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

САПР СВЧ УСТРОЙСТВ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия радиоэлектронных устройств и комплексов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Курсовой проект	18	18	часов
Самостоятельная работа	74	74	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	180	180	часов
	5	5	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Экзамен	6
Курсовой проект	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 № 85854

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Подготовка бакалавров в области проектирования микроволновых устройств и антенн.

1.2. Задачи дисциплины

1. Получение необходимых знаний по основам работы систем автоматизированного проектирования микроволновых устройств и антенн.

2. Получение знаний по методам расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и антенн, по основам их автоматизированного проектирования.

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.01.ДВ.01.02.05.

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 № 85854

ПК-2. Способен выполнять расчет и проектирование радиоэлектронных средств и их составных частей в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-2.1. Знает основы расчёта и проектирования радиоэлектронных средств и их составных частей в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	Знает методы расчёта и проектирования деталей и узлов радиоэлектронных устройств.
	ПК-2.2. Умеет выполнять расчет и проектирование радиоэлектронных средств и их составных частей в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	Умеет рассчитывать и проектировать сверхвысокочастотные устройства, в том числе их составные части и узлы.
	ПК-2.3. Владеет методами расчета и проектирования радиоэлектронных средств и их составных частей в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	Владеет навыками расчета, проектирования и моделирования сверхвысокочастотных устройств, систем, составных частей и узлов.

Согласована на портале № 85854

ПК-3. Способен исследовать и эксплуатировать радиоэлектронные средства и технологии, обеспечивающие передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения	ПК-3.1. Знает принципы исследования и эксплуатации радиоэлектронных средств и технологий, обеспечивающих передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения	Знает принципы моделирования, проектирования и анализа СВЧ-устройств в программных средствах автоматизированного проектирования.
	ПК-3.2. Умеет исследовать и эксплуатировать радиоэлектронные средства и технологии, обеспечивающие передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения	Умеет применять САПР для исследования характеристик СВЧ-устройств и оценки их параметров в системах передачи, обработки и приёма информации.
	ПК-3.3. Владеет методами исследования и способами эксплуатации радиоэлектронных средств и технологий, обеспечивающих передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения	Владеет методами параметрического анализа, оптимизации и верификации СВЧ-устройств с использованием специализированных САПР.

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 5 зачетных единиц, 180 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	70	70
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
Курсовой проект	18	18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	74	74
Написание отчета по курсовому проекту	24	24
Подготовка к тестированию	16	16
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	12	12
Написание отчета по лабораторной работе	8	8
Выполнение практического задания	14	14
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	180	180

Согласована на портале № 85854

Общая трудоемкость (в з.е.)	5	5

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	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Курс. пр.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр							
1 Общие подходы к проектированию сверхвысокочастотных устройств	6	2	4	18	18	48	ПК-2, ПК-3
2 Системы квазистатического моделирования характеристик СВЧ устройств	4	6	8		18	36	ПК-2, ПК-3
3 Системы электродинамического моделирования характеристик СВЧ устройств	4	6	4		22	36	ПК-2, ПК-3
4 Методы анализа и обработки результатов исследования	4	4	-		16	24	ПК-2, ПК-3
Итого за семестр	18	18	16	18	74	144	
Итого	18	18	16	18	74	144	

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			
1 Общие подходы к проектированию сверхвысокочастотных устройств	Описание общих подходов к проектированию сверхвысокочастотных устройств	6	ПК-2, ПК-3
	Итого	6	
2 Системы квазистатического моделирования характеристик СВЧ устройств	Изучение систем квазистатического моделирования характеристик СВЧ устройств, применяемых подходов и методов.	4	ПК-2
	Итого	4	
3 Системы электродинамического моделирования характеристик СВЧ устройств	Изучение систем электродинамического моделирования характеристик СВЧ устройств, применяемых подходов и методов.	4	ПК-2
	Итого	4	

Согласована на портале № 85854

4 Методы анализа и обработки результатов исследования	Изучение методов анализа и обработки результатов исследования характеристик СВЧ устройств и антенн	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Общие подходы к проектированию сверхвысокочастотных устройств	Регулярные линии передачи с Т-волной	2	ПК-2, ПК-3
	Итого	2	
2 Системы квазистатического моделирования характеристик СВЧ устройств	Регулярные волноводные линии передачи	6	ПК-2
	Итого	6	
3 Системы электродинамического моделирования характеристик СВЧ устройств	Характеристики и параметры антенн	6	ПК-2
	Итого	6	
4 Методы анализа и обработки результатов исследования	Анализ и обработка результатов моделирования	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

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 Общие подходы к проектированию сверхвысокочастотных устройств	Изучение особенностей проектирования устройств СВЧ-диапазона	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	

Согласована на портале № 85854

2 Системы квазистатического моделирования характеристик СВЧ устройств	Проектирование двухканального делителя-сумматора мощности Вилкинсона	4	ПК-2, ПК-3
	Моделирование двухканального делителя-сумматора мощности Вилкинсона.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	8	
3 Системы электродинамического моделирования характеристик СВЧ устройств	Моделирование СВЧ усилителей мощности	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

5.5. Курсовой проект

Содержание, трудоемкость контактной аудиторной работы и формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Содержание контактной аудиторной работы и ее трудоемкость

Содержание контактной аудиторной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр		
Обсуждение общего плана курсовой работы и этапов написания. Выбор темы. Постановка цели, задач.	2	ПК-2, ПК-3
Обсуждение ведения, технического задания, содержания курсовой работы.	4	ПК-2, ПК-3
Проверка и обсуждения практической работы: эксперимента, методики.	4	ПК-2, ПК-3
Обсуждение результатов поисковой, исследовательской и экспериментальной части.	4	ПК-2, ПК-3
Просмотр презентации, подготовка к защите перед комиссией	4	ПК-2, ПК-3
Итого за семестр	18	
Итого	18	

Примерная тематика курсовых проектов:

1. Моделирование микрополоскового фильтра с заданной полосой пропускания и характеристиками подавления
2. Моделирование микрополосковой линии передачи с учётом потерь в проводниках и диэлектрике
3. Моделирование влияния корпуса на характеристики СВЧ-устройства
4. Проектирование направленного ответвителя на основе интегральной технологии в X-диапазоне
5. Моделирование влияния экранов и корпусов на характеристики СВЧ-устройств

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

Согласована на портале № 85854

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				
1 Общие подходы к проектированию сверхвысокочастотных устройств	Написание отчета по курсовому проекту	6	ПК-2, ПК-3	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-2, ПК-3	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	4	ПК-2, ПК-3	Отчет по лабораторной работе
	Итого	18		
2 Системы квазистатического моделирования характеристик СВЧ устройств	Написание отчета по курсовому проекту	6	ПК-2, ПК-3	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Выполнение практического задания	4	ПК-2	Практическое задание
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-2, ПК-3	Лабораторная работа
	Итого	18		
3 Системы электродинамического моделирования характеристик СВЧ устройств	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-2, ПК-3	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	4	ПК-2, ПК-3	Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2	Тестирование
	Написание отчета по курсовому проекту	6	ПК-2	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Выполнение практического задания	4	ПК-2	Практическое задание
	Итого	22		

Согласована на портале № 85854

4 Методы анализа и обработки результатов исследования	Написание отчета по курсовому проекту	6	ПК-2, ПК-3	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Выполнение практического задания	6	ПК-2, ПК-3	Практическое задание
	Итого	16		
Итого за семестр		74		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		110		

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.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Курс. пр.	Сам. раб.	
ПК-2	+	+	+	+	+	Курсовой проект, Лабораторная работа, Отчет по курсовому проекту, Отчет по лабораторной работе, Практическое задание, Тестирование, Экзамен
ПК-3	+	+	+	+	+	Курсовой проект, Лабораторная работа, Отчет по курсовому проекту, Отчет по лабораторной работе, Практическое задание, Тестирование, Экзамен

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				
Лабораторная работа	0	5	10	15
Практическое задание	10	10	5	25
Тестирование	5	5	5	15
Отчет по лабораторной работе	0	5	10	15
Экзамен				30
Итого максимум за период	15	25	30	100

Согласована на портале № 85854

Нарастающим итогом	15	40	70	100

Балльные оценки для курсового проекта представлены в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 – Балльные оценки для курсового проекта

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				
Отчет по курсовому проекту	20	50	30	100
Итого максимум за период	20	50	30	100
Нарастающим итогом	20	70	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

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. Антенны и устройства (СВЧ): расчет и измерение характеристик : учебное пособие для вузов / Ю. Е. Мительман, Р. Р. Абдуллин, С. Г. Сычугов, С. Н. Шабунин ; под общей редакцией Ю. Е. Мительмана. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 138 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/492640.

7.2. Дополнительная литература

1. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Радиотехника, 2006. – 375с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.).

Согласована на портале № 85854

2. Антенны : учебное пособие / Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов [и др.]. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 412 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/133478.
3. Проектирование СВЧ устройств и систем: Практикум : учебное пособие / Е. Ф. Певцов, В. В. Крутов, А. О. Казачков, В. А. Рогачев. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 75 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/239960.
4. Основы теории и проектирования ВЧ- и СВЧ-устройств на регулярных связанных линиях передачи: Учебное пособие / А. Г. Лощилов, Н. Д. Малютин - 2018. 136 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8281.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Антенны и фидеры: Учебно-методическое пособие для практических занятий / Г. Г. Гошин - 2018. 236 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8324.
2. Певцов, Е. Ф. Проектирование СВЧ устройств в САПР ADS : учебно-методические пособия / Е. Ф. Певцов, В. В. Крутов, А. О. Казачков. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 69 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/226700.
3. Организация самостоятельной работы: Учебно-методическое пособие / Д. О. Ноздреватых, Б. Ф. Ноздреватых - 2018. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7867.

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:
– 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 практических занятий

Учебно-исследовательская лаборатория "Микроволновая техника": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для

Согласована на портале № 85854

проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 328 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор;
- Проекционный экран;
- Осциллограф GDS–71022;
- Измеритель Р2М-18;
- Генератор сигнала 33522А;
- Вольтметр циф. GDM 8145;
- Измеритель Р2М-04;
- Анализатор спектра СК4М-04;
- Осциллограф цифровой MS07104;
- Мультиметр цифровой 34405А;
- Источник питания GPD-73303S;
- Генератор Г4-126;
- Измеритель Р2-60 - 2 блока;
- Измеритель Р5-12;
- Измерительная линия Р1-27;
- Векторный анализатор сигналов Р4М-18;
- Опорно-поворотное устройство;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- Keysight Advanced Design System (ADS);
- Keysight Electromagnetic Professional (EMPro);
- Microsoft Office 2010;
- Microsoft Windows 8;
- PTC Mathcad 15;
- Qucs;
- Scilab;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебно-исследовательская лаборатория "Микроволновая техника": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 328 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор;
- Проекционный экран;
- Осциллограф GDS–71022;
- Измеритель Р2М-18;
- Генератор сигнала 33522А;
- Вольтметр циф. GDM 8145;
- Измеритель Р2М-04;
- Анализатор спектра СК4М-04;
- Осциллограф цифровой MS07104;
- Мультиметр цифровой 34405А;
- Источник питания GPD-73303S;
- Генератор Г4-126;

Согласована на портале № 85854

- Измеритель Р2-60 - 2 блока;
- Измеритель Р5-12;
- Измерительная линия Р1-27;
- Векторный анализатор сигналов Р4М-18;
- Опорно-поворотное устройство;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- Keysight Advanced Design System (ADS);
- Keysight Electromagnetic Professional (EMPro);
- Microsoft Office 2010;
- Microsoft Windows 8;
- PTC Mathcad 15;
- Qucs;
- Scilab;

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для курсового проекта

Учебно-исследовательская лаборатория "Микроволновая техника": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 328 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Проектор;
- Проекционный экран;
- Осциллограф GDS–71022;
- Измеритель Р2М-18;
- Генератор сигнала 33522A;
- Вольтметр циф. GDM 8145;
- Измеритель Р2М-04;
- Анализатор спектра СК4М-04;
- Осциллограф цифровой MS07104;
- Мультиметр цифровой 34405A;
- Источник питания GPD-73303S;
- Генератор Г4-126;
- Измеритель Р2-60 - 2 блока;
- Измеритель Р5-12;
- Измерительная линия Р1-27;
- Векторный анализатор сигналов Р4М-18;
- Опорно-поворотное устройство;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- AWR Design Environment;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- Microsoft Office 2010;
- Microsoft Windows 8;
- PDFCreator;
- PTC Mathcad 15;
- Qt Framework (Open Source);

Согласована на портале № 85854

- Qucs;
- Scilab;

8.5. 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.

8.6. 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 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)

Согласована на портале № 85854

1 Общие подходы к проектированию сверхвысокочастотных устройств	ПК-2, ПК-3	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
2 Системы квазистатического моделирования характеристик СВЧ устройств	ПК-2, ПК-3	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Системы электродинамического моделирования характеристик СВЧ устройств	ПК-2, ПК-3	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
4 Методы анализа и обработки результатов исследования	ПК-2, ПК-3	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

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

Согласована на портале № 85854

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.
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.

Согласована на портале № 85854

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Использование нерегулярной сетки позволяет:
   а) увеличить время расчета модели без потери точности
   б) уменьшить время расчета модели без потери точности
   в) уменьшить время расчета модели с потерей точности
   г) увеличить время расчета модели с потерей точности
2. Какая сетка с большей точностью описывает цилиндрические фигуры?:
   а) тетраэдральная
   б) гексоидальная
   в) локальная
   г) нет верного ответа
3. Какой метод расчета наиболее оптимален для расчета большеразмерных объектов?:
   а) метод конечных разностей во временной области
   б) метод конечного интегрирования
   в) метод физической оптики
   г) нет верного ответа
4. Какую поляризацию называют вращающейся?:
   а) вертикальную
   б) горизонтальную
   в) наклонную
   г) круговую
   д) эллиптическую
5. У каких поляризаций вектор сохраняет свою ориентацию в пространстве?:
   а) у вертикальной
   б) у горизонтальной
   в) у наклонной
   г) у круговой
   д) у эллиптической
6. Правильные соотношения между коэффициентами усиления, направленного действия и полезного действия:
   а) КНД = КПД*КУ
   б) КУ = КПД*КНД
   в) КПД = КНД/КУ
   г) КПД = КУ/КНД
7. На основе чего не может быть построен делитель мощности?:
   а) шлейфного НО
   б) одноступенчатого НО
   в) кольцевого моста
   г) циркулятора
8. Направленные ответвители, имеющие две плоскости симметрии, являются:
   а) синфазно-противофазными
   б) квадратурными
   в) мостовыми
   г) противонаправленными
9. Какова длина шлейфов двухшлейфных НО?:
   а) λ
   б) $\lambda/2$
   в) $\lambda/3$
   г) $\lambda/4$
10. С помощью какого поля можно изменить направление циркуляции в Y-циркуляторе?:
    а) магнитного
    б) электрического
    в) электромагнитного
    г) нет верного ответа
11. Какова длина ступени ступенчатого согласованного перехода?:
    а) λ

Согласована на портале № 85854

б) λ/2
в) λ/4
г) λ/8

12. Добротность, связанная с потерями в диэлектрике, определяется по формуле:
    а) Qд=1/tgδε
    б) Qд=1/tgδμ
    в) Qд=tgδε
    г) Qд=1/tgδμ
13. В закрытых резонаторах возможны только такие колебания, для которых по длине резонатора укладывается целое число:
    а) λ
    б) λ/2
    в) λ/4
    г) 2λ
14. К четырехполюсникам относятся:
    а) фильтры
    б) нагрузки
    в) делители мощности
    г) направленные ответвители
15. Множитель направленности антенной системы – это диаграмма направленности:
    а) линейного проводника, по которому протекает постоянный ток
    б) совокупности направленных излучателей, образующих решетку
    в) системы точечных излучателей, находящихся в узлах решетки
    г) или множитель, на который необходимо умножить ДН элемента, чтобы получить ДН решетки
16. Как влияют при равноамплитудном распределении линейные фазовые изменения на ДН линейной антенны?:
    а) приводят к смещению направления максима излучения
    б) приводят к увеличению уровня боковых лепестков
    в) приводят к асимметрии уровней боковых лепестков относительно главного
    г) приводят к уширению главного лепестка ДН д) приводят к заплыванию нулей в ДН
17. Как влияют при равноамплитудном распределении квадратичные фазовые изменения на ДН линейной антенны?:
    а) приводят к асимметрии уровней боковых лепестков относительно главного
    б) приводят к заплыванию нулей в ДН
    в) приводят к исчезновению боковых лепестков
    г) приводят к увеличению ширины главного лепестка
18. Как влияют при равноамплитудном распределении кубические фазовые изменения на ДН линейной антенны?:
    а) приводят к смещению направления максима излучения
    б) приводят к увеличению уровня боковых лепестков
    в) приводят к асимметрии уровней боковых лепестков относительно главного
    г) приводят к уширению главного лепестка ДН
    д) могут приводить к заплыванию нулей в ДН
19. Как влияет спадающее амплитудное распределение (при отсутствии фазовых искажений) на ДН линейной антенны?:
    а) никак не влияет на форму ДН
    б) приводит к смещению максимума ДН
    в) приводит к возрастанию уровня боковых лепестков
    г) приводит к исчезновению боковых лепестков д) приводит к заплыванию нулей в ДН
20. Способы подавления побочных (дифракционных) максимумов ДН в линейных решетках:
    а) применение направленных элементов
    б) увеличение шага решетки
    в) уменьшение шага решетки
    г) применение ненаправленных элементов
    д) не эквидистантное расположение элементов

Согласована на портале № 85854

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Принцип расчёта направленного ответвителя на связанных ступенчатых линиях передачи
2. Принцип расчёта трансформатора сопротивлений на ступенчатых линиях передачи
3. Принцип расчёта трансформатора сопротивлений на плавных линиях передачи
4. Принцип расчёта направленного ответвителя на плавных связанных линиях передачи
5. Принцип расчёта делителя мощности ступенчатых линиях передачи
6. Принцип расчёта делителя мощности плавных линиях передач с распределённым резистивным слоем
7. Принцип расчёта направленного моста на волноводных линиях передачи
8. Принцип расчёта коаксиальной согласованной нагрузки на плавных линиях передачи
9. Принцип расчёта коаксиальной согласованной нагрузки на ступенчатых линиях передачи
10. Принцип расчёта фильтров СВЧ.
11. Общие подходы к оптимальному проектированию СВЧ-устройств
12. Электродинамическое моделирование устройств СВЧ. Возможности программного обеспечения. Основные методы расчёта.

9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты курсового проекта

1. Дайте определение S-параметрам и объясните физический принцип каждого из них?
2. Какие из S- параметров применялись при проектировании?
3. Назовите основные параметры и характеристики проектируемого элемента?
4. Назовите основные области применения разрабатываемого элемента?
5. Каковы идеальные характеристики и параметры разрабатываемого элемента?
6. Какие численные методы применялись при проектировании?

9.1.4. Примерный перечень тематик курсовых проектов

1. Моделирование микрополоскового фильтра с заданной полосой пропускания и характеристиками подавления
2. Моделирование микрополосковой линии передачи с учётом потерь в проводниках и диэлектрике
3. Моделирование влияния корпуса на характеристики СВЧ-устройства
4. Проектирование направленного ответвителя на основе интегральной технологии в X-диапазоне
5. Моделирование влияния экранов и корпусов на характеристики СВЧ-устройств

9.1.5. Темы лабораторных работ

1. Изучение особенностей проектирования устройств СВЧ-диапазона
2. Проектирование двухканального делителя-сумматора мощности Вилкинсона
3. Моделирование двухканального делителя-сумматора мощности Вилкинсона.
4. Моделирование СВЧ усилителей мощности

9.1.6. Темы практических заданий

1. Обоснование похода к проектированию СВЧ устройств и антенн.
2. Квазистатическое моделирование характеристик одиночных и связанных линий передачи.
3. Электродинамическое моделирование характеристик одиночных и связанных линий передачи.
4. Анализ целостности полезного сигнала в связанных линиях передачи.
5. Анализ характеристик микрополосковых антенн.

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.

Согласована на портале № 85854

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
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

Согласована на портале № 85854

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 № 85854

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР
протокол № 6 от «14» 2 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Директор, каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Старший преподаватель, каф. ТУ	А.В. Бусыгина	Согласовано, 7d0bdef1-6f57-4269-9fbe-4beb03053805

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. СВЧиКР	Е. Жечев	Разработано, 965eaa31-3663-4771-9257-b32c8d7ceb1c

Согласована на портале № 85854