостоятельная работа (АттК из УП для зач / зач с оц.)	2,59	0,2	0,07
Самостоятельное изучение разделов дисциплины (или другие виды самостоятельной работы)		92,8	96,68
<b>Вид контроля:</b>	<b>зачет</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек.	ПЗ	Лаб.	СР
	<b>Введение</b>	<b>2</b>	<b>1</b>			<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Геометрическое моделирование</b>	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
1.1	Место геометрического моделирования в области автоматизированного проектирования. Области применения. Современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования. Знакомство с интерфейсом программного пакета Autodesk AutoCAD.	5	1	1	1	2
1.2	Создание и редактирование примитивов. Способы задания координат.	5	1	1	1	2
1.3	Свойства объектов. Слои. Размерные стили, текстовые стили. Штриховка.	6	1	1	1	3
1.4	Создание блоков. Создание библиотек. Работа с центром управления.	6	1	1	1	3
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Основы программирования на AutoLISP</b>	<b>53</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>35</b>
2.1	Общие сведения о языке AutoLISP. Типы данных переменные, функции.	8	1	1	1	5
2.2	Программирование в среде VisualLISP. Построение процедур на основе встроенных функций AutoLISP.	15	1	2	2	10
2.3	AutoLISP и объекты AutoCAD. извлечение объектов из базы данных, модификация, обновление объектов. Образмеривание.	15	1	2	2	10
2.4	Расширение возможностей AutoCAD. Работа с программой в режиме диалога. Работа с базами данных. Изменение графической базы данных AutoCAD.	15	1	2	2	10
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Дополнительные возможности AutoCAD</b>	<b>67</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>47</b>
3.1	Параметрическое и имитационное программирование	9	1	1	1	6
3.2	Основы использования расширения языка AutoLISP для реализации технологии ActiveX в системе AutoCAD.	9	1	1	1	6
3.3	Трехмерное моделирование в AutoCAD	26	2	2	2	20
3.4	Организация чертежа. Понятие: пространства листа. Создание видовых экранов и приемы работы с ними.	14	2	1	1	10

	Вывод чертежа на печать. Взаимодействие с другими приложениями.					
3.5	Основы и технологии 3D-печати. Вывод на печать 3D-модели	9	2	1	1	5
<b>Итого</b>		<b>144</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>93</b>

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### *Раздел 1. Геометрическое моделирование.*

1.1. Место геометрического моделирования в области автоматизированного проектирования. Области применения. Современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования. Знакомство с интерфейсом программного пакета Autodesk AutoCAD.

1.2. Способы создания двумерных объектов, редактирование свойств двумерных объектов. Инструменты управления свойствами объектов. Способы задания координат.

1.3. Создание слоев и правила работы с ними. Современные инструменты управления слоями. Создание и редактирование пользовательских размерных и текстовых стилей. Типы текстов - многострочный и однострочный. Понятие о стиле текста. Работа в редакторе многострочного текста. Создание текстового стиля. Способы редактирования текста.

Типы штриховки. Создание штриховки. Свойства штриховки- ассоциативность, прозрачность, фон. Редактирование штриховки.

1.4. Основные операции с блоками: создание, вставка, редактирование, удаление. Очистка чертежа. Передача блоков между документами. Создание шаблонов. Создание библиотек. Использование чужих библиотек. Знакомство с Центром управления.

### *Раздел 2. Основы программирования на AutoLISP*

2.1. Общие сведения о языке AutoLISP. Типы данных, переменные, выражения, функции присвоения, преобразования. Логические функции. Ввод данных.

2.2. Программирование в среде VisualLISP. Построение процедур на основе встроенных функций AutoLISP.

2.3. Основные понятия о сущностях объектов AutoCAD. Параметры объектов, хранящиеся в базе данных программы. Методика работы с объектами: извлечение их из базы данных, модификация, обновление объектов.

2.4. Расширение возможностей AutoCAD. Работа с программой в режиме диалога в интегрированной среде разработки Visual LISP. Программирование диалоговых окон на языке DCL. Работа с базами данных. Изменение графической базы данных AutoCAD.

### *Раздел 3. Дополнительные возможности AutoCAD.*

3.1. Параметрическое и имитационное программирование.

3.2. Методы построения и редактирования трехмерных объектов. Построение сечений и чертежей на основе трехмерной модели.

3.3. Организация чертежа. Понятие: пространства листа. Создание видовых экранов и приемы работы с ними. Вывод чертежа на печать. Взаимодействие с другими приложениями. Публикация в PDF.

3.4. Технологии и области применения 3D-печати. Материалы для 3D-печати. Виды 3D-принтеров.

Конвертация файлов в формат хранения трехмерных моделей STL (stereolithography). Формирование программы для печати в виде G-кода (на языке программирования устройств с числовым программным управлением). Выбор положения модели. Подготовка принтера (выбор пластика, подогрев стола, сопла). Печать при помощи 3D принтера.

Общее количество разделов - 3.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>			
1	– современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;	+		
2	– основные типы данных, методы и интерфейсы, используемые для создания, отображения или модификации геометрических моделей;	+		+
3	– средства хранения и визуализации геометрической информации;	+		+
4	– типичные операции над геометрическими моделями;	+		+
5	– основы языка AutoLISP;		+	
	<b>Уметь:</b>			
6	– применять современные пакеты прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;	+	+	+
7	– использовать возможности AutoLISP для реализации и модификации объектов в среде AutoCAD;		+	+
8	– использовать возможности использования языка AutoLISP для программирования в среде AutoCAD;		+	
9	– печатать на 3d принтере			+
	<b>Владеть:</b>			
10	– приемами геометрического описания проектируемого объекта;	+		+
11	– приемами формирования конструкторской документации в графических системах разных классов и типов;	+		+
12	– навыками программирования на языке AutoLISP;		+	+
13	– методами адаптивного и параметрического моделирования			+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>универсальных компетенции и индикаторы их достижения:</u>				
	<b>Код и наименование УК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения УК</b>		



14	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации.	+	+	+
		УК-1.2. Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации.	+	+	+
		УК-1.3. Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения</u> :					
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
15	ПК-2. Способность выполнять управление проектами в области информационных технологий любого масштаба в условиях неопределенности.	ПК-2.1 Знает основы конфигурационного управления; методы функционального аудита конфигурации информационных систем. ПК-2.2 Умеет планировать работы в проекте в области информационных технологий. ПК-2.3 Владеет управлением сборки программных базовых элементов конфигурации информационных систем; навыками разработки плана конфигурационного управления.	+	+	+
16	ПК-4. Способность выполнять непосредственное руководство процессами разработки программного.	ПК-4.1 Знает методологии и средства проектирования программного обеспечения. ПК-4.2 Умеет применять методологии и средства проектирования программного обеспечения, применять принципы построения архитектуры программного обеспечения.	+	+	+

		ПК-4.3 Владеет методами и средствами проектирования программного обеспечения.			
--	--	---	--	--	--

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	1.1-1.4	Геометрическое моделирование на плоскости в AutoCAD.	4
2	2.1	Основы языка AutoLISP, ввод данных, циклы, списки.	1
3	2.2	Программирование в среде VisualLISP.	2
4	2.3	Создание, выбор, редактирование объектов в среде AutoLISP.	4
5	3.1	Параметрическое и адаптивное моделирование. Использование уравнений при моделировании объектов.	1
6	3.2	Введение в технологию ActiveX.	1
7	3.3	Основы построения и редактирования 3D объектов.	2
8	3.4	Основные сведения по оформлению чертежей и составлению конструкторской документации согласно ЕСКД.	1
9	3.5	Основы и технологии трехмерной печати	1

### 6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «**Проектирование на основе пакета AutoCAD**», а также дает знания о проведения конструкторских расчетов и оформления конструкторской документации, направлено на приобретение практических навыков проектирования объектов.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 70 баллов (Работы 1,3,4,8,9 - максимально по 10 баллов за каждую работу, работы 2,5-7 - максимально по 5 баллов каждая). 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	Черчение и редактирование простых геометрических объектов с использованием различных систем координат. Вычерчивание двумерных деталей с использованием слоев. Настройка стилей и простановка размеров.	2
2	1	Применение блоков для создания повторяющихся фрагментов чертежей. Построение технологической схемы химического производства	2
3	2	Знакомство с языком AutoLISP. Построение процедур в среде VisualLISP на основе встроенных функций AutoLISP.	4

		Применение языка AutoLISP для создания и редактирования объектов AutoCAD.	
4	2	Программирование диалоговых окон на языке DCL.	3
5	3	Параметрическое и имитационное программирование.	1
6	3	Использование расширения языка AutoLisp для реализации технологии ActiveX	1
7	3	Знакомство с основами 3D моделирования. Построение примитивных трехмерных деталей.	2
8	3	Построение трехмерной модели машиностроительной детали. Оформление двумерного чертежа 3х мерной машиностроительной детали в соответствии с требованиями ЕСКД. (6 ч)	1
9	3	Подготовка к печати и печать трехмерной модели на 3д принтере. (2 ч)	1

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 93 час., в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины и выполнение курсового проекта.

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;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- 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**

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 30 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 70 балла) и итогового контроля в форме *зачета*.

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

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы в виде тестирования (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 10 баллов за каждую.

**Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка 10 баллов. Тест № 1 состоит из 30 вопросов, которые вызываются в случайном порядке из банка вопросов (100 вопросов).**

1. Основные команды построения элементарных геометрических элементов.
2. Что такое объектная привязка? Для чего она предназначена?
3. Командная строка. Как пользоваться опциями командной строки?
4. Команды редактирования объектов.
5. Особенности построения многоугольников, прямоугольников, эллипсов.
6. Особенности работы со слоями.
7. Блоки. Создание, вставка и редактирование блоков. Перенос блоков из чертежа в чертеж. Атрибуты блоков.
8. Сопряжение объектов. Возможности команды Fillet.
9. Использование команды Soldraw для нанесения штриховки.
10. Построение сопряжений объектов.
11. Настройка шрифтов, размеров, толщин и типов линий согласно ЕСКД.
12. Простановка размеров согласно ЕСКД.

**Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка 10 баллов. Тест № 2 состоит из 30 вопросов, которые вызываются в случайном порядке из банка вопросов (100 вопросов).**

1. Типы данных AutoLISP.
2. Выполнение команд AutoCAD из AutoLISP.
3. Логические функции AutoLISP.
4. Функции вычислений AutoLISP.
5. Функции преобразования данных AutoLISP.
6. Функции обработки строк AutoLISP.
7. Функции обработки списков AutoLISP.
8. Функции ввода данных и указания объектов AutoLISP.
9. Функции ввода-вывода AutoLISP.
10. Функции доступа к примитивам AutoCAD.
11. Создание пользовательских функций в AutoLISP.

**Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка 10 баллов. Тест № 3 состоит из 30 вопросов, которые вызываются в случайном порядке из банка вопросов (100 вопросов).**

1. Что такое зависимости и параметрическое черчение в AutoCAD? Типы зависимостей. Управление зависимостями. Настройка параметров объектов с зависимостями.
2. Типы 3-х мерных объектов. Их отличия. Методы построения для каждого типа. Просмотр модели с использованием типовых направлений проецирования.

3. Поля в AutoCAD. Способ создания. Пример тестового поля в штампе документа. Пример поля на основе свойств объектов.
4. Создание сечений и разрезов.
5. Правила оформления чертежей согласно ЕСКД.

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

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

1. Пакулин, В. Н. Проектирование в AutoCAD: учебное пособие / В. Н. Пакулин. — 2-е изд. — Москва: ИНТУИТ, 2016. — 424 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/100396> (дата обращения: 19.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Пакулин, В. Н. Программирование в AutoCAD: учебное пособие / В. Н. Пакулин. — 2-е изд. — Москва: ИНТУИТ, 2016. — 471 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/100417> (дата обращения: 19.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Габидулин В. М. Трехмерное моделирование в AutoCAD 2014. М.: ДМК Пресс, 2014. - 280 с.

#### **Б. Дополнительная литература**

1. Абросимов, С. Н. Основы компьютерной графики САПР изделий машиностроения (MCAD): учебное пособие / С. Н. Абросимов. — Санкт-Петербург: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2014. — 206 с. — ISBN 978-5-85546-798-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/63672> (дата обращения: 19.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Чиченева, О. Н. Компьютерная графика. Программирование на языке AutoLisp в среде AutoCad: методические указания / О. Н. Чиченева. — Москва: МИСИС, 2004. — 44 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116792> (дата обращения: 19.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Черняева, Н. Н. Инженерная и компьютерная графика. Лабораторный практикум в среде Autocad: учебное пособие / Н. Н. Черняева. — Вологда: ВоГУ, 2014. — 88 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93067> (дата обращения: 19.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Инженерная 3D-компьютерная графика в 2 т. Том 1: учебник и практикум для вузов / А. Л. Хейфец, А. Н. Логиновский, И. В. Буторина, В. Н. Васильева; под редакцией А. Л. Хейфеца. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 328 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02957-4. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490995> (дата обращения: 19.05.2024).
5. Инженерная 3D-компьютерная графика в 2 т. Том 2: учебник и практикум для вузов / А. Л. Хейфец, А. Н. Логиновский, И. В. Буторина, В. Н. Васильева; под редакцией А. Л. Хейфеца. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 279 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02959-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490996> (дата обращения: 19.05.2024).

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

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

Научно-технические журналы:

- Журнал «САПР и графика» ISSN 1560-4640
- Журнал «Автоматизированное проектирование в машиностроении» ISSN 2309-8864
- Журнал «Геометрия и графика» ISSN 2308-4898
- Журнал «CAD/CAM/CAE Observer» ISSN 1407-7183

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет (*при необходимости*):

- <http://isicad.ru>
- <http://sapr-journal.ru>
- <http://www.cadcatalog.ru>
- <http://www.cadmaster.ru>

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

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

1. Электронные презентации лекций на учебном портале университета <http://moodle.muctr.ru/course/>.
2. Банк заданий по лабораторным работам на учебном портале университета <http://moodle.muctr.ru/course/>.
3. банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 300).

## **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 01.01.2024 составляет 1 716 243 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.

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

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Проектирование на основе пакета AutoCAD*» проводятся в форме лекций, лабораторных и практических занятий, самостоятельной работы обучающегося.

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

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; компьютерный класс, насчитывающий не менее 20 посадочных мест с предустановленным программным обеспечением для выполнения лабораторных работ; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

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

Комплекты плакатов к разделам лекционного курса.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами (в том числе плоттер, 3D принтер) и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

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

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; раздаточный материал к лабораторным занятиям по дисциплине.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; кафедральные библиотеки электронных изданий.

#### **11.5. 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 от 02.12.2013	1000	бессрочная
2	Microsoft Windows 7 Pro	Microsoft Open License Номер лицензии 47837475	21	бессрочная



3	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)
4	Autocad Autodesk 2021	Номер лицензии 570-42353895 / 001M1	250	бессрочно
5	Autocad Autodesk Plant 3D 2021	Номер лицензии 568-77174872 / 426M1	250	бессрочно

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1. Геометрическое моделирование</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– возможности программ компьютерного черчения.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– принципами построения примитивов и чертежей в программе "AutoCAD",</li> <li>– навыками работы с двумерными чертежами.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выполнять построение чертежей на компьютере;</li> <li>– осуществлять поиск технической информации;</li> <li>– создавать текстовую проектную документацию.</li> </ul>	<p>Оценка за лабораторные работы 1-2.</p> <p>Оценка за контрольную работу № 1.</p> <p>Оценка на зачете</p>
<b>Раздел 2. Основы программирования на AutoLISP</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– язык программирования AutoLISP.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– принципами, методами и подходами к программированию в среде VisualLISP,</li> <li>– навыками программирования на языке AutoLISP.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p>	<p>Оценка за лабораторные работы 3-4.</p> <p>Оценка за контрольную работу №2.</p> <p>Оценка на зачете</p>

	– использовать возможности AutoLISP для реализации и модификации объектов в среде AutoCAD.	
<b>Раздел 3. Дополнительные возможности</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основы технологии ActiveX Automation.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками параметрического и имитационного программирования;</li> <li>– основами использования расширения языка AutoLISP для реализации технологии ActiveX в системе AutoCAD.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– интегрировать программы AutoCAD с приложениями MS Office на основе COM-технологии;</li> <li>– строить чертежи деталей в трехмерном AutoCAD;</li> <li>– применять различные средства визуализации чертежа и печати.</li> </ul>	<p>Оценки за лабораторные работы 5-9.</p> <p>Оценка за контрольную работу №3.</p> <p>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 высшего образования – 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 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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**  
**«Проектирование на основе пакета AutoCAD»**

**основной образовательной программы**  
**09.04.02 Информационные системы и технологии**  
код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Информационные технологии для цифрового проектирования»**  
наименование ООП

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»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Математическое моделирование в технологии блокчейнов»**

Направление подготовки

09.04.02 Информационные системы и технологии

Магистерская программа

**«Информационные технологии для цифрового проектирования»**

**Квалификация: Магистр**

**Москва 2025**

Программа составлена доцентом кафедрой информационных компьютерных технологий, к.т.н. Красильниковым И.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д.И. Менделеева

---

(Наименование кафедры)

«13» мая 2025 г., протокол №17.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) для направления подготовки магистров 09.04.02 «Информационные системы и технологии».

Программа относится к вариативной части дисциплин учебного плана и является дисциплиной по выбору. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе. Итоговой формой контроля является зачет с оценкой. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области вычислительной математики и численных методов, математического моделирования, программирования на языках высокого уровня.

**Цель дисциплины** состоит в углублении имеющихся и получении новых знаний, умений и навыков в области основ технологии блокчейнов (распределенного реестра) и применения для разработки, проектирования и решения прикладных задач на основе этой технологии, а также для разработки специализированного программно-алгоритмического обеспечения – децентрализованных приложений.

В **задачи** курса входит изучение причин развития технологии блокчейн, рассмотрение принципов ее функционирования и построения систем на ее основе, математических структур, лежащих в основе технологии, таких как группы, кольца, конечные поля, хэш-функции. Так же изучаются криптографические алгоритмы, в частности, криптография, основанная на эллиптических кривых, которая используется при построении различных систем на основе технологии блокчейн.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины при подготовке магистров по программе «Информационные технологии для цифрового проектирования» направления 09.04.02 Информационные системы и технологии 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 критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации. УК-1.2. Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблем-

		<p>ных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации.</p> <p>УК-1.3.</p> <p>Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.</p>
--	--	--

**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>				
Разработка, восстановление и сопровождение требований к программному обеспечению, продукту, средству, программно аппаратному комплексу, автоматизированной информационной системе или автоматизированной системе управления на протяжении их жизненного цикла	Проекты в области информационных технологий	ПК-3. Способен выполнять управление аналитическими работами.	<p>ПК-3.1 Знает методы планирования проектных работ.</p> <p>ПК-3.2 Умеет планировать аналитические работы в ИТ-проекте.</p> <p>ПК-3.3 Владеет постановкой задач на разработку планов аналитических работ по отдельным частям системы.</p>	<p>Сферы деятельности ФГОС ВО в областях:</p> <p>06. Связь, информационные и коммуникационные технологии</p> <p>06.022 Профессиональный стандарт «Системный аналитик», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 27 апреля 2023 г. № 367н</p> <p>Обобщенная трудовая функция:</p> <p>D. Управление работами системных аналитиков в проекте или в процессе проектирования, создания, при-</p>

				обретения, развития, поддержки, замены или утилизации Системы (уровень квалификации – 7).
--	--	--	--	---

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- математические концепции и структуры, лежащие в основе технологии блокчейн;
- основы построения технологии блокчейн и особенности ее использования в настоящее время в различных информационных и программных системах;

**уметь:**

- использовать математические структуры, лежащие в основе технологии блокчейн;
- применять технологию блокчейн при создании различных информационных и программных систем;

**владеть:**

- основными приемами работы с математическими структурами, лежащими в основе технологии блокчейн;
- основными приемами программирования различных систем с использованием технологии блокчейн;
- приемами разработки и проектирования различных информационных и программных систем с использованием технологии блокчейн.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>3</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа (КР):</b>	<b>1,42</b>	<b>51</b>
Лекции (Лек)	0,47	17
Лабораторные занятия (Лаб)	0,95	34
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>1,58</b>	<b>57</b>
Контактная самостоятельная работа	1,58	0,2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		56,8
<b>Вид контроля:</b>	<b>зачет</b>	

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В астроном. часах
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>3</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа (КР):</b>	<b>1,42</b>	<b>38,25</b>
Лекции (Лек)	0,47	12,75
Лабораторные занятия (Лаб)	0,95	25,5
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>1,58</b>	<b>42,75</b>



Контактная самостоятельная работа	1,58	0,07
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		42,68
<b>Вид контроля:</b>	<b>зачет</b>	

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов			
		Всего	Лек.	Лаб.	СР
	Введение	1	1	0	0
1	Раздел 1. Технология блокчейн, история возникновения, основные принципы построения и области применения.	20	3	0	17
2	Раздел 2. Проектирование и разработка систем на основе технологии блокчейн.	43	6	17	20
3	Раздел 3. Математические структуры, лежащие в основе технологии блокчейн, и их использование.	44	7	17	20
Итого		108	17	34	57

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

#### **Введение**

Цели и задачи курса. Структура излагаемого материала. Основные понятия, определения, терминология.

#### **Раздел 1. Технология блокчейн, история возникновения, основные принципы построения и области применения.**

История и предпосылки развития технологии блокчейн, ее место в современной цифровой экономике. Основные принципы построения технологии блокчейн. Области применения этой технологии. Основные компьютерные и программные структуры, лежащие в основе технологии блокчейн. Права владения и их фиксация, как задача, на решение которой направлена технология блокчейн.

#### **Раздел 2. Проектирование и разработка систем на основе технологии блокчейн.**

План проектирования и разработки систем на основе технологии блокчейн. Основные задачи, решаемые при их проектировании и разработке:

- описание прав владения;
- защита прав владения;
- хранение данных транзакций;
- подготовка реестров к распространению в ненадежной среде;
- распространение реестров;

- добавление новых транзакций в реестры;
- определение, в каких реестрах представлены правильные данные.

Общая схема работы и обобщенный алгоритм работы технологии блокчейнов.

### **Раздел 3. Математические структуры, лежащие в основе технологии блокчейн, и их использование.**

Хэш-функция, ее определение и свойства. Примеры. Криптографические хэш-функции, односторонние функции и устойчивость к коллизиям. Соотношения между классами функций. Примеры использования и построения самих функций. Поиск коллизий и оценки трудоемкости их построений. Примеры алгоритмов построения хэш-функций.

Концепция дерева Merkle и эффективность его использования.

Используемые алгебраические структуры:

- группы, определение, примеры, коммутативные группы, группа вычетов по модулю  $n$ , гомоморфизмы групп, отношение эквивалентности, фактор группа;

- кольца, определение, примеры, коммутативные кольца, кольцо вычетов по модулю идеала, гомоморфизм колец, фактор кольцо;

- поля, определение, примеры, гомоморфизмы полей, конечные поля, расширения полей, простые поля, алгебраические элементы поля;

- многочлены, понятие делимости для кольца многочленов, нормированные многочлены, наибольший общий делитель и наименьшее общее кратное в кольце многочленов;

- эллиптические кривые, определение, основные свойства, сложение точек эллиптической кривой, групповое свойство точек эллиптической кривой, эллиптические кривые над конечным полем.

Криптография на эллиптических кривых. Кривая SECP256k1. Приватные и публичные ключи и их создание. Алгоритм цифровой подписи и проверка подписи публичным ключом.

## **5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
<b>Знать:</b>			
математические концепции и структуры, лежащие в основе технологии блокчейн;			+
основы построения технологии блокчейн и особенности ее использования в настоящее время в различных инфор-	+	+	

мационных и программных системах;				
<b>Уметь:</b>				
использовать математические структуры, лежащие в основе технологии блокчейн;				+
применять технологию блокчейн при создании различных информационных и программных систем;			+	
<b>Владеть:</b>				
основными приемами работы с математическими структурами, лежащими в основе технологии блокчейн;				+
основными приемами программирования различных систем с использованием технологии блокчейн;			+	
приемами разработки и проектирования различных информационных и программных систем с использованием технологии блокчейн;			+	
<b>Универсальные компетенции:</b>				
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<p>УК-1.1. Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации.</p> <p>УК-1.2. Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации.</p> <p>УК-1.3. Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.</p>	+	+	+
<b>Профессиональные компетенции:</b>				
ПК-3. Способен выполнять управление аналитическими работами.	<p>ПК-3.1 Знает методы планирования проектных работ.</p> <p>ПК-3.2 Умеет планировать аналитические работы в ИТ-проекте.</p> <p>ПК-3.3 Владеет постановкой задач на разработку планов аналитических работ по отдельным частям системы.</p>	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Учебным планом не предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине.

### 6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине в объёме 34 часов (0,94 зач. ед.). Лабораторные занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на приобретение практических навыков разработки проектирования и разработки блокчейн структур

#### Примерный перечень лабораторных занятий:

Раздел	Наименование лабораторных работ
1	Лабораторная работа 1. (8 часа) Протипирование структуры блокчейн цепочек. Разработка программы генерации блокчейн цепочек Лабораторная работа 2. (8 часа) Разработка программы автоматической проверки проверки блокчейн цепочек Лабораторная работа 3. (8 часов) Разработка системы распределенного хранения информации на основе технологии блокчейн Лабораторная работа 4. (10 часов) Разработка системы управления системой распределенного хранения информацией.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объёме 57 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 контрольных работ по разделам дисциплины;
- выполнение домашних расчётно-графических 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, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. Д. И. Менделеева по тематике дисциплины;

## **Раздел 1. Технология блокчейн, история возникновения, основные принципы построения и области применения.**

Самостоятельное усвоение полученной на лекциях информации по технологии блокчейн, истории возникновения, основных принципах построения и области применения с использованием рекомендуемой литературы и сетевых источников; подготовка к контрольной работе Подготовка к зачету с оценкой (17 ч.).

## **Раздел 2. Проектирование и разработка систем на основе технологии блокчейн.**

Самостоятельная отработка навыков проектирования и разработки систем на основе технологии блокчейн, выполнение расчётно-графической работы; подготовка к лабораторным работам. Подготовка к зачету с оценкой (20 ч.).

## **Раздел 3. Математические структуры, лежащие в основе технологии блокчейн, и их использование.**

Самостоятельное усвоение полученной на лекциях информации по математическим структурам, лежащим в основе технологии блокчейн, и их использования. Изучение литературы и других источников по этой теме. Подготовка к контрольным работам. Подготовка к зачету с оценкой (20 ч.).

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

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

### **Раздел 1. Максимальная оценка – 5 баллов.**

1. Системы счисления и перевод из одной системы счисления в другую двумя способами.

### **Раздел 3. Максимальная оценка – 15 баллов.**

1. Деление с остатком одного многочлена на другой над различными полями.

2. Построение таблиц сложения и умножения в кольце многочленов.

3. Формирование цифровой подписи и ее проверка.

## **8.2. Примеры тем расчётно-графических работ для текущего контроля освоения дисциплины**

### **Раздел 3. Максимальная оценка – 5 баллов.**

Использование симметрий (группы симметрий) для понижения сложности решаемой задачи на примере исследования многочлена третьей степени.

## **8.3. Примеры тем лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины**

### **Раздел 2. Максимальная оценка – 50 баллов.**

-Протипирование структуры блокчейн цепочек. Разработка программы

генерации блокчейн цепочек

- Разработка программы автоматической проверки блокчейн цепочек
- Разработка системы распределенного хранения информации на основе технологии блокчейн
- Разработка системы управления системой распределенного хранения информацией.

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

**Зачет** - максимальная оценка – 25 баллов.

1. Перевести число из  $n$ -ичной в  $m$ -ичную систему счисления двумя способами.
2. Провести исследование кубического многочлена, используя только алгебраические методы.
3. Провести деление с остатком одного многочлена на другой над полем рациональных чисел и над конечным полем.
4. Построить таблицу сложения и умножения в фактор кольце многочленов над конечным полем по главному идеалу.
5. Сформировать цифровую подпись и проверить ее, используя криптографию на эллиптических кривых.

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

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

##### ***А. Основная литература***

1. Antonopoulos A.M. Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies // O'Reilly Media, 2017
2. Свон М. Блокчейн. Схема новой экономики // «Олимп – Бизнес», 2017
3. Равал С. Децентрализованные приложения. Технология Blockchain в действии // Питер, 2017
4. Журавлев Ю.И., Флеров Ю.А., Вялый М.Н. Дискретный анализ. Основы высшей алгебры. // Москва, МЗ Пресс 2006.
5. Соловьев Ю.П., Садовничий Ю.П., Шавгулидзе Е.Т., Белокуров В.В. Эллиптические кривые и современные алгоритмы теории чисел // Москва-Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2003

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

1. Лоран Лелу Блокчейн от А до Я. Все о технологии десятилетия // Издательство «Эксмо», 2018
2. Алекс Тапскотт, Дон Тапскотт Технология блокчейн: то, что движет финансовой революцией сегодня // Эксмо; Москва; 2017

3. Wattenhofer R. The Science of the Blockchain // Inverted Forest Publishing, 2016
4. Генкин А.С., Михеев А.А. Блокчейн. Как это работает и что ждет нас завтра // Альпина Паблишер, 2018.
5. Шафаревич И.Р. Основные понятия алгебры // Ижевск, РХД, 1999

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

Научно-технические журналы:

- Журнал вычислительной математики и математической физики;
- Информационные процессы;
- Искусственный интеллект и принятие решений;
- Математическая теория игр и её приложения;
- Моделирование и анализ информационных систем;
- Математическое моделирование;
- Программирование;
- Сибирский журнал вычислительной математики;
- Вычислительные технологии;
- Системы и средства информатики.

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

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

1. Вычислительные ресурсы с доступом в интернет.
2. Банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины.
3. Банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (ЭО и ДОТ) при реализации основных профессиональных образовательных программ, предусмотрено использование следующих средств обеспечения освоения дисциплины: чтение лекций, проведение семинаров и консультация студентов с помощью проведения вебинаров на платформе «Discord», работа на платформе «ЭИОС РХТУ», работа по e-mail, работа в социальной сети «ВКонтакте», работа в мессенджерах WhatsApp, 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 01.01.2024 составляет 1 708 372 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 проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

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

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; компьютерный класс, насчитывающий не менее 20 посадочных мест с предустановленным программным обеспечением для выполнения лабораторных работ; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

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

Презентационные материалы к разделам лекционного курса.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные программными средствами; проекторы и экраны; локальная сеть с выходом в Интернет.

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

Информационно-методические материалы: раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; раздаточный материал к лабораторным занятиям по дисциплине.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; кафедральные библиотеки электронных изданий.



### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Ubuntu Linux	Открытое программное обеспечение	34	бессрочно

### 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Технология блокчейн, история возникновения, основные принципы построения и области применения.	<b>Знает:</b> основы построения технологии блокчейн и особенности ее использования в настоящее время в различных информационных и программных системах;	Контрольная работа, зачет
<b>Раздел 2.</b> Проектирование и разработка систем на основе технологии блокчейн.	<b>Знает:</b> основы построения технологии блокчейн и особенности ее использования в настоящее время в различных информационных и программных системах; <b>Умеет:</b> применять технологию блокчейн при создании различных информационных и программных систем; <b>Владеет:</b> основными приемами программирования различных систем с использованием технологии блокчейн; приемами разработки и проектирования различных информационных и программных систем с использованием технологии блокчейн;	Расчётно-графическая работа, лабораторная работа, зачет
<b>Раздел 3.</b> Математические структуры, лежащие в основе технологии блокчейн, и их использование.	<b>Знает:</b> математические концепции и структуры, лежащие в основе технологии блокчейн; <b>Умеет:</b> использовать математические структуры, лежащие в основе технологии блокчейн; <b>Владеет:</b> основными приемами работы с математическими структурами, лежащими в основе технологии блокчейн;	Контрольные работы, зачет

### 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 высшего образования – 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 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– 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 в технологии блокчейнов»  
основной образовательной программы магистратуры**

09.04.02 Информационные системы и технологии  
Магистерская программа  
«Информационные технологии для цифрового проектирования»  
Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		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»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Многомасштабное компьютерное моделирование»**

**Направление подготовки**

09.04.02 Информационные системы и технологии

**Магистерская программа**

«Информационные технологии для цифрового проектирования»

**Квалификация «магистр»**

**Москва 2025**

Программа составлена заведующей кафедры информационных компьютерных технологий, д.т.н., проф. Э.М. Кольцовой и доцентом кафедры информационных компьютерных технологий, к.т.н. И.И. Митричевым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д.И. Менделеева

---

(Наименование кафедры)

«13» мая 2025 г., протокол №17.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) – магистратура по направлению подготовки **09.04.02 Информационные системы и технологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **информационных компьютерных технологий** РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Дисциплина относится к обязательной части дисциплин учебного плана. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе. Итоговой формой контроля является экзамен. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области вычислительной математики и численных методов, математического моделирования химико-технологических процессов, программирования на языках высокого уровня.

**Цель курса** – обучение проектированию информационных систем, построенных на базе математических моделей.

**Задачами курса** являются теоретическая и практическая подготовка студентов в области проектирования информационных систем, позволяющих решать практические задачи в области химической технологии, на основе методов математического и компьютерного моделирования.

Цели и задачи курса достигаются с помощью:

- изучения теоретических основ компьютерного моделирования систем и химико-технологических процессов, математического аппарата механики сплошных сред;
- рассмотрения основных математических моделей, используемых в компьютерном моделировании гидрогазодинамики и теплообмена в задачах химической технологии;
- ознакомления с численными методами решения задач вычислительной гидродинамики (метод конечных разностей, метод конечных объемов);
- изучения современных пакетов CAE и CFD программ, их особенностей;
- формирования практических навыков компьютерного моделирования различных систем, оптимизации объектов моделирования;
- рассмотрения конкретных примеров решения дифференциальных уравнений гидродинамики и массопереноса методом разностных схем;
- изучения эффективных разностных схем для одномерных уравнений переноса (Z-схема);
- изучения приемов и методов моделирования динамики реакций на поверхности катализатора;

– моделирование нанопроцессов методом молекулярной динамики.

Учебная дисциплина опирается на знания, полученные в ходе изучения дисциплин математического и естественнонаучного цикла и предшествующих дисциплин профессионального цикла.

Дисциплина «Многомасштабное компьютерное моделирование» преподаётся в 3 семестре обучения. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины при подготовке магистров по программе «Информационные технологии для цифрового проектирования» направления 09.04.02 Информационные системы и технологии 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 критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знает методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации. УК-1.2. Умеет применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации. УК-1.3. Владеет методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.

### Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
ОПК-4. Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований	ОПК-4.1. Знает новые научные принципы и методы исследований. ОПК-4.2. Умеет применять на практике новые научные принципы и методы исследований. ОПК-4.3. Владеет навыками применения новых научных принципов и методов исследования для решения профессиональных задач.
ОПК-7. Способен разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распре-	ОПК-7.1. Знает принципы построения математических моделей процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений. ОПК-7.2. Умеет разрабатывать и применять математиче-

ленных информационных систем и систем поддержки принятия решений	ские модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений. ОПК-7.3. Владеет методами построения математически моделей для реализации успешного функционирования распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений.
--	--

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

– **знать:**

– принципы создания информационных систем на основе математических моделей,

– основные уравнения механики сплошных сред и механики гетерогенных сред,

– основы метода конечных объемов,

– **уметь:**

– составлять математические модели для описания явлений в сложных физико-химических системах на макроуровне (гидродинамика, массоперенос, теплоперенос),

– составлять математические модели для описания явлений на наноуровне,

– проектировать информационную систему на базе разработанной математической модели,

– выполнять компьютерное моделирование сложных физико-химических систем (на макро и наноуровнях) в современных вычислительных пакетах,

– **владеть:**

– современными средствами и пакетами прикладных программ компьютерного моделирования гидродинамики, тепло- и массопереноса на макроуровне, динамики атомов и частиц на микроуровне, квантовой химии на наноуровне.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа - аудиторные занятия</b>	<b>1,89</b>	<b>68</b>	<b>51</b>
Лекции	0,95	34	25,5
Лабораторные работы	0,95	34	25,5
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>2,11</b>	<b>76</b>	<b>57</b>
Самостоятельное изучение разделов курса	2,11	76	57



<b>Контроль</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	0,01	0,4	0,3
Подготовка к экзамену	0,99	35,6	26,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	экзамен		

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/ п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Все го	Лек- ции	Лаб. рабо- ты	Сам. работа
	<b>Раздел 1. Аппарат механики сплошных и гетерогенных сред для моделирования сложных физико-химических систем на макроуровне</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>4</b>
1.1	Законы сохранения массы, импульса, энергии в сплошных средах. Примеры задач химической технологии с применением аппарата механики сплошных сред.		4	-	2
1.2	Законы сохранения массы, импульса, энергии в гетерогенных средах. Примеры задач химической технологии с применением аппарата механики гетерогенных сред		2	-	2
	<b>Раздел 2. Метод конечных разностей и конечных объемов для решения уравнений математических моделей сложных физико-химических систем</b>	<b>50</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>22</b>
2.1	Аппроксимация, устойчивость разностных схем. Решение уравнений в частных производных параболического типа одномерных по пространству		2	2	2
2.2	Решений уравнений в частных производных 1 <sup>го</sup> порядка. Явные, неявные разностные схемы. Алгоритм параллельной реализации для решения уравнений с помощью схем «уголок», «кабаре»		4	4	4
2.3	Решение уравнений в частных производных, многомерных по пространству. Метод установления для решения уравнений эллиптического типа. Метод дробных шагов		2	2	4
2.4	Решение уравнений с дробной производной для моделирования массопереноса в фрактальных средах		2	2	4

2.5	Основы теории метода конечных объемов. Сравнение метода конечных разностей и метода конечных объемов		2	2	4
2.6	Метод конечных объемов для решения уравнений математических моделей сложных физико-химических систем		2	2	4
	<b>Раздел 3. Основы CFD-моделирования</b>	<b>32</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>18</b>
3.1	Построение структурированных и неструктурированных сеток для расчетов методом конечных объемов.		2	4	8
3.2	Моделирование турбулентности. Границы применимости подходов. Моделирование пограничного слоя		2	6	10
	<b>Раздел 4. Метод Монте-Карло</b>	<b>28</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>20</b>
4.1	Марковские процессы. Основы теории метода Монте-Карло. Основное кинетическое уравнение. Моделирование химических реакций методом Монте-Карло.		2	2	10
4.2	Микроскопическая модель Лотки. Алгоритм ее решения с использованием метода Монте-Карло.		2	2	10
	<b>Раздел 5. Методы исследования систем на микро- и наноуровне</b>	<b>24</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>12</b>
5.1	Основы теории метода молекулярной динамики. Потенциалы взаимодействия частиц в различных средах		2	2	4
5.2	Квантовохимическое моделирование с использованием теории функционала электронной плотности		2	2	4
5.3	Пакеты прикладных программ для исследования систем на микро- и наноуровне		2	2	4
	<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>76</b>
	<b>Экзамен</b>	<b>36</b>			
	<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>			

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Содержание
	<b>Раздел 1. Аппарат механики сплошных и гетерогенных сред для моделирования сложных физико-химических систем на макроуровне</b>	
1.1	Законы сохранения массы, импульса, энергии в сплошных средах. Примеры за-	Уравнения неразрывности сплошной среды. Уравнения Эйлера, Навье – Стокса. Рассмотрение двумерных уравнений Навье – Стокса. Уравнения в переменных функции тока и вихря. Пример задач химической технологии.

	дач химической технологии с применением аппарата механики сплошных сред.	
1.2	Законы сохранения массы, импульса, энергии в гетерогенных средах. Примеры задач химической технологии с применением аппарата механики гетерогенных сред	Гипотезы механики гетерогенных сред. Уравнения для взаимопроникающих континуумов. Понятие силы взаимодействия между сплошной средой и включениями. Примеры задач химической технологии с применением механики гетерогенных сред.
	<b>Раздел 2. Метод конечных разностей и конечных объемов для решения уравнений математических моделей сложных физико-химических систем</b>	
2.1	Аппроксимация, устойчивость разностных схем. Решение уравнений в частных производных параболического типа одномерных по пространству	Аппроксимация дифференциальных операторов. Понятие явных и неявных разностных схем. Спектральный анализ устойчивости. Метод прогонки для решения уравнений параболического типа.
2.2	Решений уравнений в частных производных 1го порядка. Явные, неявные разностные схемы. Алгоритм параллельной реализации для решения уравнений с помощью схем «уголок», «кабаре»	Явные и неявные разностные схемы для решения уравнений в частных производных 1го порядка: схема «уголок», «кабаре», z-схема и др. Устойчивость схем. Метод решения. Организация параллельных вычислений для схемы уголок, «неявной» схемы. Разработка и отладка программ для решения уравнений в частных производных с использованием технологии параллельного программирования
2.3	Решение уравнений в частных производных, многомерных по пространству. Метод установления для решения уравнений эллиптического типа. Метод дробных шагов	Метод дробных шагов для многомерных уравнений параболического типа. Схемы расщепления (схема переменных направлений, схема со стабилизирующей поправкой, схема предиктор-корректор). Метод установления с применением схем расщепления для уравнений эллиптического типа.
2.4	Решение уравнений с дробной производной для моделиро-	Уравнения с дробной производной по времени для описания массопереноса во фрактальных средах. Понятие фрактальной размерности и фрактальных сред. Физический смысл дробной

	вания массопереноса в фрактальных средах	производной по времени. Понятие дробной производной по времени. Аппроксимация дробного оператора. Разностная схема для уравнений с дробной производной. Устойчивость схемы с дробной производной по времени.
2.5	Основы теории метода конечных объемов. Сравнение метода конечных разностей и метода конечных объемов	Географическая нотация. Дискретизация уравнений по методу конечных объемов. Дискретные аналоги поверхностных и объемных интегралов. Схема против потока (upwind differencing), схемы с линейной и квадратичной интерполяцией. Порядок точности используемых схем. Сравнение метода конечных объемов и метода конечных разностей: преимущества и недостатки. Решение уравнений методом конечных объемов (на примере уравнения теплопроводности).
2.6	Метод конечных объемов для решения уравнений математических моделей сложных физико-химических систем	Применение метода конечных объемов для численного решения уравнений Навье – Стокса. Дискретизация уравнений неразрывности по методу конечных объемов. Дискретизация уравнения движения. Расчет поля давления. Подходы SIMPLE, Coupled. Подавление «шахматного эффекта» осцилляций поля давления. Дискретизация уравнения энергии. Дискретизация уравнения переноса скаляра. Вычислительная гидродинамика (CFD). Вычислительные методы, используемые в CFD-пакетах; точность вычислений, источники возникновения погрешности. Типы граничных условий в задачах CFD.
	<b>Раздел 3. Основы CFD-моделирования</b>	
3.1	Построение структурированных и неструктурированных сеток для расчетов методом конечных объемов.	Построение блочных структурированных сеток. Преобразование координат, интерполяция. Схема Cooper. Построение неструктурированных сеток. Триангуляция Делонэ. Примеры структурированных и неструктурированных сеток. Сетки с несогласующимися границами. Оценка качества сетки: скошенность элементов, соотношение сторон, критерия качества. Сеточная сходимость. Адаптивное перестроение сетки. Параллельная обработка (декомпозиция) сеток. Пример построения структурированной и неструктурированной сетки.
3.2	Моделирование турбулентности. Границы применимости подходов. Моделирование пограничного слоя	Моделирование турбулентности. DNS, LES, RANS-подходы, их преимущества и недостатки. Визуализация турбулентных структур. Течения, наиболее изученные теоретически. Сценарии перехода к турбулентности. Каскад передачи энергии. Структура пограничного слоя. Профиль скорости турбулентного пограничного слоя. Осредненные уравнения Рейнольдса, проблема замыкания. Алгебраические модели турбулентности. Модели турбулентности с одним уравнением (пример SA). Модели турбулентности с двумя дифференциальными уравнениями. Высокореинольдсовские и низкореинольдсовские модели. Пристеночные функции. Рекомендации по генерации сетки (размер ячеек, пристеночные слои) и выбору модели (на основе критерия $y^+$ ). Опытные данные по использованию различных моделей при решении инженерных задач, сравнения с экспериментом.
	<b>Раздел 4. Метод Монте-Карло</b>	
4.1	Марковские процессы. Основы теории	Стохастические процессы. Случайные числа. Вероятностные модели. Марковские случайные события. Система Колмогорова.

	метода Монте-Карло. Основное кинетическое уравнение. Моделирование химических реакций методом Монте-Карло.	Алгоритмы стохастического моделирования: метод отказа, метод частичных сумм, кинетический метод, динамический метод и др. Точность и достоверность стохастического моделирования. модель многокомпонентного решеточного газа. Модели поверхностей, модели адсорбционного слоя, модели элементарных стадий реакции. Микросостояния системы. Основное кинетическое уравнение.
4.2	Микроскопическая модель Лотки. Алгоритм ее решения с использованием метода Монте-Карло.	Влияние флуктуаций на процессы в микроскопических стохастических моделях. Наведенные флуктуациями колебания, волны и фазовые переходы в микроскопических стохастических реакциях. Реакция окисления СО на платиновом катализаторе. Поверхностная модель реакции типа Лотки. Алгоритм стохастического моделирования каталитической реакции с использованием метода Монте-Карло.
	<b>Раздел 5. Метод молекулярной динамики для моделирования сложных физико-химических систем на микро- и наноуровне</b>	
5.1	Основы теории метода молекулярной динамики. Потенциалы взаимодействия частиц в различных средах	Потенциал взаимодействия частиц: потенциал Леннарда-Джонса, потенциал Борна-Майера. Алгоритм метода молекулярной динамики. Периодические краевые условия. Расчет макроскопических величин. Использование метода молекулярной динамики для описания массопереноса в нанопоре мембраны.
5.2	Квантовохимическое моделирование с использованием теории функционала электронной плотности	Квантовомеханическое описание систем. Волновая функция. Метод Хартри-Фока. Самосогласованный расчет. Электронная плотность. Основы теории функционала электронной плотности. Уравнения Кона-Шема. Понятие оптимизации геометрии, алгоритм решения. Базисные наборы, обменно-корреляционные функционалы.
5.3	Пакеты прикладных программ для исследования систем на микро- и наноуровне	Программа Orca. Задание молекулярной системы в виде координат. Выбор базисных наборов и других параметров расчета. Расчет энергии и оптимизация геометрии простых молекул (вода, бензол). Расчет ИК-спектра молекулы.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

– **знать:**

– принципы создания информационных систем на основе математических моделей,

– основные уравнения механики сплошных сред и механики гетерогенных сред,

– основы метода конечных объемов,

– **уметь:**

- составлять математические модели для описания явлений в сложных физико-химических системах на макроуровне (гидродинамика, массоперенос, теплоперенос),
- составлять математические модели для описания явлений на наноуровне,
- проектировать информационную систему на базе разработанной математической модели,
- выполнять компьютерное моделирование сложных физико-химических систем (на макро и наноуровнях) в современных вычислительных пакетах,
- **владеть:**
- современными средствами и пакетами прикладных программ компьютерного моделирования гидродинамики, тепло- и массопереноса на макроуровне, динамики атомов и частиц на микроуровне, квантовой химии на наноуровне.

№	Компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	<b>Знать:</b>					
1	– принципы создания информационных систем на основе математических моделей;	+	+	+	+	+
2	– основные уравнения механики сплошных сред и механики гетерогенных сред;	+	+			
3	– основы метода конечных объемов.		+			
	<b>Уметь:</b>					
4	– составлять математические модели для описания явлений в сложных физико-химических системах на макроуровне (гидродинамика, массоперенос, теплоперенос);	+	+	+		
5	– составлять математические модели для описания явлений на наноуровне	+	+			
6	– проектировать информационную систему на базе разработанной математической модели	+	+			
7	– выполнять компьютерное моделирование сложных физико-химических систем (на макро и наноуровнях) в современных вычислительных пакетах			+	+	+
	<b>Владеть:</b>					
8	– современными средствами и пакетами прикладных программ компьютерного моделирования гидродинамики, тепло- и массопереноса на макроуровне, динамики атомов и частиц на микроуровне, квантовой химии на наноуровне;			+	+	+
	<b>Универсальные компетенции:</b>					

9	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<p>УК-1.1. Знает методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации.</p> <p>УК-1.2. Умеет применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации.</p> <p>УК-1.3. Владеет методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.</p>	+	+	+	+	+
<b>Общепрофессиональные компетенции:</b>							
10	ОПК-4. Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований	<p>ОПК-4.1. Знает новые научные принципы и методы исследований.</p> <p>ОПК-4.2. Умеет применять на практике новые научные принципы и методы исследований.</p> <p>ОПК-4.3. Владеет навыками применения новых научных принципов и методов исследования для решения профессиональных задач.</p>	+	+			
11	ОПК-7. Способен разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений	<p>ОПК-7.1. Знает принципы построения математических моделей процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений.</p> <p>ОПК-7.2. Умеет разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений.</p>		+			+

		ОПК-7.3. Владеет методами построения математически моделей для реализации успешного функционирования распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений.					
--	--	--	--	--	--	--	--

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1 Практические занятия

Проведение практических занятий по данной дисциплине учебным планом не предусмотрено.

### 6.2. Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	2.1	Решение двумерной гидродинамической задачи в переменных "функция тока"-"вихрь" (с разработкой программного раздела).	4
2	2.2	Моделирование диффузии примеси в трубчатом реакторе (с разработкой программного раздела).	2
3	2.2	Решение уравнения баланса числа частиц (с разработкой программного раздела).	2
4	2.3	Сравнение транспортных свойств разностной схемы "левый уголок" и "z-схемы" (с разработкой программного раздела).	2
5	2.4	Решение уравнения с дробной по порядку производной для моделирования массопереноса во фрактальных средах (с разработкой программного раздела).	2
6	2.6	Нахождение профиля установившегося течения методом конечных объемов (с разработкой программного раздела).	2
7	3.1	Моделирование ламинарного обтекания аэродинамической помехи.	4
8	3.2	Моделирование турбулентного обтекания аэродинамической помехи.	6
9	4.2	Моделирование системы «реакции-диффузия» методом Монте-Карло.	4
10	5.3	Определение устойчивой геометрии и энергии молекулы с помощью DFT-моделирования.	6



## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Многомасштабное компьютерное моделирование» предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 76 ч в 3 семестре, а также 36 ч подготовка к экзамену. 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;
- оформление отчетов по лабораторным работам.
- подготовку к сдаче *экзамена* (3 семестр) и лабораторного практикума (3 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

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

Контрольных работ не предусмотрено.

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

### 8.2. Структура и примеры билетов для экзамена (3 семестр).

*Экзамен* по дисциплине «Многомасштабное компьютерное моделирование» проводится в 3 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>«Утверждаю» Зав. каф. ИКТ _____ Кольцова Э.М.  «__» _____ 202__ г.</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра информационных компьютерных технологий
	09.04.02 Информационные системы и технологии Магистерская программа – «Информационные системы в цифровой экономике»
	Многомасштабное компьютерное моделирование
<p align="center"><b>Билет № 1</b></p> <p>1. Уравнения сохранения массы, импульса, энергии для сплошной среды.</p> <p>2. Оптимизация молекулярной системы в Огса. Основные настройки программы.</p>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А. Основная литература

1. Кольцова Э.М., Митричев И.И. Многомасштабное компьютерное моделирование (учеб. пособие). М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2020. 260 с.
2. Куркина Е.С. Автоколебания, структуры и волны в химических системах. Методы математического моделирования. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. 220 с.

#### Б. Дополнительная литература

1. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях / И.В. Кудинов, В.А. Кудинов, А.В. Еремин, С.В. Колесников. М.: Лань, 2015. 208 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/56168>
2. Моргунов К.П. Механика жидкости и газа: учебное пособие. 2е изд. М.: Лань, 2018. 208 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/109512>
3. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа: учебник для вузов / Л. Г. Лойцянский. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1987. - 840 с. (библ.)
4. Динамика многофазных сред: [Учебное пособие]: В 2-х ч. / Р. И. Нигматулин. - М.: Наука, 1987. Ч.1. - 1987. - 464 с. (библ.)
5. Роуч П.. Вычислительная гидродинамика: пер. с англ. / Роуч П. - М.: Мир, 1980. - 616 с. (библ.)
6. Методы Монте-Карло в статистической физике. Ред. К. Биндер. М.: Мир. 1982. – 400 с.
7. Александров Д. В. Введение в гидродинамику : учебное пособие / Д. В. Александров, А. Ю. Зубарев, Л. Ю. Исакова — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2012. — 108 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28836917>

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

- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа
- Математическое моделирование;
- Журнал вычислительной математики и математической физики;
- Journal of Fluid Mechanics (Cambridge)
- Вычислительная механика сплошных сред
- Computational Mechanics (Springer)
- Theoretical and Computational Fluid Dynamics (Springer)
- International Journal of Computational Fluid Dynamics (Taylor & Francis)

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

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

1. Вычислительные ресурсы.
2. Банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины.
3. Банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (ЭО и ДОТ) при реализации основных профессиональных образовательных программ, предусмотрено использование следующих средств обеспечения освоения дисциплины: чтение лекций, проведение семинаров и консультация студентов с помощью проведения вебинаров на платформе «Discord», работа на платформе «ЭИОС РХТУ», работа по e-mail, работа в социальной сети «ВКонтакте».

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

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает студентов основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса. Объем фонда на 01.01.2024 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, 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 «Многомаштабное компьютерное моделирование» проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

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

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; компьютерный класс, насчитывающий не менее 20 посадочных мест с предустановленным программным обеспечением для выполнения лабораторных работ, библиотека, имеющая рабочие компьютерные места, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

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

Комплекты плакатов к разделам лекционного курса.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

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

Информационно-методические материалы: раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; раздаточный материал к лабораторным занятиям по дисциплине.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; кафедральные библиотеки электронных изданий.

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Ubuntu Linux	Открытое программное обеспечение	34	бессрочно
2	Лицензия на программный пакет Azure Dev Tools for Teaching	Номер лицензии ICM-170298	1	через 12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновленную версию продукта)

### 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Аппарат механики сплошных и гетерогенных сред для моделирования сложных физико-химических систем на макроуровне	<b>Знает:</b> принципы создания информационных систем на основе математических моделей; основные уравнения механики сплошных сред и механики гетерогенных сред. <b>Умеет:</b> составлять математические модели для описания явлений в сложных физико-химических системах на макроуровне (гидродинамика, массоперенос, теплоперенос); составлять математические модели для описания явлений на наноуровне проектировать информационную систему на базе разработанной математической модели	Оценка за экзамен
<b>Раздел 2.</b> Метод конечных разностей и конечных объемов для решения уравнений математических моделей	<b>Знает:</b> принципы создания информационных систем на основе математических моделей; основные уравнения механики сплошных сред и механики гетерогенных сред; основы метода конечных объемов. <b>Умеет:</b> составлять математические модели для описания явлений в сложных физико-химических системах на макроуровне (гидродинамика, массоперенос, теплоперенос);	Оценка за лабораторные работы Оценка за экзамен

сложных физико-химических систем	составлять математические модели для описания явлений на наноуровне проектировать информационную систему на базе разработанной математической модели	
<b>Раздел 3.</b> Основы CFD-моделирования	<p><b>Знает:</b> принципы создания информационных систем на основе математических моделей;</p> <p><b>Умеет:</b> составлять математические модели для описания явлений в сложных физико-химических системах на макроуровне (гидродинамика, массоперенос, теплоперенос); составлять математические модели для описания явлений на наноуровне</p> <p>выполнять компьютерное моделирование сложных физико-химических систем (на макро и наноуровнях) в современных вычислительных пакетах</p> <p><b>Владеет:</b> современными средствами и пакетами прикладных программ компьютерного моделирования гидродинамики, тепло- и массопереноса на макроуровне, динамики атомов и частиц на микроуровне, квантовой химии на наноуровне</p>	<p>Оценка за лабораторные работы</p> <p>Оценка за экзамен</p>
<b>Раздел 4.</b> Метод Монте-Карло	<p><b>Знает:</b> принципы создания информационных систем на основе математических моделей;</p> <p><b>Умеет:</b> выполнять компьютерное моделирование сложных физико-химических систем (на макро и наноуровнях) в современных вычислительных пакетах</p> <p><b>Владеет:</b> современными средствами и пакетами прикладных программ компьютерного моделирования гидродинамики, тепло- и массопереноса на макроуровне, динамики атомов и частиц на микроуровне, квантовой химии на наноуровне</p>	<p>Оценка за лабораторные работы</p> <p>Оценка за экзамен</p>
<b>Раздел 5.</b> Метод молекулярной динамики для моделирования сложных физико-химических систем на микро- и нано-уровне	<p><b>Знает:</b> принципы создания информационных систем на основе математических моделей;</p> <p><b>Умеет:</b> выполнять компьютерное моделирование сложных физико-химических систем (на макро и наноуровнях) в современных вычислительных пакетах</p> <p><b>Владеет:</b> современными средствами и пакетами прикладных программ компьютерного моделирования гидродинамики, тепло- и массопереноса на макроуровне, динамики атомов и частиц на микроуровне, квантовой</p>	<p>Оценка за лабораторные работы</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 высшего образования – 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 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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  
«Многомасштабное компьютерное моделирование»  
основной образовательной программы магистратуры**

09.04.02 Информационные системы и технологии  
Магистерская программа  
«Информационные технологии для цифрового проектирования»  
Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		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.



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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Модели информационных процессов и систем»**

**Направление подготовки**  
09.04.02 Информационные системы и технологии

**Магистерская программа**  
«Информационные технологии для цифрового проектирования»

**Квалификация «магистр»**

**Москва 2025**

Программа составлена д.ф-м.н., проф. кафедры информационных компьютерных технологий Е.С. Куркиной и к.ф.н., доц. кафедры информационных компьютерных технологий В.В. Фурсовым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д.И. Менделеева

---

(Наименование кафедры)

«13» мая 2025 г., протокол №17.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) для направления подготовки магистров 09.04.02 - "Информационные системы и технологии", рекомендациями методической секции Ученого совета РХТУ им. Д. И. Менделеева и накопленным опытом преподавания аналогичных дисциплин кафедрой информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д. И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «Модели информационных процессов и систем» относится к базовой части дисциплин учебного плана. Она рассчитана на изучение дисциплины в 3-м семестре обучения. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области вычислительной математики и численных методов, дифференциальных уравнений и программирования на языках высокого уровня.

**Цель дисциплины** - изучение современных проблем в области информационных процессов и технологий и освоение основных методов их исследования и моделирования.

Изучение дисциплины проводится на примере математического моделирования нелинейных явлений, возникающих в физико-химических системах.

**Задачами дисциплины является:**

- обучение методам и приемам математического моделирования;
- обучение технологиям компьютерного эксперимента;
- обучение использования разных типов математических моделей, описывающих физико-химические процессы на разных уровнях рассмотрения от микро до макро;
- обучение методам исследования нелинейных моделей;
- обучение методам проведения системного и параметрического анализа;
- обучение методам построения фазовых и параметрических портретов физико-химических систем.

Цели и задачи дисциплины достигаются с помощью:

- изучения теоретического материала, даваемого на лекциях, и в ходе самостоятельной работы; проведения семинарских занятий, на которых теоретические знания закрепляются практическим применением при решении конкретных задач; проведения лабораторных работ на компьютере и самостоятельного выполнения больших задач, требующих теоретической подготовки, аналитических методов исследования и решения задач на компьютере с помощью пакета МАТЛАБ, а также грамотного оформления работы для сдачи преподавателю.

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе. Итоговой формой контроля является экзамен.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Модели информационных процессов и систем» при подготовке магистров направления 09.04.02 – Информационные системы и технологии, магистерская программа «Информационные технологии для цифрового проектирования» направлено на приобретение следующих компетенций и индикаторов их достижения:

### Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
ОПК-4. Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований	ОПК-4.1. Знать: новые научные принципы и методы исследований. ОПК-4.2. Уметь: применять на практике новые научные принципы и методы исследований. ОПК-4.3. Иметь навыки: применения новых научных принципов и методов исследования для решения профессиональных задач.
ОПК-7. Способен разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений	ОПК-7.1. Знать: принципы построения математических моделей процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений. ОПК-7.2. Уметь: разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений. ОПК-7.3. Иметь навыки: построения математических моделей для реализации успешного функционирования распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений.

В результате изучения дисциплины студент должен:

#### Знать:

- современные методы исследования информационных систем;
- методы анализа и синтеза информационных систем;
- типы математических моделей информационных систем;
- схему и методологию проведения вычислительного эксперимента;
- методы параметрического анализа;
- методы построения фазовых и параметрических портретов систем;
- методы продолжения по параметру;
- методы построения микроскопических стохастических моделей и алгоритмы Монте-Карло.

**Уметь:**

- применять современные методы системного анализа к информационным процессам и технологиям;
- проводить исследования характеристик компонентов и информационных систем в целом;
- разрабатывать математические модели информационных систем и проводить их параметрический анализ;
- находить области параметров с разным типом динамического поведения (области устойчивости и неустойчивости, области существования различных нелинейных явлений);
- уметь строить микроскопические решеточные модели и реализовывать их на компьютере с помощью алгоритмов Монте-Карло.

**Владеть:**

- методами анализа и синтеза информационных систем;
- методами разработки математических моделей информационных систем;
- методами параметрического анализа и алгоритмами продолжения по параметру;
- методами построения фазовых и параметрических портретов систем; методами построения имитационных моделей и методами Монте-Карло для их реализации.

**3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ**

Вид учебной работы	Объем дисциплины	
	ЗЕ	В академ. часах
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>5</b>	<b>180</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,88</b>	<b>68,4</b>
Лекции (Лек.)	0,47	17
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17
Лаборатория (Лаб.)	0,94	34
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>2,12</b>	<b>76</b>
Подготовка к лабораторным работам	0,81	29
Подготовка к контрольным работам	0,81	29
Самостоятельное изучение разделов курса	0,5	18
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4
Подготовка к экзамену		35,6
<b>Вид контроля:</b>	<b>экзамен</b>	
Вид учебной работы	Объем	
	ЗЕ	В астр. часах

<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>5</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,88</b>	<b>51</b>
Лекции (Лек.)	0,47	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,47	12,75
Лаборатория (Лаб.)	0,94	25,5
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>2,12</b>	<b>57</b>
Подготовка к лабораторным работам	0,81	21,75
Подготовка к контрольным работам	0,81	21,75
Самостоятельное изучение разделов курса	0,5	13,5
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,15
Подготовка к экзамену		26,85
<b>Вид контроля:</b>	<b>экзамен</b>	

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ.часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам.раб
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Методы исследования информационных систем</b>	<b>12</b>	<b>3</b>			<b>9</b>
1.1	Информационные системы.	5	1			4
1.2	Математическое моделирование и вычислительный эксперимент как современные методы познания.	4	1			3
1.3	Классификация математических моделей	3	1			2
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Макроскопические модели. Методы параметрического анализа.</b>	<b>52</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>28</b>
2.1	Параметрические портреты моделей.	12	1	2	2	7
2.2	Множественность стационарных состояний. Линия кратности.	14	1	2	4	7
2.3	Автоколебания, релаксационные колебания. Линия нейтральности.	16	1	2	6	7
2.4	Численные алгоритмы продолжения по параметру.	10	1		2	7
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Распределенные модели, системы типа реакция-диффузия</b>	<b>51</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>27</b>
3.1	Стационарные диссипативные структуры	17	2	3	6	6
3.2	Волны переключения, или фронты, в бистабильной среде	13	1	2	4	6

3.3	Уединенные бегущие волны, или импульсы, в возбудимой среде. Пространственно-временной хаос.	11	1	2	2	6
3.4	Спиральные волны.	10	1			9
<b>4</b>	<b>Раздел 4. Микроскопические стохастические модели</b>	<b>29</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>12</b>
4.1	Алгоритмы Монте-Карло	9	3			6
4.2	Решеточные микроскопические модели гетерогенных каталитических реакций	20	2	4	8	6
	Подготовка к экзамену	<b>36</b>				
	<b>ВСЕГО</b>	<b>180</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>76</b>

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### Раздел 1. Методы исследования информационных систем

#### 1.1. Информационные системы.

Классы, виды и типы информационных систем. Сложные системы. Свойства и структура сложных систем. Основные принципы и закономерности функционирования и развития сложных систем.

#### 1.2. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент как современные методы познания.

Методы исследования сложных систем. Математическое моделирование как инструмент познания и язык междисциплинарных исследований. Схема и методология вычислительного эксперимента.

#### 1.3. Классификация математических моделей.

Уровни описания физико-химических процессов. Типы математических моделей и методы их исследования.

### Раздел 2. Макроскопические модели. Методы параметрического анализа

#### 2.1. Параметрические портреты моделей.

Зависимость от параметров. Внутренние, внешние и подгоночные параметры. Параметрический портрет системы. Этапы параметрического анализа.

#### 2.2. Множественность стационарных состояний. Линия кратности.

Множественность стационарных состояний, гистерезис. Построение линии кратности на плоскости двух параметров. Методика поиска областей множественности стационарных состояний.

#### 2.3. Автоколебания, релаксационные колебания. Линия нейтральности.

Автоколебания. Необходимые условия возникновения колебаний. Построение линии нейтральности на плоскости двух параметров. Релаксационные колебания. Методы поиска автоколебаний в системах. Модели автоколебательных систем.

#### 2.4. Численные алгоритмы продолжения по параметру.

Численные методы продолжения по параметру стационарных решений. Однопараметрический и двухпараметрический анализ. Функция последования. Продолжение по параметру периодических решений.

### Раздел 3. Распределенные модели, системы типа реакция-диффузия

### **3.1. Стационарные диссипативные структуры.**

Стационарные диссипативные структуры, бифуркация Тьюринга. Необходимые условия возникновения структур Тьюринга. Методы поиска структур Тьюринга в моделях. Модель брюселлятора и другие.

### **3.2. Волны переключения, или фронты, в бистабильной среде.**

Волны переключения, или фронты. Модель Колмогорова, Петровского, Пискунова. Автомодельное решение типа бегущей волны. Аналитическое решение. Скорость волны и направление. Методика поиска волн переключения в моделях, определение направления переключения.

### **3.3. Уединенные бегущие волны, или импульсы, в возбудимой среде. Пространственно-временной хаос (ПВХ).**

Типы активных сред и их математическое описание. Уединенные бегущие волны в возбудимых средах. Основные элементы уединенного импульса. Форма импульса. Методика поиска уединенных импульсов в моделях. ПВХ в возбудимой среде. Сценарий Фейгенбаума перехода от импульса к ПВХ. Пространственно-временные диаграммы, методы анализа ПВХ.

### **3.4. Спиральные волны.**

Основные элементы спиральной волны. Приближенные методы описания спиральных волн. Меандр. Методика построения спиральных волн на примере известных моделей.

## **Раздел 4. Микроскопические стохастические модели**

### **4.1. Марковские случайные процессы.**

Стохастические процессы. Случайные числа. Вероятностные модели. Марковские случайные события. Система Колмогорова.

### **4.2. Алгоритмы Монте-Карло.**

Алгоритмы стохастического моделирования: метод отказа, метод частичных сумм, кинетический метод, динамический метод и др. Точность и достоверность стохастического моделирования.

**4.3. Решеточные микроскопические модели гетерогенных каталитических реакций.** Модель многокомпонентного решеточного газа. Модели поверхностей, модели адсорбционного слоя, модели элементарных стадий реакции. Микросостояния системы. Основное кинетическое уравнение.

### **4.4. Наведенные флуктуациями колебания, волны и фазовые переходы.**

Влияние флуктуаций на процессы в микроскопических стохастических моделях. Наведенные флуктуациями колебания, волны и фазовые переходы в микроскопических стохастических реакциях. Реакция окисления СО на платиновом катализаторе. Поверхностная модель реакции типа Лотки.

## **5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел			
		1	2	3	4
	<b>Знать:</b>				



<ul style="list-style-type: none"> <li>- современные методы исследования информационных систем, методы анализа и синтеза информационных систем,</li> <li>- типы математических моделей информационных систем;</li> <li>- схему и методологию проведения вычислительного эксперимента;</li> <li>- методы параметрического анализа; методы построения фазовых и параметрических портретов систем,</li> <li>- методы продолжения по параметру;</li> <li>- методы построения микроскопических стохастических моделей,</li> <li>- алгоритмы Монте-Карло.</li> </ul>		+	+	+	+
<b>Уметь:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять современные методы системного анализа к информационным процессам и технологиям,</li> <li>- проводить исследования характеристик компонентов и информационных систем в целом,</li> <li>- разрабатывать математические модели информационных систем и проводить их параметрический анализ;</li> <li>- находить области параметров с разным типом динамического поведения, области устойчивости и неустойчивости, области существования различных нелинейных явлений;</li> <li>- уметь строить микроскопические решеточные модели и реализовывать их на компьютере с помощью алгоритмов Монте-Карло</li> </ul>		+	+	+	+
<b>Владеть:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами анализа и синтеза информационных систем,</li> <li>- методами разработки математических моделей информационных систем;</li> <li>- методами параметрического анализа и алгоритмами продолжения по параметру;</li> <li>- методами построения фазовых и параметрических портретов систем;</li> <li>- методами построения имитационных моделей и методами Монте-Карло для их реализации</li> </ul>		+	+	+	+
<b>Общепрофессиональные компетенции:</b>					
ОПК-4. Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований	ОПК-4.1. Знать: новые научные принципы и методы исследований. ОПК-4.2. Уметь: применять на практике новые научные принципы и методы исследований. ОПК-4.3. Иметь навыки: применения новых научных принципов и методов	+	+	+	+

		исследования для решения профессиональных задач				
	ОПК-7. Способен разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений	ОПК-7.1. Знать: принципы построения математических моделей процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений. ОПК-7.2. Уметь: разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений. ОПК-7.3. Иметь навыки: построения математических моделей для реализации успешного функционирования распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений.	+	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Предусмотрено проведение практических занятий обучающимся в магистратуре в объёме 17 часов. Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, на формирование способности применять теоретические знания на практике, строить и исследовать модели физико-химических систем.

### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	2.1	Параметрические портреты моделей.	2
2	2.2	Множественность стационарных состояний. Линия кратности.	2
3	2.3	Автоколебания, релаксационные колебания. Линия нейтральности.	3
4	3.1	Стационарные диссипативные структуры	2
5	3.2	Волны переключения, или фронты, в бистабильной среде	2
6	3.3	Уединенные бегущие волны, или импульсы, в возбудимой среде. Пространственно-временной хаос.	2
7	4.3	Решеточные микроскопические модели гетерогенных каталитических реакций	2
			Итого 17

## 6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки магистров по программе «Модели информационных процессов и систем» направления 09.04.02 – «Информационные системы и технологии» предусмотрено проведение лабораторных занятий в объеме 34 часов. Лабораторные занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на приобретение практических навыков программно-алгоритмической реализации в исследовании моделей, нахождении решений и построения графиков.

### Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

**1. Тема № 1 (покрывает Раздел 2): «Построение параметрического портрета реакционной системы» (6 ауд. часов).**

Методом продолжения по параметру построение линий кратности и нейтральности на плоскости двух параметров. Нахождение областей множественности стационарных состояний и автоколебаний. Построение фазовых портретов системы в каждой из областей с разным динамическим поведением.

**2. Тема № 2 (покрывает Раздел 2.2, 2.3, 3.2, 3.3): «Исследование свойств активных сред» (4 ауд. часов).**

Поиск условий возникновения релаксационных колебаний, условий возбудимой среды и бистабильной среды.

**3. Тема № 3 (покрывает Раздел 3.1): «Стационарные диссипативные структуры» (12 ауд. часов) (6 ауд. часов) .**

Нахождение параметров реакции и коэффициентов диффузии, при которых существуют структуры Тьюринга. Построение дисперсионной кривой. Построение различных структур Тьюринга, с разным числом локальных максимумов.

**4. Тема № 4 (покрывает Раздел 3.2): «Волны переключения» (4 ауд. часа).**

Нахождение параметров модели, при которых существуют волны переключения. Определение направления движения фронта. Построение волны переключения.

**5. Тема № 5 (покрывает Раздел 4.3): «Моделирование методом Монте-Карло» (4**

**ауд. часа).**

Построение микроскопической решеточной модели реакции. Написание программы. Проведение расчетов. Изучение влияния размеров фрагмента решетки на динамику системы.

## **7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 76 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 контрольных работ по разделам дисциплины;
- подготовку к лабораторным работам (студенты получают индивидуальные задания);
- доделка дома лабораторных работ, проведение расчетов, рисование графиков;
- оформление лабораторных работ и подготовка к их сдаче;
  - ознакомление и проработку рекомендованной литературы и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
  - посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня (индивидуально по желанию);
  - участие в семинарах РХТУ им. Д. И. Менделеева по тематике дисциплины (участие в кафедральных семинарах, заслушивание НИР студенты аспирантов).

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**

### **8.1. Типы контрольных задач для текущего контроля освоения дисциплины.**

**Темы задач:**

**Тема 1 (покрывает Раздел 2 (2.1, 2.2): Максимальная оценка – 2.5 балла.**

Вывод формул для численного построения на плоскости двух параметров линии кратности – границы области множественности.

**Тема 2 (покрывает Раздел 2 (2.1, 2.3): Максимальная оценка – 2.5 балла.**

Вывод формул для численного построения на плоскости двух параметров линии нейтральности – границы области автоколебаний.

**Тема 3 (покрывает Раздел 2.1, 2.2, 2.3): Максимальная оценка – 2.5 балла.**

Выбор параметров, при которых система ОДУ имеет: 1) единственный устойчивый стационар, демонстрирующий возбудимую динамику; 2) два устойчивых стационара и один неустойчивый; 3) релаксационные колебания.

**Тема 4 (покрывает Раздел 3 (3.1)): Максимальная оценка – 5 балла.**

Линейный анализ устойчивости. Нахождение бифуркации Тьюринга. Выбор параметров, при которых система имеет структуры Тьюринга. Выбор длины отрезка. Нахождение и анализ собственных значений матрицы В, характеризующей устойчивость стационара в системе с диффузией.

**Тема 5 (покрывает Раздел 3 (3.2)): Максимальная оценка – 2.5 балла.**

Определение направления и скорости движения волны переключения в нелинейной бистабильной среде.

**Тема 6 (покрывает Раздел 4: Максимальная оценка – 5 балла.**

Теоретическая основа для проведения имитационного моделирования процессов взаимодействия вещества с поверхностью катализатора методом Монте-Карло. Построение блок-схемы алгоритма. Максимальная оценка 20 баллов.

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

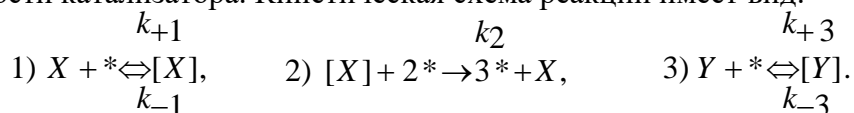
Лабораторные работы по темам 1-4 и образцы их выполнения с программами в МАТЛАБ даны в учебных пособиях [2] и [4] (задачи – на стр. 65-74, программы – на стр. 75- 95). Задания по теме 5 даны в пособии [5], программа для расчетов методом Монте-Карло дана в приложении в [5].

Студенты за семестр должны сделать, оформить и сдать по 4-ре лабораторные работы. За каждую работу они могут получить максимально 10 баллов, итого 40 баллов за семестр.

### Образцы заданий

**Пример 1 (покрывает Раздел 2 (2.1, 2.2, 2.3) (задачи на стр. 65-69, программы на стр. 75-78). Максимальная оценка – 10 баллов.**

Рассмотреть автокаталитическую химическую реакцию, происходящую на поверхности катализатора. Кинетическая схема реакции имеет вид:



Схеме отвечает математическая модель, описывающая изменение концентраций адсорбированных веществ  $[X]$  и  $[Y]$ ,  $x$  и  $y$ :

$$\frac{dx}{dt} = k_{+1}z - k_{-1}x - k_2z^2x, \\ \frac{dy}{dt} = k_{+3}z - k_{-3}y.$$

3

Здесь  $z = 1 - x - y$  – концентрация свободных мест.

$$0 \leq x \leq 1, \quad 0 \leq y \leq 1, \quad 0 \leq x + y \leq 1.$$

Базовый набор параметров:  $k_2=2$ ;  $k_{-3}=0,003$ ;  $k_3=0,0032$ ;  $k_{-1}=0,03$ ;  $k_1=0,3$ .

**Задание: Провести однопараметрический и двухпараметрический анализ модели.**

### Однопараметрический анализ 1

1. Используя аналитические методы продолжения по параметру, построить зависимость стационарных решений  $x_c$  и  $y_c$  от параметра  $k_1$  ( $k_2$ ) для нескольких значений параметра  $k_1^-$  : 0,001, 0,005, 0,01, 0,015 и 0,02.

2. Используя аналитические методы продолжения по параметру, построить зависимость стационарных решений  $x_c$  и  $y_c$  от параметра  $k_1$  ( $k_2$ ) для нескольких значений параметра  $k_3^-$ : 0.0005, 0.001, 0.002, 0.003 и 0.004.

3. Исследуя след и определитель матрицы Якоби на стационаре, найти точки бифуркаций, уточнить их и отметить на графиках.

### Однопараметрический анализ 2

1. Используя аналитические методы продолжения по параметру, построить зависимость стационарных решений  $x_c$  и  $y_c$  от параметра  $k_1$  ( $k_2$ ) для нескольких значений параметра  $\alpha$ : 10, 15, 18, 20 и 25.

2. Используя аналитические методы продолжения по параметру, построить зависимость стационарных решений  $x_c$  и  $y_c$  от параметра  $k_1$  ( $k_2$ ) для нескольких значений параметра  $k_3$ : 1, 5, 10, 50 и 100.

3. Исследуя след и определитель матрицы Якоби на стационаре, найти точки бифуркаций, уточнить их и отметить на графиках.

**Пример 2 (покрывает Раздел 2 (2.1, 2.2, 2.3) (задачи на стр. 69-70, программы на стр. 78-80). Максимальная оценка – 10 баллов.**

Рассмотреть модель типа модели ФитцХью-Нагумо, описывающей прохождение импульсов по нервному волокну. В основе модели лежит система двух уравнений с малым параметром  $\varepsilon$ , описывающая изменение переменных  $y_1(t)$  и  $y_2(t)$  со временем:

$$\varepsilon \frac{dy_1}{dt} = (y_1 - \frac{y_1^3}{3} - y_2),$$

$$\frac{dy_2}{dt} = \varepsilon (y_1 - by_2 + a),$$

где  $a, b, \varepsilon$  – положительные параметры

### ЗАДАНИЯ:

1. Определить, 1) при каких значениях параметров изоклина первого уравнения имеет S-образный характер; 2) при каких значениях параметров изоклина второго уравнения пересекает изоклину первого уравнения так, что в системе возможно возникновение

*а. релаксационных автоколебаний;*

*б. возбудимой динамики;*

*в. множественности стационарных состояний.*

Для всех трех случаев **а, б, в** выбрать параметры  $a$  и  $b$  и на фазовой плоскости нарисовать главные изоклины системы, отметить стационарные точки.

2. Рассмотреть случай **а**. Для четырех значений параметра  $\varepsilon = 0,001, 0,01, 0,1$  и  $0,5$  построить фазовые портреты системы (четыре фазовых портрета отдельно). Для этого

численно посчитать несколько траекторий системы с разными начальными точками. На фазовой плоскости нарисовать изоклины системы и отметить стационарные точки. Нарисовать графики зависимости концентраций от времени для разных значений  $\varepsilon$ .



3. Рассмотреть случай *б*. Для четырех значений параметра  $\varepsilon = 0.001, 0.01, 0.1$  и  $0.5$

построить фазовые портреты системы (четыре фазовых портрета отдельно), нарисовать изоклины.

Нарисовать зависимости концентраций от времени для разных  $\varepsilon$ .

4. Рассмотреть случай *в*. Положить  $\varepsilon = 0,01$  и нарисовать фазовый портрет системы.

Траекторий должно быть не менее десяти (половина из них должна стремиться к одному стационару, половина – к другому).

### **8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр, экзамен)**

Максимальное количество баллов за экзамен 40. Экзаменационный билет включает в себя четыре теоретических вопроса. За ответ на каждый вопрос максимальная оценка – 10 баллов.

#### **8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – экзамен). Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов.**

1. Синергетика. Явления самоорганизации, примеры. Необходимые условия возникновения пространственных и временных структур в реакционных системах.
2. Схема и этапы вычислительного эксперимента.
3. Параметры модели: внутренние, внешние и подгоночные. Пояснить на примерах.
4. Классификация и типы математических моделей.
5. Иерархическая система математических моделей.
6. Зависимость от параметра. Бифуркации. Последовательность этапов проведения параметрического анализа.
7. Седло-узловая бифуркация. Множественность стационарных состояний.
8. Явление гистерезиса.
9. Аналитический метод построения линии кратности.
10. Автоколебания и предельные циклы. Бифуркация Андронова -Хопфа.
11. Аналитический метод построения линии нейтральности.
12. Релаксационные автоколебания.
13. Три типа активных сред и их свойства.
14. Стационарные диссипативные структуры. Какими уравнениями они описываются.
15. Три необходимых условия возникновения структур Тьюринга в двухкомпонентной системе типа реакция-диффузия.
16. Дисперсионное уравнение. Оценка числа возможных типов структур. Построение начальных приближений для нахождения структур Тьюринга.
17. Критерий отсутствия решений, описывающих стационарные диссипативные структуры в системе типа реакция-диффузия.

18. Методика нахождения областей существования стационарных диссипативных структур в пространстве параметров.
19. Волны переключения в бистабильных средах и их свойства.
20. Определение направления движения фронта в бистабильной среде.
21. Уединенный бегущий фронт в системе с кубической нелинейностью. Аналитическое решение.
22. Уединенные бегущие импульсы в возбудимых средах и их математическое описание.
23. Основные элементы уединенного импульса. Форма импульса, скорость распространения.
24. Спиральные волны и их математическое описание. Основные элементы спиральной волны.
25. ПВХ в колебательной среде. Основные модели связанных осцилляторов.
26. ПВХ в возбудимой среде. Сценарий Фейгенбаума перехода от импульса к ПВХ.
27. Пространственно-временные диаграммы, методы анализа ПВХ.
28. Методы Монте-Карло и их применение в различных моделях.
29. Микроскопические стохастические модели. Марковские случайные процессы. Пуассоновский поток событий. Основное кинетическое уравнение для изменения состояний.
30. Кинетические алгоритмы стохастического моделирования. Динамический метод МК в режиме реального времени.
31. Имитационные модели гетерогенных каталитических реакций. Модели поверхностей.
32. Имитационные модели гетерогенных каталитических реакций. Модели взаимодействий в реакционном слое.
33. Влияние размера фрагмента на динамику микроскопической стохастической модели. Периодическое продолжение фрагмента поверхности.
34. Автоколебания, структуры и волны в микроскопических моделях. Влияние флуктуаций.
35. Наведенные флуктуациями автоколебания, волны и фазовые переходы.

#### **8.4. Структура и примеры билетов для экзамена (3 семестр).**

Экзамен по дисциплине «Модели информационных процессов и систем» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы экзамена оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 10 баллов, второй – 10 баллов, третий – 10 баллов, четвертые вопросы – 10 баллов.

<p>«Утверждаю» Заведующий кафедрой ИКТ</p> <p>_____ Кольцова Э.М. «__» _____ 202__г.</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра информационных компьютерных технологий</b>
	<b>Направление подготовки 09.04.02 Информационные системы и технологии</b>
	<b>Магистерская программа – «Информационные технологии для цифрового проектирования»</b>
	<b>Дисциплина «Модели информационных процессов и систем»</b>
<p align="center"><b>Билет № 1</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Синергетика. Явления самоорганизации, примеры. Необходимые условия возникновения пространственных и временных структур в реакционных системах.</li> <li>2. Аналитический метод построения линии кратности.</li> <li>3. Седло-узловая бифуркация. Множественность стационарных состояний.</li> <li>4. Явление гистерезиса.</li> </ol>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### 1. Основная литература.

1. Куркина Е.С. Автоколебания, структуры и волны в химических системах. Методы математического моделирования. /монография/ Е. С. Куркина. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. 220 с.
2. Е.С. Куркина Курсовые задачи по синергетике. Методы поиска пространственно-временных структур: учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2015. 99 с.
3. <http://www.moodle.muctr.ru> Учебный портал РХТУ. Курсы кафедры ИКТ. Лекции по синергетике проф. Куркиной Е.С. Synergy-1, Synergy-2.
4. Куркина Е.С. Моделирование нелинейных явлений в физико-химических системах: С подробными примерами в MATLAB: Учебное пособие, изд. 2-е. /М.: ЛЕНАНД, 2016. 104 с. (Синергетика: от прошлого к будущему. №77.)
5. Е. С. Куркина, А. Г. Макеев, Н. Л. Семендяева Стохастические процессы и нелинейная динамика: Моделирование с помощью метода Монте-Карло. На примере задач физической химии. /М.: ЛЕНАНД, 2016. 200 с. (Синергетика: от прошлого к будущему. №78.)

#### 2. Дополнительная литература.

1. Быков В.И., Цебенова С.Б. Нелинейные модели химической кинетики. – М.: КомКнига, 2010. 350 с.
2. Быков В.И. Моделирование критических явлений в химической кинетике. М.: КомКнига, 2007. 328 с.
3. В.А. Васильев, Ю.М. Романовский, В.Г. Яхно «Автоволновые процессы». – М.: Наука. 1987. 240 с.
4. Э.М. Кольцова, Л.С. Гордеев «Методы синергетики в химии и химической технологии». – М.: Химия, 1999. 256 с.
5. И.К. Кудрявцев «Химические неустойчивости». – М.: Изд-во МГУ, 1987. 254 с.

6. А.Ю. Лоскутов, А.С. Михайлов Введение в синергетику. – М.: Наука, 1990. 272 с.
7. Г.Г. Малинецкий «Математические основы синергетики. Хаос, структуры, вычислительный эксперимент». – 4-е изд. – М.: КомКнига, 2005. 261 с.
8. Г. Николис, И. Пригожин Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1979. 512 с.
9. Л.С. Полак, А.С. Михайлов Самоорганизация в неравновесных физико-химических системах. – М.: Наука, 1983. 288 с.
10. А.А. Самарский, А.П. Михайлов Математическое моделирование. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 320 с.
11. Г. Хакен Синергетика. Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. – М.: Мир, 1985. 424 с.
12. М. Холоднюк, А. Клич, М. Кубичек, М. Марек. Методы анализа нелинейных динамических моделей. – М.: Мир, 1991. 368 с.
13. Эбеллинг В. Образование структур при необратимых процессах. – М.: Мир, 1979. 279с.
14. Д. Эрроусмит, К. Плейс Обыкновенные дифференциальные уравнения. Качественная теория с приложениями. – М.: Мир, 1986. 243 с.
15. Г.С. Яблонский, В.И. Быков, В.И. Елохин Кинетика модельных реакций гетерогенного катализа. – Новосибирск: Наука, 1984. 223 с.
16. Методы Монте-Карло в статистической физике. Ред. К. Биндер. –М.: Мир. 1982. 400с.

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

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

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

1. Программные модули для интегрирования систем ОДУ в среде МАТЛАБ;
2. Программные модули для численного решения систем с частными производными типа реакция-диффузия;
3. Программные модули для решения методом Монте-Карло микроскопических решеточных моделей;
4. Интегрированные среды разработки приложений: МАТЛАБ, EXCEL, Delphi, Microsoft Office. Они установлены по лицензии на компьютерах в компьютерных классах в к. 119, 123 и 125.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (ЭО и ДОТ) при реализации основных профессиональных образовательных программ, предусмотрено использование следующих средств обеспечения освоения дисциплины: чтение лекций, проведение семинаров и консультация студентов с помощью проведения вебинаров на платформе «Discord», работа на платформе «ЭИОС РХТУ», работа по e-mail, работа в социальной сети «ВКонтакте», работа в мессенджерах WhatsApp, 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 01.01.2024 составляет 1715452 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 «Модели информационных процессов и систем» по проводятся в форме лекций, практических, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

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

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (к

омпьютер, проектор, экран) и учебной мебелью; рабочие места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в сеть Интернет.

На кафедре информационных компьютерных технологий имеется 3 компьютерных класса в составе 20+16+16 персональных компьютеров с выходом в сеть Интернет.

На кафедре также имеются ноутбук, проектор и экран для демонстрации презентационных материалов лекций.

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 материалы по курсу лекций.

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

Персональные компьютеры, с установленными операционными системами Linux или Windows 7, 8, 10; проекторы и экраны; локальная сеть с выходом в Интернет.

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

Информационно-методические материалы: конспект лекций по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронный конспект лекций по дисциплине, электронные презентации по темам лекционного курса; учебно- методические разработки в электронном виде; справочные материалы в электронном виде.

#### **11.5. 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 MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477	100	бессрочная
2	Microsoft Windows 7 Pro	Microsoft Open License Номерлицензии 47837475	21	бессрочная

3	Пакет лицензий на программное обеспечение (неисключительные права на программу для ЭВМ) MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Государственный контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10, Акт № Tr048787, накладная № Tr048787 от 20.12.10	25	бессрочная
---	--	---	----	------------

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Методы исследования информационных систем.	<i>Знает:</i> - современные методы исследования информационных систем, методы анализа и синтеза информационных систем, - типы математических моделей информационных систем; - схему и методологию проведения вычислительного эксперимента; <i>Умеет:</i>	Опрос во время практических занятий Оценка за экзамен

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять современные методы системного анализа к информационным процессам и технологиям,</li> <li>- разрабатывать математические модели информационных систем и проводить их параметрический анализ;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами анализа и синтеза информационных систем,</li> <li>- методами разработки математических моделей информационных систем.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 2.</b> Макроскопические модели. Методы параметрического анализа.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современные методы исследования информационных систем, методы анализа и синтеза информационных систем,</li> <li>- типы математических моделей информационных систем;</li> <li>- методы параметрического анализа; методы построения фазовых и параметрических портретов систем,</li> <li>- методы продолжения по параметру;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять современные методы системного анализа к информационным процессам и технологиям,</li> <li>- проводить исследования характеристик компонентов и информационных систем в целом,</li> <li>- разрабатывать математические модели информационных систем и проводить их параметрический анализ;</li> <li>- находить области параметров с разным типом динамического поведения, области устойчивости и неустойчивости, области существования различных нелинейных явлений;</li> </ul>	<p>Оценка за практические работы;</p> <p>Оценка за лабораторные работы;</p> <p>Оценка за самостоятельные работы;</p> <p>Оценка за экзамен</p>



	<p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами анализа и синтеза информационных систем,</li> <li>- методами разработки математических моделей информационных систем;</li> <li>- методами параметрического анализа и алгоритмами продолжения по параметру;</li> <li>- методами построения фазовых и параметрических портретов систем.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 3.</b> Распределенные модели, системы типа реакция-диффузия.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современные методы исследования информационных систем, методы анализа и синтеза информационных систем,</li> <li>- типы математических моделей информационных систем;</li> <li>- методы параметрического анализа; методы построения фазовых и параметрических портретов систем,</li> <li>- методы продолжения по параметру;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять современные методы системного анализа к информационным процессам и технологиям,</li> <li>- проводить исследования характеристик компонентов и информационных систем в целом,</li> <li>- разрабатывать математические модели информационных систем и проводить их параметрический анализ;</li> <li>- находить области параметров с разным типом динамического поведения, области устойчивости и неустойчивости, области существования различных нелинейных явлений;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами анализа и синтеза информационных систем,</li> <li>- методами разработки</li> </ul>	<p>Оценка за практические работы; Оценка за лабораторные работы; Оценка за самостоятельные работы; Оценка за экзамен</p>

	<p>математических моделей информационных систем;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами параметрического анализа и алгоритмами продолжения по параметру.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 4.</b> Микроскопические стохастические модели.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современные методы исследования информационных систем, методы анализа и синтеза информационных систем,</li> <li>- типы математических моделей информационных систем;</li> <li>- методы построения микроскопических стохастических моделей,</li> <li>- алгоритмы Монте-Карло.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять современные методы системного анализа к информационным процессам и технологиям,</li> <li>- разрабатывать математические модели информационных систем и проводить их параметрический анализ;</li> <li>- находить области параметров с разным типом динамического поведения, области устойчивости и неустойчивости, области существования различных нелинейных явлений;</li> <li>- уметь строить микроскопические решеточные модели и реализовывать их на компьютере с помощью алгоритмов Монте-Карло</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами анализа и синтеза информационных систем,</li> <li>- методами разработки математических моделей информационных систем;</li> <li>- методами построения имитационных моделей и методами Монте-Карло для их реализации</li> </ul>	<p>Оценка за практические работы;</p> <p>Оценка за лабораторные работы;</p> <p>Оценка за самостоятельные работы;</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 высшего образования – 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 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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  
«Модели информационных процессов и систем»  
основной образовательной программы магистратуры**

**09.04.02 Информационные системы и технологии  
Магистерская программа  
«Информационные технологии для цифрового проектирования»  
Форма обучения: очная**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		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.



РХТУ им. Д.И. Менделеева  
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: Лемешев Дмитрий Олегович  
Проректор по учебной работе,  
Ректорат

Подписан: 20:01:2026 20:46:14