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

СХЕМОТЕХНИКА СВЧ УСТРОЙСТВ

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия наземных и космических систем связи, локации и навигации**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Курс: **5**
Семестр: **9**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	9 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	26	26	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Самостоятельная работа	84	84	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	9

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 № 83596

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Подготовка специалистов в области разработки микроволновых устройств, основанных на использовании активных и пассивных элементов СВЧ-диапазона.

1.2. Задачи дисциплины

1. Получение необходимых знаний по физическим основам функционирования активных и пассивных микроволновых элементов.
2. Получение необходимых знаний по методам расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств на основе активных и пассивных элементов, по основам их проектирования.
3. Приобретение навыков работы с пакетом программ автоматизированного проектирования типа ADS.
4. Получение знаний по методам измерения электрических параметров и характеристик микроволновых схем и устройств.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль специализации (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.ДВ.01.02.08.
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 № 83596

ПК-2. Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением САПР и пакетов прикладных программ, в том числе с учётом требований к информационной безопасности	ПК-2.1. Знает принципы проектирования радиоэлектронных систем и комплексов	Знает методики проектирования широкого ряда пассивных и активных СВЧ устройств.
	ПК-2.2. Умеет проводить расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, радиоэлектронных систем и комплексов	Умеет проводить расчеты характеристик пассивных и активных СВЧ устройств
	ПК-2.3. Владеет навыками разработки принципиальных схем радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	Владеет навыками разработки принципиальных схем СВЧ устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ
ПК-6. Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов, в том числе с использованием пакетов прикладных программ	ПК-6.1. Знает методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах	Знает методы и алгоритмы моделирования процессов СВЧ устройствах
	ПК-6.2. Умеет пользоваться типовыми методиками моделирования объектов и процессов	Умеет пользоваться специализированными алгоритмами и программами для расчета широкополосных согласующих цепей.
	ПК-6.3. Владеет средствами разработки и создания имитационных моделей с помощью стандартных пакетов прикладных программ	Владеет средствами разработки и создания моделей элементов и узлов СВЧ устройств с помощью стандартных пакетов прикладных программ

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 4 зачетных единиц, 144 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
		9 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	60	60
Лекционные занятия	26	26
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	84	84
Подготовка к зачету с оценкой	18	18

Согласована на портале № 83596

Написание конспекта самоподготовки	18	18
Выполнение практического задания	8	8
Выполнение расчетной / расчетно-графической работы	8	8
Подготовка к тестированию	18	18
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	14	14
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

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.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
9 семестр						
1 Особенности диапазона и устройств СВЧ	4	6	4	20	34	ПК-2, ПК-6
2 Микрополосковые делители СВЧ и согласующие цепи	6	6	4	20	36	ПК-2, ПК-6
3 Усилители	4	6	4	13	27	ПК-2, ПК-6
4 Генераторы СВЧ	2	-	-	9	11	ПК-2, ПК-6
5 Преобразователи частоты	4	-	4	13	21	ПК-2, ПК-6
6 Основы измерений СВЧ-устройств	6	-	-	9	15	ПК-6
Итого за семестр	26	18	16	84	144	
Итого	26	18	16	84	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
9 семестр			
1 Особенности диапазона и устройств СВЧ	Типы и параметры линий передачи СВЧ. Расчёт эквивалентных схем и характеристик отрезков линий передачи. Матрица рассеяния. Диаграмма Вольперта-Смитта и её использование для расчёта характеристик устройств СВЧ. Согласующие цепи на элементах с сосредоточенными и распределёнными параметрами.	4	ПК-2, ПК-6
	Итого	4	

Согласована на портале № 83596

2 Микрополосковые делители СВЧ и согласующие цепи	Описание расчётов основных используемых пассивных устройств СВЧ. Делители мощности (шлейфные, кольцевые, мосты Уилкинсона), согласующие цепи на отрезках линий передачи, фильтры, направленные ответвители. Эквивалентные схемы компонентов, используемых в устройствах СВЧ.	6	ПК-2, ПК-6
	Итого	6	
3 Усилители	Определение коэффициента шума и коэффициента передачи усилителей, способы измерения. Условия устойчивости усилителей. Особенности построения схем усилителей по назначению. Расчёт параметров малошумящих усилителей СВЧ диапазона. Основные схемы включения активных элементов. Расчёт характеристик устройств.	4	ПК-2, ПК-6
	Итого	4	
4 Генераторы СВЧ	Основные параметры микроволновых генераторов. Нелинейные параметры активных элементов. Определение фазового шума генераторов. Генераторы СВЧ колебаний на основе двухполюсников, методы анализа и расчёта характеристик. Условия баланса амплитуд и баланса фаз. Генераторы СВЧ на основе четырёхполюсников, методы анализа и расчёта характеристик.	2	ПК-2, ПК-6
	Итого	2	
5 Преобразователи частоты	Назначение и принципы переноса частоты. Основные схемы и параметры смесителей СВЧ. Расчёт характеристик схем смесителей. Умножители частоты, их особенности и применение.	4	ПК-2, ПК-6
	Итого	4	
6 Основы измерений СВЧ-устройств	Основы измерения коэффициента шума. Основы векторного анализа цепей. Векторная коррекция, калибровка. Основы анализа спектра	6	ПК-6
	Итого	6	
Итого за семестр		26	
Итого		26	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.
Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Согласована на портале № 83596

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
9 семестр			
1 Особенности диапазона и устройств СВЧ	Согласование фидеров с нагрузкой	6	ПК-6
	Итого	6	
2 Микрополосковые делители СВЧ и согласующие цепи	Проектирование двухканального делителя-сумматора Вилкинсона	6	ПК-6
	Итого	6	
3 Усилители	Моделирование СВЧ усилителей мощности	6	ПК-2, ПК-6
	Итого	6	
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
9 семестр			
1 Особенности диапазона и устройств СВЧ	Построение и анализ фильтра низких частот	4	ПК-2
	Итого	4	
2 Микрополосковые делители СВЧ и согласующие цепи	Синтез и оптимизация полосового фильтра	4	ПК-2, ПК-6
	Итого	4	
3 Усилители	Исследование виртуальной модели усилителя промежуточной частоты	4	ПК-2, ПК-6
	Итого	4	
5 Преобразователи частоты	Исследование виртуальной модели смесителя	4	ПК-2, ПК-6
	Итого	4	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

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
9 семестр				

Согласована на портале № 83596

1 Особенности диапазона и устройств СВЧ	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-2, ПК-6	Конспект самоподготовки
	Выполнение практического задания	4	ПК-2, ПК-6	Практическое задание
	Выполнение расчетной / расчетно-графической работы	4	ПК-2, ПК-6	Расчетная / расчетно-графическая работа
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	3	ПК-2	Лабораторная работа
	Итого	20		
2 Микрополосковые делители СВЧ и согласующие цепи	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-6	Зачёт с оценкой
	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-2, ПК-6	Конспект самоподготовки
	Выполнение практического задания	4	ПК-2, ПК-6	Практическое задание
	Выполнение расчетной / расчетно-графической работы	4	ПК-2, ПК-6	Расчетная / расчетно-графическая работа
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-6	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	3	ПК-2, ПК-6	Лабораторная работа
	Итого	20		
3 Усилители	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-6	Зачёт с оценкой
	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-2, ПК-6	Конспект самоподготовки
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-6	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-2, ПК-6	Лабораторная работа
	Итого	13		
4 Генераторы СВЧ	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-6	Зачёт с оценкой
	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-2, ПК-6	Конспект самоподготовки
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-6	Тестирование
	Итого	9		

Согласована на портале № 83596

5 Преобразователи частоты	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-6	Зачёт с оценкой
	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-2, ПК-6	Конспект самоподготовки
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-6	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-2, ПК-6	Лабораторная работа
	Итого	13		
6 Основы измерений СВЧ-устройств	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-6	Зачёт с оценкой
	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-6	Конспект самоподготовки
	Подготовка к тестированию	3	ПК-6	Тестирование
	Итого	9		
Итого за семестр		84		
Итого		84		

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.	Сам. раб.	
ПК-2	+	+	+	+	Зачёт с оценкой, Конспект самоподготовки, Лабораторная работа, Практическое задание, Расчетная / расчетно-графическая работа, Тестирование
ПК-6	+	+	+	+	Зачёт с оценкой, Конспект самоподготовки, Лабораторная работа, Практическое задание, Расчетная / расчетно-графическая 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
9 семестр				
Зачёт с оценкой	0	0	30	30
Конспект самоподготовки	4	4	8	16

Согласована на портале № 83596

Лабораторная работа	5	5	5	15
Практическое задание	5	5	5	15
Расчетная / расчетно-графическая работа	4	4	4	12
Тестирование	4	4	4	12
Итого максимум за период	22	22	56	100
Нарастающим итогом	22	44	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. 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.

2. Головин, О. В. Устройства генерирования, формирования, приема и обработки сигналов : учебное пособие / О. В. Головин. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2017. — 783 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/111045.

3. Основы векторного анализа цепей/ М. Хибель ; пер. С. М. Смольский ; ред. У. Филипп = Fundamentals of Vector Network Analysis / Hiebel, Michael. - М. : Издательский дом МЭИ, 2009. - 502 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 8 экз.).

7.2. Дополнительная литература

1. Приборы и устройства СВЧ, КВЧ И ГВЧ диапазонов: Учебное пособие / А. М. Заболоцкий - 2023. 114 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10542.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

Согласована на портале № 83596

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. 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.
3. 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.
4. Скалярный анализатор цепей P2M: Руководство к лабораторной работе для студентов технических направлений подготовки и специальностей / С. А. Подлиннов, А. В. Фатеев, Г. Г. Гошин - 2024. 34 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10930.
5. Компьютерное моделирование радиоприемных устройств : учебно-методическое пособие / И. Н. Зайцева, А. А. Зайцев, Е. А. Арнаутов, А. Л. Золкин. — Елец : ЕГУ им. И.А. Бунина, 2022. — 90 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/331787.
6. Синтез и оптимизация полосового фильтра: Методические указания по выполнению лабораторной работы / С. А. Артищев - 2018. 9 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8120.
7. Построение и анализ фильтра низких частот: Методические указания по выполнению лабораторной работы / С. А. Артищев - 2018. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8123.

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-научная лаборатория микроволновых устройств и антенн: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для

Согласована на портале № 83596

проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 225/2 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Источник питания постоянного тока DP831A.Rigol 16 шт.

Панель интерактивная LMP7502ELN Lumien 75EL

Монитор 27" 20 шт.

Монитор MSI 27" Pro MP271 12 шт.

Системный блок 1 8 шт.

Системный блок 2 8 шт.

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Comsol 6.1.0.282;
- GNU Radio;
- PTC Mathcad 14;
- Qucs;

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;
- 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);
- Micran Graphit;
- Microsoft Office 2010;
- PTC Mathcad 15;

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы),

Согласована на портале № 83596

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.

8.5. 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 № 83596

1 Особенности диапазона и устройств СВЧ	ПК-2, ПК-6	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Расчетная / расчетно-графическая работа	Примерный перечень вариантов (заданий) для расчетных / расчетно-графических работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Микрополосковые делители СВЧ и согласующие цепи	ПК-2, ПК-6	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Расчетная / расчетно-графическая работа	Примерный перечень вариантов (заданий) для расчетных / расчетно-графических работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Усилители	ПК-2, ПК-6	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Генераторы СВЧ	ПК-2, ПК-6	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 83596

5 Преобразователи частоты	ПК-2, ПК-6	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Основы измерений СВЧ-устройств	ПК-6	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

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

Согласована на портале № 83596

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.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какой тип волны распространяется в коаксиальной линии передачи?
   а) Н-волна;
   б) Е-волна;
   в) Т-волна;
   г) М-волна;
2. Чему равно входное сопротивление четвертьволнового отрезка линии передачи сопротивлением 50 Ом, подключенный к нагрузке сопротивлением 100 Ом?
   а) 25 Ом
   б) 50 Ом
   в) 75 Ом
   г) 112,5 Ом
3. Чему равно входное сопротивление полуволнового отрезка линии передачи сопротивлением 75 Ом, подключенный к нагрузке сопротивлением 50 Ом?
   а) 25 Ом
   б) 50 Ом
   в) 75 Ом
   г) 112,5 Ом
4. Чему равно эквивалентное сопротивление катушки индуктивности номиналом 5 нГн на частоте 3 ГГц?
   а) 94,2 Ом
   б) j94,2 Ом
   в) -j94,2 Ом
   г) 50 Ом
5. Чему равен КСВН устройства, если коэффициент отражения равен 0,5?
   а) 2
   б) 1,5
   в) 0,5
   г) 3
6. Чему равен коэффициент передачи делителя мощности Уилкинсона в дБ?
   а) 3 дБ
   б) 0,5 дБ

Согласована на портале № 83596

в) -3 дБ
г) -0,5 дБ

7. Чему равна разность фаз на выходах делителя мощности Уилкинсона в градусах?
   а) 90
   б) 180
   в) 0
   г) 270
8. Чему равна разность фаз на выходах квадратурного делителя мощности в градусах?
   а) 90
   б) 180
   в) 0
   г) 270
9. Чему равна разность фаз на выходах моста Ланге в градусах?
   а) 90
   б) 180
   в) 0
   г) 270
10. Чему равен общий коэффициент шума трёх последовательно соединённых одинаковых усилителей с коэффициентами передачи 10 дБ, коэффициентом шума 3 дБ?
    а) 6 дБ
    б) 9 дБ
    в) 3,14 дБ
    г) 3,24 дБ
11. Выберите условия возникновения колебаний в усилителе с коэффициентом передачи Ку, охваченным петлёй обратной связи с коэффициентом передачи L.
    а) |Ку*L|>1
    б) |Ку*L|=1
    в) arg(Ку*L)<0 г) arg(Ку*L)=0
12. Выберите условия возникновения колебаний в двухполюснике с коэффициентом отражения Ко, подключенного к нагрузке с коэффициентом отражения L.
    а) |Ко*L|>1
    б) |Ко*L|=1
    в) arg(Ко*L)<0
    г) arg(Ко*L)=0
13. Чему равна выходная мощность усилителя в дБмВт с коэффициентом передачи по напряжению 36 дБ, если входная мощность равна 25 мВт?
    а) 40
    б) 20
    в) 23
    г) 50
14. Чему равна выходная мощность усилителя в дБмВт с коэффициентом передачи по мощности 16 дБ, если входная мощность равна 2,5 мВт, а точка однодецибельной компрессии по выходу равна 19 дБмВт?
    а) 20
    б) 19
    в) 21
    г) 18
15. Как изменится волновое сопротивление коаксиальной линии, если у неё увеличить диаметр внутреннего проводника, оставив постоянным диаметр внешнего?
    а) увеличиться
    б) уменьшится
    в) не изменится
16. Чему равно входное сопротивление четвертьволнового отрезка линии передачи сопротивлением 50 Ом, короткозамкнутого на конце?
    а) 0
    б) бесконечно
    в) 50

Согласована на портале № 83596

г) 25

17. Чему равна электрическая длина полуволнового отрезка линии передачи в градусах?
    а) 90
    б) 45
    в) 180
    г) 270
18. Как изменится волновое сопротивление микрополосковой линии, если у неё увеличить толщину диэлектрической подложки, оставив постоянной ширину полоска?
    а) увеличиться
    б) уменьшится
    в) не изменится
19. Сигналы с какой частотой присутствуют на выходе идеального смесителя, если на вход подаются сигнал с частотой fc и гетеродин с часотой fr, при условии fr>fc?
    а) fr-fc
    б) fr+fc
    в) fc-fr
    г) fc
    д) 2fr
20. Сигналы с какой частотой присутствуют на выходе реального смесителя, если на вход подаются сигнал с частотой fc и гетеродин с частотой fr, при условии fr<fc?
    а) fr-fc
    б) fr+fc
    в) fc-fr
    г) fc
    д) fr

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Делитель мощности Уилкинсона. Схема, принцип работы и основные характеристики.
2. Шлейфный делитель мощности. Схема, принцип работы и основные характеристики.
3. Кольцевой делитель мощности. Схема, принцип работы и основные характеристики.
4. Резонансные отрезки линии передачи. Эквивалентные схемы.
5. Четверть- и полуволновый трансформатор сопротивлений. Схема, принцип работы и основные характеристики.
6. Условия возникновения и поддержания колебаний при анализе сопротивлений (колебания тока).
7. Условия возникновения и поддержания колебаний при анализе проводимостей (колебания напряжения).
8. Условия возникновения и поддержания колебаний при анализе коэффициента отражения.
9. Условия возникновения и поддержания колебаний при анализе коэффициента усиления.
10. Условия устойчивости усилителя. Выбор сопротивлений нагрузки и генератора.
11. Круги равных параметров на диаграмме Вольперта-Смитта.
12. Максимальный доступный коэффициент усиления. Условия его обеспечения.
13. Фазовый шум. Физический смысл и влияние на него характеристик генератора.
14. Коэффициент усиления и коэффициент шума усилителя. Физический смысл и способ измерения.
15. Принцип работы смесителя. Условия возникновения преобразования.
16. Идеальный смеситель. Его параметры и характеристики.
17. Однодиодный смеситель. Схема, принцип работы и основные характеристики.
18. Балансный смеситель. Схема, принцип работы и основные характеристики.
19. Двойной балансный смеситель. Схема, принцип работы и основные характеристики.
20. Расчет коэффициента шума и коэффициента усиления каскадного соединения.
21. Схемы смещения (питания) активных элементов.
22. Эквивалентные схемы пассивных сосредоточенных элементов в СВЧ диапазоне.

9.1.3. Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки

1. Многопроводные линии передачи СВЧ.

Согласована на портале № 83596

2. Широкополосное согласование комплексных нагрузок. Критерии Боде-Фано.
3. Основы анализа спектра.
4. Основы скалярного анализа цепей.
5. Измерения мощности в диапазоне СВЧ.

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Построение и анализ фильтра низких частот
2. Синтез и оптимизация полосового фильтра
3. Исследование виртуальной модели усилителя промежуточной частоты
4. Исследование виртуальной модели смесителя

9.1.5. Темы практических заданий

1. Рассчитайте многосекционный трансформатор с чебышевской характеристикой 4 порядка с пульсациями в полосе рабочих частот 0,05 дБ, центральной частотой 5 ГГц с сопротивления генератора 50 Ом на сопротивление нагрузки 100 Ом.
2. Рассчитайте многосекционный трансформатор с максимально плоской характеристикой 5 порядка, центральной частотой 4 ГГц с сопротивления генератора 50 Ом на сопротивление нагрузки 100 Ом.
3. Рассчитайте многосекционный направленный ответвитель. Исходные данные: Центральная частота – f0 = 5 ГГц; Диапазон частот анализа схемы – fH = 1 ГГц, fB = 9 ГГц; Количество секций – N = 5; Ответвление – C0 = 16 дБ.
4. Рассчитайте фильтр нижних частот. Исходные данные: Частота среза фильтра – fc = 5 ГГц; Диапазон частот анализа схемы – fH = 0,1 ГГц, fB = 9 ГГц; Затухание на частоте f = 8 ГГц – более 20 дБ; Тип характеристики фильтра – максимально плоская характеристика коэффициента передачи; Максимальное сопротивление линии Zh = 120 Ом; Минимальное сопротивление линии Zl = 20 Ом.
5. Рассчитайте полосно-пропускающий фильтр на связанных линиях. Исходные данные: Центральная частота – f0 = 5 ГГц; Относительная полоса пропускания – 10 % Диапазон частот анализа схемы – fH = 2 ГГц, fB = 8 ГГц; Затухание на частоте f = 8 ГГц – более 20 дБ; Порядок фильтра N = 5; Тип характеристики фильтра – чебышевская характеристика коэффициента передачи; Максимальная амплитуда пульсаций в полосе пропускания – 0,1 дБ.

9.1.6. Примерный перечень вариантов (заданий) для расчетных / расчетно-графических работ

1. Рассчитайте согласующую цепь на элементах со сосредоточенными параметрами для генератора сопротивлением 50 Ом, а нагрузки 120 Ом.
2. Рассчитайте Г-образную согласующую цепь на элементах со сосредоточенными параметрами для генератора сопротивлением 25+j40 Ом, а нагрузки 50 Ом.
3. Рассчитайте П-образную согласующую цепь на элементах со сосредоточенными параметрами для генератора сопротивлением 50-j50 Ом и нагрузки 120 Ом. Центральная частота 3 ГГц, полоса согласования 100 МГц.
4. Рассчитайте согласующую цепь на короткозамкнутом шлейфе для генератора сопротивлением 50 Ом, а нагрузки 25 Ом.
5. Рассчитайте согласующую цепь на шлейфе, нагруженном на холостой ход, для генератора сопротивлением 50 Ом, а нагрузки 60+j15 Ом

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

Согласована на портале № 83596

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.

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

Согласована на портале № 83596

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 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 № 83596

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
Доцент, каф. СВЧиКР	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. РСС	А.А. Трубачев	Разработано, 489cea5c-57ea-4da2-8c9a-b5b34721ece3
Ассистент, каф. РСС	В.Г. Романова	Разработано, 8d766f50-f6c9-41ab-a75d-0ef7284996df

Согласована на портале № 83596