МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по УРиМД
_____Нариманова Г.Н.
«05» _____03_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИБОРОВ И УСТРОЙСТВ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И МИКРОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Направленность (профиль) / специализация: **Микросенсорика интеллектуальных систем**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **физической электроники (ФЭ)**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	28	28	часов
Лабораторные занятия	28	28	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	16	16	часов
Самостоятельная работа	52	52	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	6

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83861

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Основная цель курса состоит в изучении общих принципов моделирования и методов построения математических моделей технических объектов, методов и алгоритмов анализа радиоэлектронных устройств (РЭУ), приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники, освоении программных средств для моделирования приборов и устройств микроэлектроники.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение теоретических основ построения математических моделей объектов проектирования.
2. Изучение основных методов и алгоритмов анализа радиоэлектронных цепей и устройств.
3. Освоение разработки математических моделей, алгоритмов, методов и программ для моделирования и параметрической оптимизации радиоэлектронных цепей и устройств.
4. Получение навыков решения задач моделирования с помощью современных математических пакетов и специализированных САПР.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.04.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 83861

ПК-1. Способен проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий	ПК-1.1. Знает основные физические и математические модели объектов микро- и наносистемной техники	Знает методы численного моделирования и математический аппарат
	ПК-1.2. Знает основные программные средства для физического и математического моделирования приборов и устройств микро- и наносистемной техники	Знает математические подходы и методы для решения сложных численных задач при моделировании приборов и устройств микроэлектроники, микро- и наносистемной техники
	ПК-1.3. Умеет представлять объекты микро- и наносистемной техники в виде физических и математических моделей	Умеет разрабатывать и реализовывать алгоритмы для выбранных методов моделирования
	ПК-1.4. Владеет практическими навыками работы в прикладных программах компьютерного моделирования	Владеет современными программными средствами для анализа и проектирования технических устройств
ПК-6. Готов рассчитывать и проектировать компоненты нано- и микросистемной техники	ПК-6.1. Знает основные методики проектирования и расчета компонентов нано- и микросистемной техники	Знает методики расчета параметров электрических схем, а также устройств микроэлектроники и микросистемной техники
	ПК-6.2. Умеет рассчитывать параметры компонентов нано- и микросистемной техники	Умеет рассчитывать параметры эквивалентных схем компонентов приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники
	ПК-6.3. Владеет навыками работы в прикладных программах для расчета и проектирования компонентов нано- и микросистемной техники	Владеет системами схемотехнического моделирования и проектирования

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		6 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	56	56
Лекционные занятия	28	28
Лабораторные занятия	28	28
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	52	52

Согласована на портале № 83861

Подготовка к зачету с оценкой	10	10
Подготовка к тестированию	10	10
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	32	32
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр					
1 Введение. Понятие проектирования и математической модели (ММ) технического объекта. Классификация и методы получения ММ технических объектов	2	4	12	18	ПК-1, ПК-6
2 Топологические основы формирования моделей радиоэлектронных устройств (РЭУ)	4	-	4	8	ПК-1, ПК-6
3 Моделирование РЭУ на макроуровне	16	20	20	56	ПК-1, ПК-6
4 Математические модели элементов РЭУ. Линейные и нелинейные модели компонентов	4	-	4	8	ПК-1, ПК-6
5 Специализированные программы для анализа электронных устройств	2	4	12	18	ПК-1, ПК-6
Итого за семестр	28	28	52	108	
Итого	28	28	52	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
6 семестр			

Согласована на портале № 83861

1 Введение. Понятие проектирования и математической модели (ММ) технического объекта. Классификация и методы получения ММ технических объектов	Предмет дисциплины. Определение проектирования. Принципы проектирования. Блочно-иерархический подход, аспекты и уровни проектирования. Этапы проектирования РЭУ. Понятие о математических моделях (ММ) технических объектов. Классификация параметров ММ. Типовые проектные процедуры: анализ и синтез. Типичная последовательность проектных процедур. Место моделирования в проектировании. САПР. Состав и назначение САПР. Основные принципы построения САПР.	2	ПК-1, ПК-6
	Итого	2	
2 Топологические основы формирования моделей радиоэлектронных устройств (РЭУ)	Представление структуры электрической цепи в виде графа. Основные положения теории графов. Матрица инциденций. Матрицы главных контуров и главных сечений. Фундаментальные соотношения между матрицами главных сечений и контуров. Получение топологических уравнений цепи на основе матриц инциденций, главных контуров и сечений.	4	ПК-1, ПК-6
	Итого	4	

Согласована на портале № 83861

3 Моделирование РЭУ на макроуровне	Понятие фазовых переменных. Компонентные и топологические уравнения. Модели простых элементов РЭУ. Составление общей ММ сложного радиоэлектронного устройства. Основные положения операторного метода. Применение операторного метода для решения дифференциально интегральных уравнений. Использование преобразования Лапласа для анализа радиоэлектронных устройств.	4	ПК-1, ПК-6
	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 разряженными матрицами.	4	ПК-1, ПК-6
	Основные положения. Формирование системы уравнений ММ РЭУ на основе табличного и узлового методов. Анализ переходных процессов. Метод переменных состояния. Метод дискретных элементов. Методы численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. Явные и неявные методы. Понятие устойчивости методов численного интегрирования. Методы Эйлера и трапеций. Расчет переходных процессов в линейных электрических цепях.	4	ПК-1, ПК-6
	Анализ статических режимов. Формирование нелинейных математических моделей РЭУ. Алгоритм Ньютона-Рафсона для решения нелинейных алгебраических систем уравнений. Модификация Бройдена. Особенности расчета диодно-транзисторных схем.	4	ПК-1, ПК-6
	Итого	16	

Согласована на портале № 83861

4 Математические модели элементов РЭУ. Линейные и нелинейные модели компонентов	Линейные модели полупроводникового диода, биполярного и полевого транзисторов. Общий алгоритм построения эквивалентной схемы ППУ. Нелинейные модели полупроводниковых приборов. Модель диода Эберса-Молла. Нелинейные модели биполярного транзистора. Нелинейная модель полевого транзистора. Модели цифровых и аналоговых микросхем, макромодель операционного усилителя.	4	ПК-1, ПК-6
	Итого	4	
5 Специализированные программы для анализа электронных устройств	Изучение принципов работы в среде пакета схемотехнического моделирования Micro-CAP	2	ПК-1, ПК-6
	Итого	2	
Итого за семестр		28	
Итого		28	

5.3. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено учебным планом

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Введение. Понятие проектирования и математической модели (ММ) технического объекта. Классификация и методы получения ММ технических объектов	Моделирование работы функционального узла РЭУ с использованием программы Micro-CAP.	4	ПК-1, ПК-6
	Итого	4	
3 Моделирование РЭУ на макроуровне	Моделирование переходных процессов в линейных цепях на основе метода переменных состояний	8	ПК-1, ПК-6
	Расчет и моделирование усилительного каскада на биполярном транзисторе по постоянному току	12	ПК-1, ПК-6
	Итого	20	

Согласована на портале № 83861

5 Специализированные программы для анализа электронных устройств	Изучение принципов работы в среде программы схемотехнического моделирования Micro-CAP	4	ПК-1, ПК-6
	Итого	4	
Итого за семестр		28	
Итого		28	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				
1 Введение. Понятие проектирования и математической модели (ММ) технического объекта. Классификация и методы получения ММ технических объектов	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-1, ПК-6	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-6	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	ПК-1, ПК-6	Лабораторная работа
	Итого	12		
2 Топологические основы формирования моделей радиоэлектронных устройств (РЭУ)	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-1, ПК-6	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-6	Тестирование
	Итого	4		
3 Моделирование РЭУ на макроуровне	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-1, ПК-6	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-6	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	16	ПК-1, ПК-6	Лабораторная работа
	Итого	20		
4 Математические модели элементов РЭУ. Линейные и нелинейные модели компонентов	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-1, ПК-6	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-6	Тестирование
	Итого	4		

Согласована на портале № 83861

5 Специализированные программы для анализа электронных устройств	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-1, ПК-6	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-6	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	ПК-1, ПК-6	Лабораторная работа
	Итого	12		
Итого за семестр		52		
Итого		52		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	Зачёт с оценкой, Лабораторная работа, Тестирование
ПК-6	+	+	+	Зачёт с оценкой, Лабораторная работа, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
6 семестр				
Зачёт с оценкой	10	10	20	40
Лабораторная работа	10	10	20	40
Тестирование	5	5	10	20
Итого максимум за период	25	25	50	100
Нарастающим итогом	25	50	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

Согласована на портале № 83861

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Трухин, М.П. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств. Учебное пособие для вузов / М.П. Трухин. — М. Горячая линия-Телеком, 2016. — 386 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94642.

7.2. Дополнительная литература

1. Методология системотехнического проектирования электронных и радиоэлектронных средств (в двух частях): Учебное пособие для бакалавриата, специалитета и магистратуры / Н. Н. Кривин - 2022. 589 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10141.

2. Нурмухамедов, Л. Х. Основы компьютерного проектирования радиоэлектронных средств : учебное пособие / Л. Х. Нурмухамедов, С. В. Перелыгин. — СПб: СПбГИКиТ, 2022. — 116 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/415835.

3. Амелина, М.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10: учеб. пособие / М.А. Амелина, С.А. Амелин. — СПб: Лань, 2014. — 632 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/53665.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Модели и методы анализа проектных решений: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ, самостоятельной работы и курсового проекта / М. В. Черкашин - 2025. 209 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11239.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

Согласована на портале № 83861

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория информационных технологий: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 323 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- ПТК на базе IBM PC/AT - 4 шт.;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Keysight (ADS);
- MatLab&SimulinkR2006b;
- Mathcad 13, 14;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование

Согласована на портале № 83861

звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение. Понятие проектирования и математической модели (ММ) технического объекта. Классификация и методы получения ММ технических объектов	ПК-1, ПК-6	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Топологические основы формирования моделей радиоэлектронных устройств (РЭУ)	ПК-1, ПК-6	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Моделирование РЭУ на макроуровне	ПК-1, ПК-6	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Математические модели элементов РЭУ. Линейные и нелинейные модели компонентов	ПК-1, ПК-6	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Специализированные программы для анализа электронных устройств	ПК-1, ПК-6	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 83861

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.

Согласована на портале № 83861

5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Анализ технического задания, обоснование методов и принципов проектирования радиоэлектронной системы (устройства) производится на этапе:
   а) системного проектирования;
   б) структурного проектирования;
   в) схемотехнического проектирования;
   г) конструкторского проектирования;
   д) технологического проектирования.
2. Разбиение радиоэлектронной системы (устройства) на отдельные блоки, назначение требований к выходным параметрам блоков производится на этапе:
   а) системного проектирования;
   б) структурного проектирования;
   в) схемотехнического проектирования;
   г) конструкторского проектирования;
   д) технологического проектирования.
3. Разработка принципиальной электрической схемы отдельных блоков и самой радиоэлектронной системы (устройства) производится на этапе:
   а) системного проектирования;
   б) структурного проектирования;
   в) схемотехнического проектирования;
   г) конструкторского проектирования;
   д) технологического проектирования.
4. Полнота отображения в математической модели свойств реального объекта называется:
   а) универсальность;
   б) адекватность;
   в) точность;
   г) экономичность.
5. Степень совпадения значений выходных параметров реального объекта и значений этих же параметров, рассчитанных с помощью математической модели, называют:
   а) универсальность;
   б) адекватность;
   в) точность;
   г) экономичность.
6. Способность отображать свойства реального объекта с заданной точностью в определенном интервале значений внутренних и внешних параметров называют:
   а) универсальность;
   б) адекватность;
   в) точность;
   г) экономичность.
7. Минимальный по размерности вектор фазовых переменных, полностью характеризующий работу объекта проектирования, называют
   а) вектором внутренних параметров;
   б) вектором выходных параметров;
   в) базисным вектором;
   г) вектором внешних характеристик.
8. Определение элементов, из которых состоит объект и способов соединения этих элементов между собой, исходя из заданных технических требований к его выходным характеристикам, называют
   а) анализ;

Согласована на портале № 83861

б) параметрический синтез;
в) структурный синтез;
г) проектирование технического объекта;

9. Определение рабочих характеристик объекта при известной структуре и параметрах составляющих его элементов называют:
а) анализ;
б) параметрический синтез;
в) структурный синтез;
г) проектирование технического объекта;
10. Наиболее часто в процессе проектирования технических объектов выполняется процедура:
а) анализ;
б) параметрический синтез;
в) структурный синтез;
г) проектирование технического объекта;

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Понятие проектирования. Принципы проектирования. Аспекты и уровни проектирования.
2. Понятие математической модели (ММ) технического объекта. Классификация ММ.
3. Понятие математической модели (ММ) технического объекта. Требования к ММ.
4. Типовые проектные процедуры. Последовательность проектных процедур.
5. Преобразования ММ при анализе. Основные процедуры преобразования.
6. САПР. Структура САПР. Принципы построения и задачи решаемые САПР.
7. Типовой состав САПР РЭУ. Основные виды моделирования. Применяемые ММ элементов.
8. Этапы проектирования радиоэлектронных устройств (РЭУ).
Особенности математического аппарата на отдельных этапах проектирования РЭУ.
9. Основные положения операторного метода. Применение операторного метода для анализа частотных характеристик РЭУ
10. Моделирование РЭУ на макроуровне. Математические модели пассивных элементов.
11. Формирование ММ цепи методом узловых проводимостей. Ввод RLC- элементов и управляемого источника тока в матрицу проводимостей.
12. Формирование ММ цепи методом узловых проводимостей. . Ввод RLC- элементов и управляемого источника напряжения в матрицу проводимостей.
13. Общий алгоритм моделирования РЭУ в частотной области на основе метода узловых проводимостей.
14. Нелинейная модель полупроводникового диода
15. Линейная модель полупроводникового диода
16. Нелинейная модель биполярного транзистора
17. Линейная модель биполярного транзистора
18. Представление транзистора в виде четырехполюсника. Системы Z-параметров. Формальные схемы замещения четырехполюсников.
19. Представление транзистора в виде четырехполюсника. Системы Y-параметров. Формальные схемы замещения четырехполюсников.
20. Представление транзистора в виде четырехполюсника. Системы H-параметров. Формальные схемы замещения четырехполюсников.
21. Понятие макромодели на примере мат модели операционного усилителя.
22. Модифицированный узловой метод формирования системы уравнений для линейных цепей.
23. Табличный метод формирования системы уравнений для линейных цепей
24. Модифицированный табличный метод формирования системы уравнений для линейных цепей
25. Расчет переходных процессов в линейных цепях на основе метода переменных состояний.
26. Расчет переходных процессов в линейных цепях на основе модифицированного метода узловых потенциалов

9.1.3. Темы лабораторных работ

Согласована на портале № 83861

1. Моделирование работы функционального узла РЭУ с использованием программы Micro-CAP.
2. Моделирование переходных процессов в линейных цепях на основе метода переменных состояний
3. Расчет и моделирование усилительного каскада на биполярном транзисторе по постоянному току
4. Изучение принципов работы в среде программы схемотехнического моделирования Micro-CAP

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами

Согласована на портале № 83861

С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 83861

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ
протокол № 163 от «26» 11 2024 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ФЭ	И.В. Кулинич	Согласовано, d2a0f42b-ed8d-43b9-8776-2e1f79c72b0a
Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ	И.В. Кулинич	Согласовано, d2a0f42b-ed8d-43b9-8776-2e1f79c72b0a
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Профессор, каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Профессор, каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. КСУП	М.В. Черкашин	Разработано, f6a9f90a-ccca-411f-a4cd-bc6a4d4c3de9

Согласована на портале № 83861