



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МИРЭА – Российский технологический университет»

**Общий факультет (Фрязино)**

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала РТУ МИРЭА в г.  
Фрязино

\_\_\_\_\_ Макарова Л.А.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)  
Математическое моделирование электронных устройств**

Читающее подразделение	<b>кафедра общенаучных дисциплин</b>
Направление	<b>11.03.04 Электроника и нанoeлектроника</b>
Направленность	<b>Проектирование и технология электронных приборов и устройств</b>
Квалификация	<b>бакалавр</b>
Форма обучения	<b>очная</b>
Общая трудоемкость	<b>4 з.е.</b>

**Распределение часов дисциплины и форм промежуточной аттестации по семестрам**

Семестр	Зачётные единицы	Распределение часов							Формы промежуточной аттестации
		Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	Самостоятельная работа	Контактная работа в период практики и (или) аттестации	Контроль	
6	4	144	32	0	32	44	2,35	33,65	Экзамен

Программу составил(и):

*канд. физ.-мат. наук, доцент, Троицкая Людмила Анатольевна* \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

**Математическое моделирование электронных устройств**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

составлена на основании учебного плана:

направление: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

направленность: «Проектирование и технология электронных приборов и устройств»

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**кафедра общенаучных дисциплин**

Протокол от 30.08.2021 № 1

Зав. кафедрой Щучкин Григорий Григорьевич \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры  
**кафедра общенаучных дисциплин**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2022 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Расшифровка подписи \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры  
**кафедра общенаучных дисциплин**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2023 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Расшифровка подписи \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры  
**кафедра общенаучных дисциплин**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2024 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Расшифровка подписи \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры  
**кафедра общенаучных дисциплин**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2025 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Расшифровка подписи \_\_\_\_\_

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина «Математическое моделирование электронных устройств» имеет своей целью способствовать формированию у обучающихся компетенций, предусмотренных данной рабочей программой в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника с учетом специфики направленности подготовки – «Проектирование и технология электронных приборов и устройств».

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Направление:	11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Направленность:	Проектирование и технология электронных приборов и устройств
Блок:	Дисциплины (модули)
Часть:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
Общая трудоемкость:	4 з.е. (144 акад. час.).

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть компетенциями:

**УК-1** - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

**ПК-1** - Способен моделировать и разрабатывать комплекты конструкторской и технической документации на устройства и системы микро- и наноэлектроники

**ПК-2** - Способен проводить измерения параметров и испытания материалов, устройств и систем микро- и наноэлектроники

### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

**ПК-2** : Способен проводить измерения параметров и испытания материалов, устройств и систем микро- и наноэлектроники

**ПК-2.2** : Составляет и утверждает программы испытаний и обработки результатов измерений и испытаний электронных средств на основе требований технического задания

#### **Знать:**

- Эксплуатационные и ресурсные (параметры надежности) характеристики конечного изделия "система в корпусе"
- Основы теории цепей
- Формы представления статистических данных

#### **Уметь:**

- Формировать базы данных измерений электрических параметров изделий "система в корпусе"
- Формировать базы данных результатов испытаний изделий "система в корпусе" на устойчивость к воздействию внешних факторов
- Пользоваться методами сбора, анализа и обобщения научно-технической информации
- Работать на персональном компьютере на уровне уверенного пользователя, применять специализированное программное обеспечение

#### **Владеть:**

- Формирование базы данных измерений электрических параметров изделий "система в корпусе"

- Статистическая обработка измеренных электрических параметров изделий "система в корпусе"
- Формирование базы данных результатов испытаний изделий "система в корпусе" на устойчивость к воздействию внешних факторов
- Статистическая обработка результатов испытаний изделий "система в корпусе" на устойчивость к воздействию внешних факторов
- Формирование заключения по данным статистического анализа результатов измерений и испытаний для выборки опытной партии образцов изделий "система в корпусе"

## **ПК-1 : Способен моделировать и разрабатывать комплекты конструкторской и технической документации на устройства и системы микро- и нанoeлектроники**

### **ПК-1.2 : Моделирует электронные устройства**

#### **Знать:**

- Математический анализ
- Физические и математические модели приборов, схем, микроэлектромеханических устройств различного функционального назначения
- Численные методы
- Методология проектирования аналоговых устройств средствами системы автоматизированного проектирования
- Методы расчета и моделирования базовых компонентов микро- и наносистем
- Методы синтеза и исследования моделей
- Механические модели в электромеханике, физико-математические и морфолого-топологические модели базовых элементов
- Основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области микросистемной техники
- Типовые программные продукты, ориентированные на решение научных, проектных и технологических задач микросистемной техники
- Физико-математические модели радиоэлектронных компонентов
- Физические и математические модели приборов и схем микроэлектромеханических устройств различного функционального назначения

#### **Уметь:**

- Интерпретировать результаты моделирования в соответствии с поставленной задачей
- Использовать встроенные средства программирования и отладки системы автоматизированного проектирования
- Использовать методы расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области
- Использовать современные программные средства моделирования
- Использовать средства обработки результатов моделирования электрических характеристик
- Использовать средства функционального, аналогового моделирования
- Применять современные методы расчета и анализа нано- и микросистем
- Программировать на языках высокого уровня

#### **Владеть:**

- Выполнение процедур физической и электрической верификации топологических представлений блоков микроэлектромеханической системы средствами системы автоматизированного проектирования
- Выполнение процедур экстракции паразитных параметров требуемого уровня детализации
- Моделирование процессов функционирования чувствительных элементов микроэлектромеханической системы различных типов
- Основы математической обработки результатов моделирования
- Установление влияния типовых дефектов на динамические характеристики рассматриваемых систем методами вычислительного эксперимента
- Уточнение и совершенствование моделей поведения динамических многослойных

микромеханических конструкций с диссипацией энергии, содержащих различные дефекты формы и свойств

**УК-1 : Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач**

**УК-1.1 : Осваивает методики поиска, сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, метод системного анализа.**

**Знать:**

- Методики поиска, сбора и обработки информации и методы системного анализа в области моделирования радиоэлектронных средств

**Уметь:**

- применять методики поиска, сбора и обработки информации и использовать методы системного анализа в области моделирования радиоэлектронных средств

**Владеть:**

- методиками поиска, сбора и обработки информации и методами системного анализа в области моделирования радиоэлектронных средств

**УК-1.2 : Применяет методики поиска, сбора и обработки информации, осуществляет критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, применяет системный подход для решения поставленных задач**

**Знать:**

- методы анализа и синтеза информации, полученной из разных источников в области моделирования радиоэлектронных средств

**Уметь:**

- применять методы анализа и синтеза информации, полученной из разных источников в области моделирования радиоэлектронных средств

**Владеть:**

- навыками проведения аналитических обзоров современной отечественной и зарубежной литературы в области моделирования радиоэлектронных средств

**В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ОБУЧАЮЩИЙСЯ ДОЛЖЕН**

**Знать:**

- Физико-математические модели радиоэлектронных компонентов
- Физические и математические модели приборов и схем микроэлектромеханических устройств различного функционального назначения
- Типовые программные продукты, ориентированные на решение научных, проектных и технологических задач микросистемной техники
- Механические модели в электромеханике, физико-математические и морфолого-топологические модели базовых элементов
- Основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области микросистемной техники
- Основы теории цепей
- Эксплуатационные и ресурсные (параметры надежности) характеристики конечного изделия "система в корпусе"
- Формы представления статистических данных
- Физические и математические модели приборов, схем, микроэлектромеханических устройств различного функционального назначения
- Численные методы
- Математический анализ
- методы анализа и синтеза информации, полученной из разных источников в области моделирования радиоэлектронных средств

- Методики поиска, сбора и обработки информации и методы системного анализа в области моделирования радиоэлектронных средств
- Методы синтеза и исследования моделей
- Методы расчета и моделирования базовых компонентов микро- и наносистем
- Методология проектирования аналоговых устройств средствами системы автоматизированного проектирования

**Уметь:**

- Программировать на языках высокого уровня
- Применять современные методы расчета и анализа нано- и микросистем
- Работать на персональном компьютере на уровне уверенного пользователя, применять специализированное программное обеспечение
- Формировать базы данных измерений электрических параметров изделий "система в корпусе"
- Формировать базы данных результатов испытаний изделий "система в корпусе" на устойчивость к воздействию внешних факторов
- Пользоваться методами сбора, анализа и обобщения научно-технической информации
- Использовать средства функционального, аналогового моделирования
- Использовать встроенные средства программирования и отладки системы автоматизированного проектирования
- Использовать методы расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области
- Интерпретировать результаты моделирования в соответствии с поставленной задачей
- применять методики поиска, сбора и обработки информации и использовать методы системного анализа в области моделирования радиоэлектронных средств
- применять методы анализа и синтеза информации, полученной из разных источников в области моделирования радиоэлектронных средств
- Использовать средства обработки результатов моделирования электрических характеристик
- Использовать современные программные средства моделирования

**Владеть:**

- Формирование базы данных измерений электрических параметров изделий "система в корпусе"
- методиками поиска, сбора и обработки информации и методами системного анализа в области моделирования радиоэлектронных средств
- Статистическая обработка измеренных электрических параметров изделий "система в корпусе"
- Формирование заключения по данным статистического анализа результатов измерений и испытаний для выборки опытной партии образцов изделий "система в корпусе"
- Статистическая обработка результатов испытаний изделий "система в корпусе" на устойчивость к воздействию внешних факторов
- Формирование базы данных результатов испытаний изделий "система в корпусе" на устойчивость к воздействию внешних факторов
- Моделирование процессов функционирования чувствительных элементов микроэлектромеханической системы различных типов
- Уточнение и совершенствование моделей поведения динамических многослойных микромеханических конструкций с диссипацией энергии, содержащих различные дефекты формы и свойств
- Установление влияния типовых дефектов на динамические характеристики рассматриваемых систем методами вычислительного эксперимента
- Выполнение процедур экстракции паразитных параметров требуемого уровня детализации
- Основы математической обработки результатов моделирования
- навыками проведения аналитических обзоров современной отечественной и зарубежной литературы в области моделирования радиоэлектронных средств

- Выполнение процедур физической и электрической верификации топологических представлений блоков микроэлектромеханической системы средствами системы автоматизированного проектирования

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

При проведении учебных занятий организация обеспечивает развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Сем.	Часов	Компетенции
<b>1. Курс лекций по моделированию</b>				
1.1	<b>Вводная лекция (Лек).</b> Введение. Понятия модели и моделирования. Классификация моделей.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.2	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Построение элементарных моделей.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.3	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "Построение элементарных моделей".	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.4	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	ПК-1.2, ПК-2.2
1.5	<b>Информационное моделирование (Лек).</b> Информационное моделирование. Информационные модели. Основные понятия информационного моделирования. Связи между объектами.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.6	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Моделирование работы электротехнических устройств в Matlab. Начало работы в Simulink. Примеры построения Simulink-моделей.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.7	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "построение Simulink-моделей".	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.8	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.9	<b>Основные понятия и виды математических моделей (Лек).</b> Математические модели. Основные понятия. Классификация математических моделей. Пример построения математической модели.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.10	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Выполнение практической работа на тему "построения математической модели".	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.11	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "построения математической модели".	6	1,375	ПК-1.2, ПК-2.2
1.12	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	ПК-1.2, ПК-2.2



<b>1.13</b>	<b>Имитационное моделирование (Лек).</b> Имитационное моделирование. Понятие имитационного моделирования. Технология имитационного моделирования. Этапы имитационного моделирования. Виды имитационного моделирования.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
<b>1.14</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Генерирование импульсного сигнала. Использование передаточной функции Transfer Fcn. Модель системы, заданная дифференциальным уравнением.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
<b>1.15</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "Генерирование импульсного сигнала. Использование передаточной функции Transfer Fcn. Модель системы, заданная дифференциальным уравнением".	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
<b>1.16</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
<b>1.17</b>	<b>Статистическое моделирование (Лек).</b> Моделирование случайных процессов. Метод Монте-Карло. Вычисление интегралов по методу Монте-Карло.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
<b>1.18</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Выполнение практической работа на тему "Моделирование случайных процессов. Метод Монте-Карло. Вычисление интегралов по методу Монте-Карло".	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
<b>1.19</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "Моделирование случайных процессов. Метод Монте-Карло. Вычисление интегралов по методу Монте-Карло".	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
<b>1.20</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
<b>1.21</b>	<b>Псевдослучайные числа (Лек).</b> Генераторы случайных чисел. Основные понятия. Линейные конгруэнтные генераторы. Смешанные генераторы. Мультипликативные генераторы.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
<b>1.22</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Установка параметров расчета и его выполнение. Основные блоки Simulink. Подсистемы Simulink. Маскирование подсистем в Simulink.	6	2	ПК-1.2, ПК-2.2
<b>1.23</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "Установка параметров расчета и его выполнение. Основные блоки Simulink. Подсистемы Simulink. Маскирование подсистем в Simulink".	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
<b>1.24</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2

1.25	<b>Клеточные автоматы. Фракталы. (Лек).</b> Клеточные автоматы. Фракталы.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.26	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Выполнение практических работа на тему "Клеточные автоматы. Фракталы."	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.27	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "Клеточные автоматы. Фракталы".	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.28	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.29	<b>Моделирование радиоэлектронных устройств (Лек).</b> Этапы проектирования РЭУ. Понятие о математических моделях (ММ) технических объектов. Классификация параметров ММ. Типовые проектные процедуры: анализ и синтез.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.30	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Моделирование систем нелинейных уравнений в Matlab. Приведение к треугольному виду. LU-разложение матрицы	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.31	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "Моделирование систем нелинейных уравнений в Matlab. Приведение к треугольному виду. LU-разложение матрицы".	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.32	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.33	<b>Моделирование радиоэлектронных устройств (Лек).</b> Типичная последовательность проектных процедур. Место моделирования в проектировании. САПР. Состав и назначение САПР. Основные принципы построения САПР	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.34	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Выполнение практических работа на тему "Использование САПР для построение моделей".	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.35	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "Использование САПР для построение моделей".	6	1,375	УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.36	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.37	<b>Топологические основы формирования моделей радиоэлектронных устройств (Лек).</b> Представление структуры электрической цепи в виде графа. Основные положения теории графов. Матрица инцидентий. Матрицы главных контуров и главных сечений. Фундаментальные соотношения между матрицами главных сечений и контуров. Получение топологических уравнений цепи на основе матриц инцидентий, главных контуров и сечений.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2

1.38	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Выполнение практических работа на тему "Матрица инцидентий. Матрицы главных контуров и главных сечений. Фундаментальные соотношения между матрицами главных сечений и контуров. Получение топологических уравнений цепи на основе матриц инцидентий, главных контуров и сечений".	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.39	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "Матрица инцидентий. Матрицы главных контуров и главных сечений. Фундаментальные соотношения между матрицами главных сечений и контуров. Получение топологических уравнений цепи на основе матриц инцидентий, главных контуров и сечений".	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.40	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.41	<b>Моделирование РЭУ на макроуровне (Лек).</b> Понятие фазовых переменных. Компонентные и топологические уравнения. Модели простых элементов РЭУ. Составление общей ММ сложного радиоэлектронного устройства.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.42	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Численные методы интегрирования в Matlab. Метод трапеций, метод прямоугольников. Метод Монте-Карло для определения величины интеграла. Точность метода Монте-Карло.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.43	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "Численные методы интегрирования в Matlab. Метод трапеций, метод прямоугольников. Метод Монте-Карло для определения величины интеграла. Точность метода Монте-Карло".	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.44	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.45	<b>Моделирование РЭУ на макроуровне (Лек).</b> Основные положения операторного метода. Применение операторного метода для решения дифференциально интегральных уравнений. Использование преобразования Лапласа для анализа радиоэлектронных устройств.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.46	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Выполнение практических работа на тему "Применение операторного метода для решения дифференциально интегральных уравнений. Использование преобразования Лапласа для анализа радиоэлектронных устройств".	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2

1.47	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "Применение операторного метода для решения дифференциально интегральных уравнений. Использование преобразования Лапласа для анализа радиоэлектронных устройств".	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.48	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.49	<b>Основные задачи моделирования РЭС (Лек).</b> Основные задачи моделирования РЭС. Формирование ММ на основе обобщенного метода узловых потенциалов. Алгоритм анализа линейных цепей в частотной области. Информационные массивы. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Методы Гаусса, LU-разложения. Особенности решение СЛАУ с разреженными матрицами.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.50	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Выполнение практической работа на тему "Решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса, LU-разложения. Решение СЛАУ с разреженными матрицами".	6	2	ПК-1.2, ПК-2.2
1.51	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "Решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса, LU-разложения. Решение СЛАУ с разреженными матрицами".	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.52	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.53	<b>Анализ статических режимов (Лек).</b> Формирование нелинейных математических моделей РЭУ. Алгоритм Ньютона-Рафсона для решения нелинейных алгебраических систем уравнений. Модификация Бройдена. Особенности расчета диодно-транзисторных схем.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.54	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Численные методы решения дифференциальных уравнений в Matlab. Функция ode45 для решения задачи баллистики. Сеточные методы решения дифференциальных уравнений на примере решения уравнения Пуассона.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.55	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "Численные методы решения дифференциальных уравнений в Matlab. Функция ode45 для решения задачи баллистики. Сеточные методы решения дифференциальных уравнений на примере решения уравнения Пуассона".	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2

1.56	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.57	<b>Математические модели элементов РЭУ. Линейные и нелинейные модели компонентов (Лек).</b> Линейные модели полупроводникового диода, биполярного и полевого транзисторов. Общий алгоритм построения эквивалентной схемы ППУ. Нелинейные модели полупроводниковых приборов.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.58	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Моделирование системы уравнений Максвелла. Решение системы уравнений Максвелла методом конечных разностей во временной области (FDTD-метод) на одномерной сетке.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.59	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "Моделирование системы уравнений Максвелла. Решение системы уравнений Максвелла методом конечных разностей во временной области (FDTD-метод) на одномерной сетке".	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.60	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.61	<b>Математические модели элементов РЭУ. Линейные и нелинейные модели компонентов (Лек).</b> Модель диода Эберса-Молла. Нелинейные модели биполярного транзистора. Нелинейная модель полевого транзистора. Модели цифровых и аналоговых микросхем, макромодель операционного усилителя.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.62	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Выполнение практических работ на тему "Модель диода Эберса-Молла. Нелинейные модели биполярного транзистора. Нелинейная модель полевого транзистора. Модели цифровых и аналоговых микросхем, макромодель операционного усилителя".	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.63	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на тему "Модель диода Эберса-Молла. Нелинейные модели биполярного транзистора. Нелинейная модель полевого транзистора. Модели цифровых и аналоговых микросхем, макромодель операционного усилителя".	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
1.64	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение и изучение пройденного материала.	6	1,375	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
<b>2. Промежуточная аттестация (экзамен)</b>				
2.1	<b>Подготовка к сдаче промежуточной аттестации (Экзамен).</b>	6	33,65	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2

<b>2.2</b>	<b>Контактная работа с преподавателем в период промежуточной аттестации (КрПА).</b>	6	2,35	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2, ПК-2.2
------------	---	---	------	--------------------------------

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

### **5.1. Перечень компетенций**

Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Математическое моделирование электронных устройств», с указанием результатов их формирования в процессе освоения образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы

### **5.2. Типовые контрольные вопросы и задания**

1. Понятие модели и моделирования
2. Классификация моделей.
3. Основные понятия информационного моделирования.
4. Классификация математических моделей, пример построения математической модели.
5. Имитационное моделирование, этапы имитационного моделирования.
6. Моделирование случайных процессов. Метод Монте-Карло.
7. Генераторы случайных чисел.
8. Этапы моделирования РЭУ. Понятия о математических моделях технических объектов.
9. Системы автоматизированного проектирования. Состав и назначение САПР. Основные принципы построения САПР.
10. Основные положения теории графов. Представление структуры электрической цепи в виде графа.
11. Понятие фазовых переменных. Компонентные и топологические уравнения.
12. Модели простых элементов РЭУ. Составление общей модели сложного РЭУ.
13. Основные задачи моделирования РЭС.
14. Формирование нелинейных математических моделей РЭУ.
15. Линейная модель полупроводникового диода.
16. Линейная модель биполярного транзистора.
17. Линейная модель полевого транзистора.

### **5.3. Фонд оценочных материалов**

Полный перечень оценочных материалов представлен в приложении 1.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **6.1. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

<b>Наименование помещения</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

### **6.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

1. Microsoft Windows. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.

2. Microsoft Office. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.

### **6.3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

#### **6.3.1. Основная литература**

1. Александров А. Е., Аждер Т. Б., Степанова И. В. Моделирование вычислительных систем [Электронный ресурс]:практикум. - М.: РТУ МИРЭА, 2020. - – Режим доступа: <https://library.mirea.ru/secret/26082020/2319.iso>
2. Александров А. Е., Аждер Т. Б., Степанова И. В. Моделирование вычислительных систем [Электронный ресурс]:практикум. - Москва: РТУ МИРЭА, 2020. - 102 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/167566>
3. Трухин М. П. Моделирование сигналов и систем. Основы разработки компьютерных моделей систем и сигналов [Электронный ресурс]:учебное пособие. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 212 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/118651>
4. Трухин М. П. Моделирование сигналов и систем. Дифференциальные, дискретные и цифровые модели динамических систем [Электронный ресурс]:учебное пособие. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 228 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/121487>
5. Рафиков Р. А. Электронные сигналы и цепи. Цифровые сигналы и устройства [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 320 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168925>
6. Голубева Н. В. Математическое моделирование систем и процессов [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 192 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168961>
7. Амелина М. А., Амелин С. А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10 [Электронный ресурс]:учебное пособие для вузов. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 632 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/153923>
8. Монаков А. А. Математическое моделирование радиотехнических систем [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 148 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168953>
9. Муромцев Д. Ю., Тюрин И. В. Математическое обеспечение САПР [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 464 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168620>

#### **6.4. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. База данных Web of Science  
<http://www.webofknowledge.com>
2. Международный ресурс для поиска и обмена научными публикациями  
<https://www.researchgate.net>
3. Информационно-справочный портал научных публикаций отечественных и зарубежных авторов «Google Академия»  
<https://www.scholar.google.ru>
4. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>
5. Wolfram Mathworld: The Web's Most Extensive Mathematics Resource  
<http://www.mathworld.wolfram.com>
6. Wolfram: вычисления и знания, рука к руке <http://www.wolfram.com>

#### **6.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Самостоятельная работа студента направлена на подготовку к учебным занятиям и на развитие знаний, умений и навыков, предусмотренных программой дисциплины.

В соответствии с учебным планом дисциплина может предусматривать лекции, практические занятия и лабораторные работы, а также выполнение и защиту курсового проекта (работы). Успешное изучение дисциплины требует посещения всех видов занятий,

выполнение заданий преподавателя и ознакомления с основной и дополнительной литературой. В зависимости от мероприятий, предусмотренных учебным планом и разделом 4, данной программы, студент выбирает методические указания для самостоятельной работы из приведенных ниже.

При подготовке к лекционным занятиям студентам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо: приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию; до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия; в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения; в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов; на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившихся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изученную на занятии.

Методические указания, необходимые для изучения и прохождения дисциплины приведены в составе образовательной программы.

## **6.6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБУЧЕНИЮ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Медиа материалы также следует использовать и адаптировать с учетом индивидуальных особенностей обучения лиц с ОВЗ.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств



обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);

- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);

- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);

- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);

- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

