

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Учебно-научный институт радиоэлектроники и информационных
технологий (ИРИТ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ Мякинников А.В.

“20” июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.4 Радиоприемные устройства СВЧ
для подготовки магистров

Направление подготовки: 11.04.01 Радиотехника

Направленность: Техника СВЧ и антенны

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: ИРС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины: 144 часа/4 з.е.

Промежуточная аттестация: экзамен

Разработчик: Данилов И.Н., к.т.н.

Нижний Новгород

2023

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.04.01 Радиотехника, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 года № 925 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 14.03.2023 г. № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «ФТОС», протокол от 01.06.2023 г. № 35.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор, Раевский А.С. _____

Программа рекомендована к утверждению учебно-методическим советом ИРИТ, протокол от 20 июня 2023 г. № 6.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.04.01-А-11.
Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ

(подпись) Н.И. Кабанина

Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ	3
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
1.1. Цель освоения дисциплины	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ	7
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ	8
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	20
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	25
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА	25
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА	25
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ	26
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	26
7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)	26
7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	27
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	27
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	28
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	29
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	29
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА	30
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ	30
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ	30
10.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ	31
10.5. Методические указания по выполнению курсовой работы	31
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	35
11.1. Типовые вопросы для промежуточной аттестации	36
11.2. Типовые домашние задания для текущего контроля	39

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины является изучение основ проектирования радиоприемных устройств современной радиоэлектронной аппаратуры СВЧ диапазона.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- изучение схемотехнических, конструктивных и технологических решений, используемых при построении современных радиоприемных устройств в волноводном, микрополосковом и гибридном исполнениях;
- ознакомление с современными и перспективными образцами полупроводниковой электронной компонентной базы дециметрового, сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн;
- освоение методов схемотехнического и электродинамического анализа, а также параметрического синтеза СВЧ цепей радиоприемных трактов, в том числе с использованием современных систем автоматизированного проектирования;
- уяснение фундаментальных ограничений на достижимые технические характеристики современных радиосистем, налагаемых геометрическими размерами элементов приемных трактов, погрешностями изготовления их элементов, а также требованиями к выбранному диапазону и ширине рабочей полосы частот.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Приемные устройства СВЧ диапазона» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Радиотехнические цепи и сигналы», «Схемотехника аналоговых электронных устройств», «Основы техники радиоприема», «Микроэлектронные устройства СВЧ», «Интегральная СВЧ схемотехника» в объеме программы бакалавриата.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующих общепрофессиональных компетенций в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.04.01 «Радиотехника»:

ПКС-1 Способен проводить научные исследования в области устройств СВЧ и антенн, осуществлять анализ и систематизацию научно-технической информации по теме планируемых исследований;

ПКС-2 Способен выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием разработанных и программно реализованных алгоритмов решения задач на основе современных языков программирования или имеющихся средств исследования, включая стандартные пакеты прикладных программ.

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ПКС-1								
<i>Теория и техника СВЧ измерений</i>								
<i>Математическое моделирование СВЧ измерений</i>								
<i>Математические методы прикладной электродинамики</i>								
<i>СВЧ микроэлектроника</i>								
<i>Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств</i>								
<i>Технология производства СВЧ устройств</i>								
<i>Проблемы проектирования антенных систем миллиметрового диапазона</i>								
<i>Современные антенные устройства</i>								
<i>Проектирование приемо-передающих модулей миллиметрового диапазона</i>								
<i>Радиолокационные системы ближнего действия миллиметрового диапазона</i>								
<i>Радиоприемные устройства СВЧ</i>								
<i>Электромагнитная совместимость</i>								
<i>Помехозащищенность радиосистем</i>								
ПКС-2								
<i>Теория и техника СВЧ измерений</i>								
<i>Математическое моделирование СВЧ измерений</i>								
<i>Современные технологии программирования</i>								
<i>Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств</i>								
<i>Технология производства СВЧ устройств</i>								
<i>СВЧ микроэлектроника</i>								
<i>Проблемы проектирования антенных систем миллиметрового диапазона</i>								
<i>Современные антенные устройства</i>								
<i>Проектирование приемо-передающих модулей миллиметрового диапазона</i>								
<i>Радиолокационные системы ближнего действия миллиметрового диапазона</i>								
<i>Радиоприемные устройства СВЧ</i>								

3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения оп

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПКС-1. Способен проводить научные исследования в области устройств СВЧ и антенн, осуществлять анализ и систематизацию научно-технической информации по теме планируемых исследований	ИПКС-1.2. Разрабатывает стратегии и методологии исследования устройств СВЧ и антенн, работает с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронных комплексов.	Знать: - современную узловую и элементную базу, закономерности и основные направления развития приемных устройств СВЧ-диапазона и техники СВЧ в целом, теорию и практику эксплуатации радиоэлектронных комплексов.	Уметь: - производить поиск научно-технической информации для обоснованного выбора технического решения, работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронных комплексов.	Владеть: - навыками сравнительного анализа различных схем и конструкций приемных устройств СВЧ-диапазона, навыками устранения неисправностей, возникших в процессе эксплуатации радиоэлектронных комплексов.	Отчеты по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты
ПКС-2. Способен выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием разработанных и программно реализованных алгоритмов решения задач на основе современных языков программирования или имеющихся средств исследования, включая стандартные пакеты прикладных программ	ИПКС-2.2. Формулирует и решает задачи, использует математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и моделирования устройств СВЧ и антенн, осуществляет анализ информации о качестве функционирования программно-обеспеченного радиоэлектронных комплексов.	Знать: - возможности современных систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры СВЧ-диапазона.	Уметь: - производить с учетом заданных технических требований разработку принципиальных схем и узлов радиоприемных устройств СВЧ-диапазона с использованием средств компьютерного проектирования, производить замену ответственных узлов и элементов радиоэлектронных комплексов.	Владеть: - основными навыками схмотехнического и электродинамического моделирования приемных устройств СВЧ-диапазона и протекающих в них процессов с использованием имеющихся средств исследований, включая универсальные и специализированные пакеты прикладных программ.	Отчеты по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы или 144 часа, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	3 сем.
Формат изучения дисциплины	очная	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144	144
1. Контактная работа:	59	59
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	51	51
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др.)	17	17
лабораторные работы (ЛР)	17	17
1.2. Внеаудиторная, в том числе	8	8
курсовая работа (КР) (консультация, защита)	3	3
текущий контроль, консультации по дисциплине	5	5
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	-	-
2. Самостоятельная работа (СРС)	58	58
курсовая работа (КР) (подготовка)	10	10
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)	48	48
Подготовка к экзамену (контроль)	27	27

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
3 СЕМЕСТР								
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Раздел 1. Введение в спецкурс							
	Тема 1.1. Основные понятия	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.3.4], [6.3.5]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 1.2. Функции радиоприемных устройств СВЧ диапазона в составе радиотехнических систем различного назначения	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3], [6.2.6]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 1.3. Особенности приема сигналов в различных диапазонах частот	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.6], [6.3.4], [6.3.5]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				2,0	[6.3.3]		
	Итого по 1 разделу	1,5	–	–	2,0			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Раздел 2. Структурные схемы и основные технические характеристики приемных устройств СВЧ-диапазона							
	Тема 2.1. Структурные схемы и основные технические характеристики приемных устройств СВЧ-диапазона	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 2.2. Основные этапы и особенности процесса проектирования приемных устройств СВЧ-диапазона	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие 1. Расчет коэффициента усиления линейного тракта приемника и определение необходимости введения АРУ. Распределение усиления и избирательности по СВЧ тракту приемного устройства			2,0		Подготовка к ПЗ [6.1.2], [6.1.3]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				3,0	[6.3.3]		
	Итого по 2 разделу	1,0	–	2,0	3,0			
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Раздел 3. Шумовые свойства приемных устройств СВЧ-диапазона							
	Тема 3.1. Внутренние шумы линейного тракта приемного устройства СВЧ-диапазона	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3], [6.2.2], [6.2.5]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Тема 3.2. Шумовые характеристики линейного тракта	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3], [6.2.5]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 3.3. Связь шумовых характеристик с чувствительностью приемного устройства СВЧ-диапазона	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3], [6.2.5]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие 2. Расчет шумовых характеристик тракта приемного устройства СВЧ по шумовым характеристикам отдельных составляющих функциональных узлов. Обеспечение чувствительности СВЧ приемника при заданном соотношении сигнал/шум			2,0		Подготовка к ПЗ [6.1.2], [6.1.3], [6.2.5]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				4,0	[6.3.3]		
	Итого по 3 разделу	1,5	–	2,0	4,0			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Раздел 4. Внешние помехи и методы защиты от них							
	Тема 4.1. Источники внешних помех, особенности их проявления в различных частотных диапазонах и методы борьбы с ними	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.3.4], [6.3.5]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 4.2. Использование амплитудных ограничителей в качестве защитных устройств входных каскадов приемников СВЧ	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				3,0	[6.3.3]		
	Итого по 4 разделу	1,0	–	–	3,0			
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Раздел 5. Входные устройства СВЧ диапазона							
	Тема 5.1. Типовые принципиальные электрические схемы входных цепей приемных устройств СВЧ диапазона, особенности их конструктивного исполнения	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4], [6.2.3],	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 5.2. Коэффициент шума ВЦ и методы его уменьшения	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента).	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Практическое занятие 3. Расчет коэффициента шума входной цепи СВЧ приемника. Согласование входной цепи по шумам			2,0		Подготовка к ПЗ [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4], [6.2.3],	Дискуссия (обсуждение решения задач, выпол- ненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:				4,0	[6.3.3]		
	Итого по 5 разделу	1,0	–	2,0	4,0			
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Раздел 6. Фильтрующие и согласующие цепи СВЧ							
	Тема 6.1. Основы теории синте- за фильтров	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 6.2. Применение отрезков линий передачи для реализации фильтров	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 6.3. Методы расчета СВЧ фильтров в микрополосковом исполнении	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Тема 6.4. Основные методы узкополосного согласования комплексных нагрузок	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 6.5. Широкополосное согласование активных, комплексных и резонансных нагрузок	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие 4. Методика расчета СВЧ фильтров с четвертьволновыми резонаторами. Расчет элементов согласования в микрополосковом исполнении. Методика широкополосного согласования комплексных нагрузок на примерах			2,0		Подготовка к ПЗ [6.1.1], [6.2.1]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Лабораторная работа 1. Расчет и оптимизация СВЧ полотно-пропускающих фильтров в микрополосковом исполнении		4,0			Подготовка к ЛР [6.1.1], [6.2.1]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым закономерностям)	
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела:				5,0	[6.3.3]		
	Итого по 6 разделу	2,5	4,0	2,0	5,0			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Раздел 7. Управляющие устройства СВЧ							
	Тема 7.1. Устройства управле- ния амплитудой и фазой СВЧ колебаний	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1], [6.2.6]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 7.2. Элементная база для конструирования твердотель- ных управляющих устройств СВЧ	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.6]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 7.3. Одноэлементные и многоэлементные твердотель- ные отключатели и переключа- тели, оптимизация параметров и особенности их конструктивно- го исполнения	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.6]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие 5. Прохождение модулированных сигналов через линейные изби- рательные цепи.			3,0		Подготовка к ПЗ [6.1.1], [6.1.2], [6.2.6]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выпол- ненных студентом у дос- ки); «мозговой штурм».	
	Лабораторная работа 2. Исследование СВЧ отключаю- щих устройств на р-і-п диодах		4,0			Подготовка к ЛР [6.1.1], [6.1.2], [6.2.6]	Круглый стол (обсужде- ние полученных резуль- татов, их соответствие изучаемым закономер- ностям)	
	Самостоятельная работа по освоению 7 раздела:				5,0	[6.3.3]		
	Итого по 7 разделу	1,5	4,0	3,0	5,0			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Раздел 8. Малошумящие усилители СВЧ диапазона							
	Тема 8.1. Типовые принципиальные электрические схемы и конструктивные особенности полосовых транзисторных усилителей диапазона СВЧ	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.2.2], [6.2.4]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 8.2. Использование для анализа транзисторных усилителей СВЧ системы волновых параметров	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.5], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 8.3. Устойчивость усилителей, условия согласования по входу и выходу	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 8.4. Режимы минимального шума и максимального усиления	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 8.5. Оптимизационный подход к задаче расчета широкополосных усилительных каскадов	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.2.3]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Тема 8.6. Динамический диапазон усилителя	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие 6. Расчет согласующих цепей для работы усилительных каскадов в режиме минимального шума и экстремального усиления			3,0		Подготовка к ПЗ [6.1.2], [6.1.5], [6.2.2]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Лабораторная работа 3. Исследование малошумящих транзисторных СВЧ усилителей		5,0			Подготовка к ЛР [6.1.2], [6.1.5], [6.2.2]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым закономерностям)	
	Самостоятельная работа по освоению 8 раздела:				9,0	[6.3.3]		
	Итого по 8 разделу	3,0	5,0	3,0	9,0			
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Раздел 9. Преобразователи частоты СВЧ диапазона							
	Тема 9.1. Обобщенная эквивалентная схема преобразователя частоты, общая теория преобразования частоты	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 9.2. Характеристики преобразования и побочные каналы приема, методы подавления нежелательных продуктов преобразования	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Тема 9.3. Типовые электрические принципиальные схемы преобразователей частоты диапазона СВЧ на транзисторах и диодах	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.2.4], [6.2.6]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 9.4. Методики проектирования твердотельных СВЧ					Самостоятельное изучение темы [6.1.2], [6.1.4], [6.2.6]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Практическое занятие 7. Методика расчета небалансных и балансных диодных смесителей, а также расчет транзисторных смесителей			3,0		Подготовка к ПЗ [6.1.2], [6.1.4], [6.2.6]	Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».	
	Лабораторная работа 4. Исследование СВЧ диодных смесителей		4,0			Подготовка к ЛР [6.1.2], [6.1.4], [6.2.6]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым закономерностям).	
	Самостоятельная работа по освоению 9 раздела:				4,0	[6.3.3]		
	Итого по 9 разделу	1,5	4,0	3,0	4,0			
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Раздел 10. Детекторы СВЧ сигналов							
	Тема 10.1. Амплитудные детекторы	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.6]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	Тема 10.2. Фазовые и частотные детекторы	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.6]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Самостоятельная работа по освоению 10 раздела:				2,0	[6.3.3]		
	Итого по 10 разделу	1,0	–	–	2,0			
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Раздел 11. Регулировки в приемных устройствах СВЧ диапазона							
	Тема 11.1. Виды регулировок в линейной части тракта приема	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 11.2. Настройка приемного устройства в диапазоне частот	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 11.3. Автоматическая регулировка усиления					Самостоятельное изучение темы [6.1.2], [6.1.3]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	Тема 11.4. Автоматическая под- стройка частоты	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Самостоятельная работа по освоению 11 раздела:				4,0	[6.3.3]		
	Итого по 11 разделу	1,5	–	–	4,0			
ПСК-1 (ИПКС-1.2) ПСК-2 (ИПКС-2.2)	Раздел 12. Тенденции и перспективы развития теории и техники приема и обработки сигналов СВЧ							
	Тема 12.1. Развитие и совре- менное состояние теоретиче- ской базы техники радиоприема					Самостоятель- ное изучение темы [6.1.2], [6.1.3], [6.3.4], [6.3.5]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Тема 12.2. Автоматизация про- ектирования и проведения ис- пытаний ПУ СВЧ					Самостоятель- ное изучение темы [6.2.3], [6.1.5], [6.3.4], [6.3.5]	Презентации с исполь- зованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Самостоятельная работа по освоению 12 раздела:				3,0	[6.3.3]		
	Итого по 12 разделу	--	–	–	3,0			
	Курсовая работа				10			
	ИТОГО ЗА 3 СЕМЕСТР	17	17	17	58			
	ИТОГО по дисциплине	17	17	17	58			

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам лабораторных работ и примеры заданий для контрольных работ.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена в 3 семестре.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Физика и техника оптической связи».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ

Шкала оценивания	Контрольная неделя	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачет

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырех-балльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «за- чтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ПКС-1. Способен проводить научные исследования в области устройств СВЧ и антенн, осуществлять анализ и систематизацию научно-технической информации по теме планируемых исследований	ИПКС-1.2. Разрабатывает стратегии и методологии исследования устройств СВЧ и антенн, работает с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронных комплексов.	Не знаком с основными подходами к проектированию приемных устройств СВЧ диапазона.	Слабо знаком с основными подходами к проектированию приемных устройств СВЧ диапазона. Способен осуществлять проектирование только наиболее простых функциональных узлов приемного тракта.	Хорошо знаком с основными подходами к проектированию приемных устройств СВЧ диапазона. Способен самостоятельно осуществлять проектирование приемных устройств, но допускает при этом незначительные ошибки.	Отлично знаком с основными подходами к проектированию приемных устройств СВЧ диапазона. Способен самостоятельно осуществлять проектирование приемных устройств с учетом всех требований технического задания с учетом конструктивных особенностей разрабатываемого СВЧ приемного устройства.
		Не способен производить с учетом заданных технических требований разработку структурных и функциональных схем приемных устройств СВЧ диапазона.	Способен производить с учетом заданных технических требований разработку наиболее простых структурных и функциональных схем приемных устройств СВЧ диапазона. При проектировании использует наиболее известные подходы и схемотехнические и конструктивные решения.	Способен самостоятельно производить с учетом заданных технических требований разработку структурных и функциональных схем приемных устройств СВЧ диапазона. При проектировании использует подходящие схемотехнические и конструктивные решения, но допускает при этом незначительные ошибки	Способен самостоятельно производить с учетом заданных технических требований разработку структурных и функциональных схем приемных устройств СВЧ диапазона. При проектировании наиболее оптимальные схемотехнические и конструктивные решения. Также способен оценить взаимное влияние всех элементов проектируемого приемного устройства.
		Не владеет навыками составления электрических схем приемных устройств СВЧ диапазона.	Слабо владеет навыками составления электрических схем приемных устройств СВЧ диапазона. Имеет представление только о наиболее известных и часто применяемых на практике схемных решениях построения приемных устройств СВЧ диапазона.	Владеет навыками составления электрических схем приемных устройств СВЧ диапазона. При составлении схем допускает незначительные ошибки, ухудшающие характеристики проектируемого приемного тракта.	В совершенстве владеет навыками составления электрических схем приемных устройств СВЧ диапазона. Способен выдать рекомендации по конструктивной реализации разработанных схем приемных устройств СВЧ диапазона.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПКС-2. Способен выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием разработанных и программно реализованных алгоритмов решения задач на основе современных языков программирования или имеющихся средств исследования, включая стандартные пакеты прикладных программ	ИПКС-2.2. Формулирует и решает задачи, использует математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и моделирования устройств СВЧ и антенн, осуществляет анализ информации о качестве функционирования программно-обеспеченных радиоэлектронных комплексов.	Не знаком с возможностями современных систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры СВЧ-диапазона. Не умеет производить с учетом заданных технических требований разработку принципиальных схем и узлов радиоприемных устройств СВЧ-диапазона с использованием средств компьютерного проектирования, производить замену ответственных узлов и элементов радиоэлектронных комплексов. Не владеет основными навыками схемотехнического и электродинамического моделирования приемных устройств СВЧ-диапазона и протекающих в них процессов с использованием имеющихся средств исследований, включая универсальные и специализированные пакеты прикладных программ.	Слабо знаком с возможностями современных систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры СВЧ-диапазона. Может производить с учетом заданных технических требований разработку принципиальных схем и узлов радиоприемных устройств СВЧ-диапазона с использованием средств компьютерного проектирования, производить замену ответственных узлов и элементов радиоэлектронных комплексов, но допускает при этом ошибки. Слабо владеет основными навыками схемотехнического и электродинамического моделирования приемных устройств СВЧ-диапазона и протекающих в них процессов с использованием имеющихся средств исследований, включая универсальные и специализированные пакеты прикладных программ.	Имеет достаточно полное представление о возможностях современных систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры СВЧ-диапазона. Умеет производить с учетом заданных технических требований разработку принципиальных схем и узлов радиоприемных устройств СВЧ-диапазона с использованием средств компьютерного проектирования, производить замену ответственных узлов и элементов радиоэлектронных комплексов, допуская небольшие неточности. Владеет основными навыками схемотехнического и электродинамического моделирования приемных устройств СВЧ-диапазона и протекающих в них процессов с использованием имеющихся средств исследований, включая универсальные и специализированные пакеты прикладных программ, иногда испытывает небольшие затруднения.	Имеет обширное представление о возможностях современных систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры СВЧ-диапазона. Умеет производить с учетом заданных технических требований разработку принципиальных схем и узлов радиоприемных устройств СВЧ-диапазона с использованием средств компьютерного проектирования, производить замену ответственных узлов и элементов радиоэлектронных комплексов. Владеет основными навыками схемотехнического и электродинамического моделирования приемных устройств СВЧ-диапазона и протекающих в них процессов с использованием имеющихся средств исследований, включая универсальные и специализированные пакеты прикладных программ.

Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

- 6.1.1. Неганов, В.А. Устройства СВЧ и антенны: Учебник. Ч1: Проектирование, конструктивная реализация, примеры применения устройств СВЧ / В.А. Неганов, Д.С. Ключев, Д.П. Табаков // Под ред. В.А. Неганова. – М.: Книжный дом «Либроком», 2013. – 602 с.
- 6.1.2. Фомин, Н.Н. Радиоприемные устройства: Учебник для вузов / Н.Н. Фомин, Н.Н. Буга, О.В. Головин и др. // Под ред. Н.Н. Фомина. – М.: Горячая линия - Телеком, 2007. – 456 с.
- 6.1.3. Колосовский, Е.А. Устройства приема и обработки сигналов: Учебное пособие для вузов / Е.А. Колосовский – М.: Горячая линия - Телеком, 2007. – 520 с.
- 6.1.4. Нефедов, Е.И. Устройства СВЧ и антенны: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Е.И. Нефедов – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 384 с.
- 6.1.5. Данилин, А.А. Измерения в технике СВЧ: Учебное для вузов / А.А. Данилин – М.: Радиотехника, 2008. – 184 с.

6.2. Справочно-библиографическая литература

- 6.2.1. Сазонов Д.М. Устройства СВЧ: Учебное пособие для вузов / Д.М. Сазонов, А.Н. Гридин, Б.А. Мишустин. // Под ред. Д.М. Сазонова. – М.: Высшая школа, 1981. – 295с.
- 6.2.2. Шварц Н.З. Линейные транзисторные усилители СВЧ: Монография / Н.З. Шварц. – М.: Советское радио, 1980. – 368с.

- 6.2.3. Руденко В.М. Малошумящие входные цепи СВЧ приемных устройств: Коллективная монография / В.М. Руденко, Д.Б. Халяпин, В.Р. Магнушевский. – М.: Связь, 1971. – 280с.
- 6.2.4. Данилин В.Н. Аналоговые полупроводниковые интегральные схемы СВЧ: Коллективная монография / В.Н. Данилин, А.И. Кушнirenко, Г.В. Петров. – М.: Радио и связь, 1985. – 192с.
- 6.2.5. Букингем М. Шумы в электронных приборах и системах: Перевод с англ. / М. Букингем. – М.: Мир, 1986. – 339с.
- 6.2.6. Гассанов Л.Г. Твердотельные устройства СВЧ в технике связи: Коллективная монография / Л.Г. Гассанов, А.А. Липатов, В.В. Марков, Н.А. Могильченко. – М.: Радио и связь, 1988. – 288с.

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Радиоприемные устройства СВЧ» находятся на кафедре «ФТОС».

- 6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Радиоприемные устройства СВЧ».
- 6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятий по дисциплине «Радиоприемные устройства СВЧ».
- 6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Радиоприемные устройства СВЧ».
- 6.3.4. Бажилов В.А., Когтева Л.В., Козлов В.А. и др. Устройства СВЧ и КВЧ: Учебное пособие: в 3 ч. Ч.2 /под ред. Г.И. Шишкова: НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2013. – 205 с.
- 6.3.5. Бажилов В.А., Бирюков В.В., Когтева Л.В. и др. Устройства СВЧ и КВЧ в радиоизмерительной технике: Учебное пособие /под ред. Г.И. Шишкова: НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2015. – 154 с.
- 6.3.6. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы по дисциплине «Радиоприемные устройства СВЧ».

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.

4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОС-СТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к лицам с ограниченными возможностями их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 1218 – 10 компьютеров)
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера).

Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации программы бакалавриата, включает в себя аудиторию 1218 для проведения лекционных занятий и самостоятельной работы студентов и аудиторию 1219, оснащённую необходимым оборудованием, техническими и электронными средствами для проведения лабораторных занятий.

1. Лекционные занятия, самостоятельная работа студентов (ауд. 1218):

10 рабочих мест для студентов, оборудованных:

- PC Intel Core i3 3 GHz/4 Gb RAM/HDD 250Gb/DVD-ROM;
- ЖК монитор 19”.
- пакеты ПО общего назначения:
- Microsoft Windows XP SP3;
- Microsoft Office 2007 Professional Plus;
- Microwave Office.2002.v5.0.
- 7-zip;
- Adobe Reader 9;
- Dr.web;
- Matlab 2008,

обеспечивающих возможность выхода в сеть интернет и доступ к электронным информационно-образовательным ресурсам организации.

рабочее место преподавателя, оборудованное:

- PC Intel Pentium IV 3 GHz/1 Gb RAM/HDD 250Gb/DVD-ROM;
- ЖК монитор 19”;
- Проектор Benq;
- пакеты ПО общего назначения:
- Microsoft Windows XP SP3;
- Microsoft Office 2007 Professional Plus;
- 7-zip;

- Adobe Reader 9;
- Dr.web;
- Matlab 2008.

2. Лабораторные занятия (ауд.1219):

Специализированная учебная лаборатория (класс), количество посадочных мест – 12.

Основное учебное оборудование:

- макеты лабораторных работ;
- измеритель коэффициента стоячей волны (КСВн) панорамный Р2-59;
- панорамный измеритель КСВН и ослаблений Р2-56;
- измеритель малой мощности СВЧ типа М3-10А;
- частотомер электронно-счетный (ЭСЧ) типа ЧЗ-46;
- панорамный измеритель АЧХ типа Х1-48.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Приемные устройства СВЧ диапазона», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Для студентов создан краткий опорный электронный вариант лекционного материала курса. Электронный конспект находится на кафедре «ФТОС» и может быть получен студентом в случае пропусков занятий по уважительным причинам или вынужденного перевода занятий в дистанционную форму.

На лекциях, практических и лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях, практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom. Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачёта с оценкой и экзамена с учетом текущей успеваемости.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее про-

блемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков решения задач;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

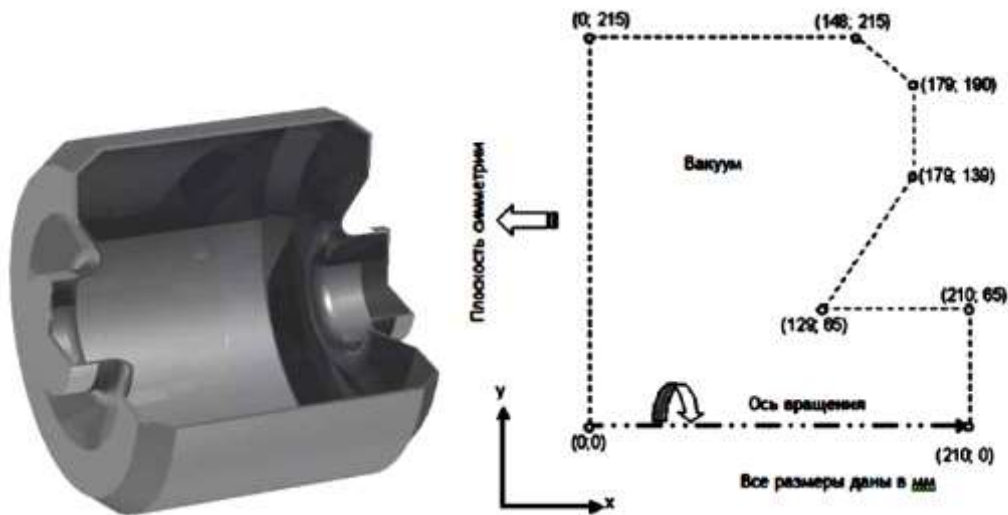
10.6. Методические указания для выполнения курсовой работы

Выполнение курсовой работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине, способствует формированию у обучающихся готовности к самостоятельной профессиональной деятельности, является этапом к выполнению выпускной квалификационной работы.

Примерная тематика курсовых работ

Тема 1. Моделирование объемного СВЧ резонатора сложной формы

1. Исследуемый макет обладает симметрией вращения, поэтому для его построения используется вращение поперечного сечения вокруг собственной оси. Более того, в резонаторе присутствует зеркальная симметрия (в плоскости, перпендикулярной его образующей), поэтому достаточно будет создать только половину профиля вращения, а затем зеркально отобразить её для получения полной модели. Результатом моделирования станет получение собственных мод резонатора, а также вычисление добротности.



2. Материал стенок резонатора – медь с удельной проводимостью $\sigma = 5.8 \cdot 10^8$ См / м. На поверхности $x = \pm 129$ мм необходимо снять фаску с радиусом скругления 15 мм.
3. Тип анализа – **Eigenmode**. Нижняя граница анализируемых частот 200МГц. Число анализируемых мод 15.
4. Вывести на экран таблицу частот и добротности собственных колебаний. Построить картину силовых линий одного из низших колебаний. Определить его тип (Н – симметричное магнитное колебание с отличными от нуля компонентами E_φ , H_r и H_z ; Е – симметричное электрическое колебание с отличными от нуля компонентами H_φ , E_r и E_z ; G – гибридное колебание с вариациями поля по координате φ).

Тема 2. Моделирование волноводного перехода прямоугольного сечения с поворотом плоскости поляризации

1. Создать модель отрезка прямоугольного волновода размерами $a \times b \times l$, где $a = 7.2$ мм, $b = 7.2$ мм – поперечные размеры волновода, а $l = 20$ мм – его продольный размер (длина). Материал стенок волновода – медь с удельной проводимостью $\sigma = 5.8 \cdot 10^8$ См / м.
2. Проанализировать волновод в частотном диапазоне от 20 до 40 ГГц с использованием решателя **Driving modal**. Построить графики зависимости параметров S21, S11 и KСВн от частоты. Определить критическую частоту волновода.
3. Создать модели волноводных переходов с вращением плоскости поляризации на 90° , представленные на рис 1 и 2. Проанализировать их в указанном частотном диапазоне.

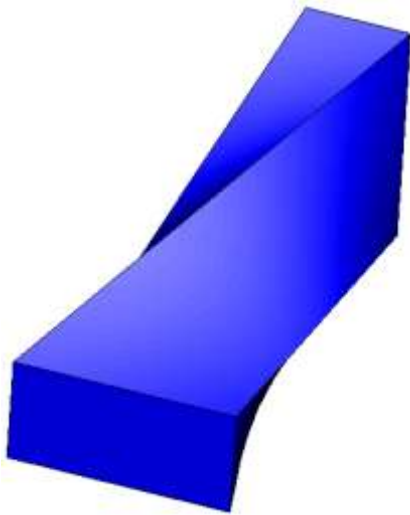


Рисунок 1

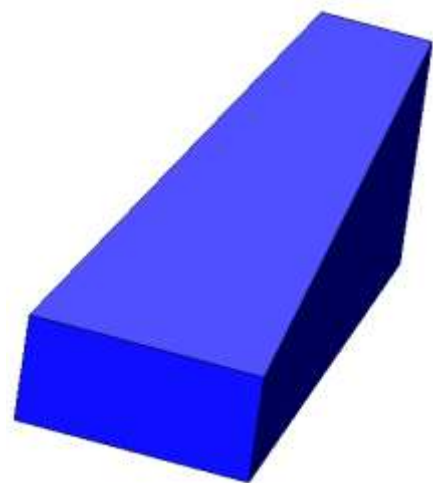
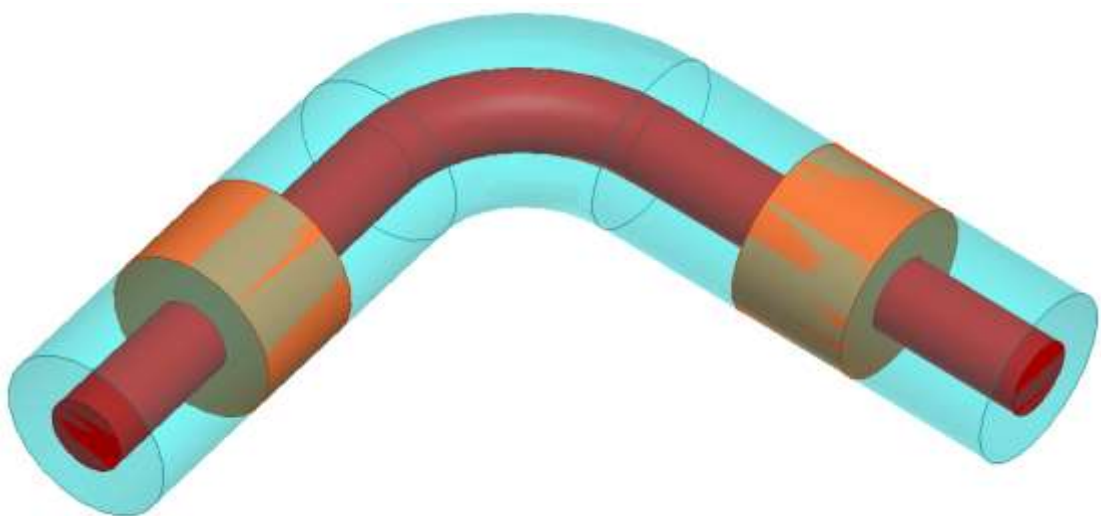


Рисунок 2

4. По графикам зависимостей параметров S_{21} , S_{11} и КСВн от частоты определить, какой из рассмотренных двух переходов лучше. Ответ пояснить.

Тема 3. Моделирование изогнутого коаксиального волновода

1. Создать модель отрезка круглого коаксиального волновода, изогнутого на угол φ , где $0 \leq \varphi \leq 180^\circ$. Внешний и внутренний радиусы коаксиала, соответственно, $r_v = 5$ мм, $r_1 = 2.2$ мм. Внутри диэлектрических вставок внутренний радиус коаксиала уже и равен r_2 , где $1.5 \leq r_2 \leq 1.9$ мм (необходимо провести оптимизацию). Длина прямых частей коаксиального волновода $l = 25$ мм. Длина диэлектрических вставок, расположенных посередине прямых отрезков волновода равна $h = 7$ мм. Радиус изгиба волновода $d = 10$ мм. Материал стенок и внутренней жилы коаксиального волновода – медь с удельной проводимостью $\sigma = 5.8 \cdot 10^8$ См / м, материал диэлектрических вставок – тефлон (**Teflon_based**).



2. С использованием решателя **Driving modal** проанализировать на проход данную СВЧ структуру при значении угла поворота $\varphi = 90^\circ$ при различных значениях $1.5 \leq r_2 \leq 1.9$ мм с шагом 0.1 мм с использованием встроенной функции оптимизации **Optimetric**. Диапазон частот анализа от 0.1 до 10 ГГц. Построить графики частотных зависимостей параметров S_{21} и КСВн. По данным зависимостям определить оптимальное значение r_2 .
3. Исследовать зависимости S_{21} и КСВн, построенные для оптимального значения r_2 при различных значениях угла $\varphi = 0^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi = 180^\circ$.

Тема 4. Моделирование СВЧ фильтра

1. Создать модель СВЧ фильтра (см рис. 1) в микрополосковом исполнении и произвести анализ его характеристик с использованием решателя **Driving Modal**. Фильтр располагается в экранированном корпусе размерами $a \times b \times (d + h)$, где $a = 5$ мм – ширина корпуса фильтра, $b = 9.15$ мм – его длина, $h = 0.5$ мм – толщина подложки из материала с $\varepsilon = 10.73$ ($\text{tg } \delta = 10^{-4}$), $d = 5$ мм – ширина воздушного промежутка над платой фильтра. Расстояние от центра подводящих полосков до края платы $a_1 = 2$ мм. Толщина металлизации проводящего рисунка платы фильтра $t = 0.05$ мм. Материал всех проводящих элементов конструкции фильтра, включая стенки корпуса – медь с удельной проводимостью $\sigma = 5.8 \cdot 10^8$ См / м. Внешний вид топологии фильтра с размерами представлен на рис. 2.

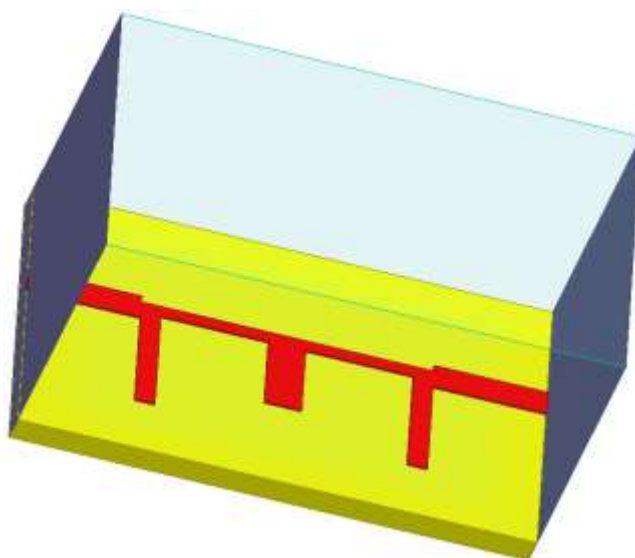


Рисунок 1

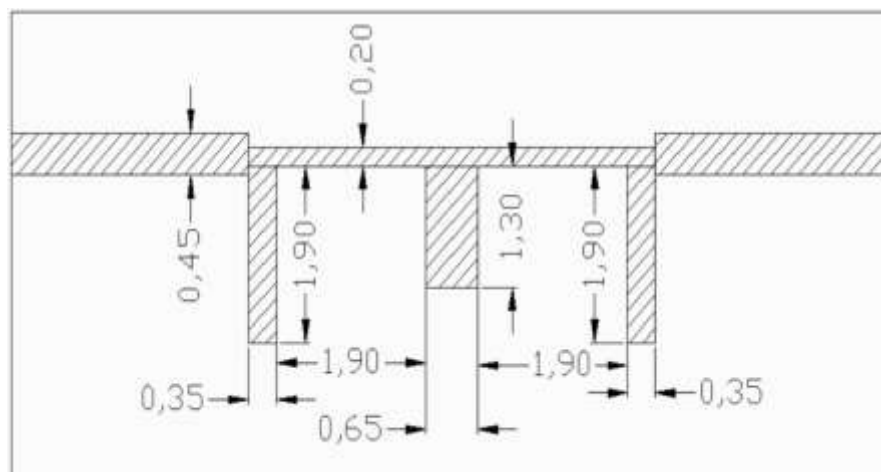


Рисунок 2

Длина подводящих микрополосковых линий толщиной $W_1 = 0.45$ мм $L_1 = 3$ мм.

Для создания модели фильтра рекомендуется использовать список переменных, представленный на рис. 3.

	Name	Value	Unit	Evaluated Value	Type
	d	5	mm	5mm	Design
	h	0.5	mm	0.5mm	Design
	t	0.05	mm	0.05mm	Design
	a	5	mm	5mm	Design
	a1	2	mm	2mm	Design
	b	$2 \cdot (1+2)$		9.15mm	Design
	w1	0.45	mm	0.45mm	Design
	l1	2	mm	2mm	Design
	w2	0.2	mm	0.2mm	Design
	l2	$1.9 + 0.65 / \dots$	mm	2.575mm	Design
	l3	1.9	mm	1.9mm	Design
	w3	0.35	mm	0.35mm	Design
	l4	1.3	mm	1.3mm	Design
	w4	$0.65 / 2$	mm	0.325mm	Design

Рисунок 3

2. Анализ фильтра производить в диапазоне частот от 2 до 20 ГГц. После выполнения анализа построить частотные зависимости параметров S_{21} и КСВн, по которым определить тип фильтра и его основные характеристики (полосу пропускания и непрозрачности). Также определить недостатки данного фильтра и предложить пути их искоренения.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ФТОС».

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- теоретический опрос, контроль выполнения домашних заданий;

- защита отчетов по лабораторным работам.

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен в 3 семестре.

11.1. Типовые вопросы для промежуточной аттестации

1. Понятие приемного устройства и основные методы приема СВЧ сигналов. Краткий исторический обзор развития устройств СВЧ и технологии их изготовления.
2. Назначение, функции и классификация устройств приема СВЧ сигналов, особенности их использования в различных радиотехнических системах.
3. Вклад характеристик СВЧ приемного устройства в энергетический потенциал радиолинии.
4. Общие сведения о моделях сигналов и помех в СВЧ диапазоне, их характеристики. Моделирование электромагнитной обстановки и качества связи в различных режимах приема в дециметровом, сантиметровом и миллиметровом диапазонах длин волн.
5. Структуры и особенности радиоприемных трактов, отличающихся видами частотного преобразования спектра принимаемого сигнала (приемники СВЧ прямого усиления, супергетеродинные, инфрадинные, прямого преобразования).
6. Основные технические характеристики радиоприемного устройства СВЧ (рабочий диапазон частот, чувствительность, избирательность по основному и соседнему каналу, динамический диапазон и показатели искажения принимаемых сигналов).
7. Помехоустойчивость радиоприемных устройств СВЧ диапазона и методы ее количественной оценки.
8. Основные этапы и особенности процесса проектирования приемных устройств СВЧ диапазона.
9. Методика расчета полосы пропускания линейного тракта приемного устройства. Обеспечение чувствительности и избирательности приемного устройства. Расчет коэффициента усиления линейного тракта приемника и определение необходимости введения АРУ.
10. Распределение усиления и избирательности по СВЧ тракту приемного устройства. Особенности построения функциональной схемы приемника СВЧ с двойным преобразованием частоты.
11. Источники внутренних шумов в приемном тракте, их характеристики, подходы к их моделированию.
12. Шумы СВЧ антенно-фидерных устройств, шумы пассивных цепей и активных элементов: биполярных транзисторов, полевых транзисторов, полупроводниковых диодов.
13. Эффективная шумовая полоса приемника и номинальная мощность шума (Формула Найквиста). Эквивалентная шумовая схема приемника.
14. Коэффициент шума и шумовая температура приемника. Методика расчета шумовых характеристик тракта приемного устройства СВЧ по шумовым характеристикам отдельных составляющих функциональных узлов (формула Фрииса).
15. Связь коэффициента шума и шумовой температуры с реальной чувствительностью приемного устройства. Обеспечение чувствительности СВЧ приемника при заданном соотношении сигнал/шум.
16. Источники внешних помех, особенности их проявления в различных частотных диапазонах и методы борьбы с ними.
17. Совместное воздействие на приемное устройство полезного сигнала и импульсной помехи, причины образования “мертвой зоны” (потери чувствительности) и методы борьбы с импульсными помехами.

18. Совместное воздействие на приемное устройство полезного сигнала и сосредоточенной по спектру помехи, методы расширения динамического диапазона приемника и его основных функциональных узлов.
19. Совместное воздействие на приемное устройство полезного сигнала и флуктуационной помехи, методы борьбы с флуктуационными помехами и устройства оптимального приема сигналов.
20. Методы борьбы с мультипликативными помехами в СВЧ диапазоне.
21. Назначение и классификация амплитудных ограничителей, а также предъявляемые к ним технические требования. Принцип работы, схемотехника и конструкции твердотельных амплитудных ограничителей.
22. Методы повышения быстродействия амплитудных ограничителей. Методика расчета диодных ограничителей мощности.
23. Типовые принципиальные электрические схемы входных цепей приемных устройств СВЧ диапазона, особенности их конструктивного исполнения.
24. Методика расчета коэффициента шума входной цепи СВЧ приемника. Снижение потерь во входной цепи. Условие согласования входной цепи по шумам.
25. Основы теории синтеза фильтров. Прототипы фильтров с оптимальными частотными характеристиками. Замена частотной переменной при расчете прототипов фильтров.
26. Переход от последовательных и параллельных эквивалентных колебательных контуров к резонансным шлейфам. Резонаторы на двух разнесенных нерегулярностях в линии передачи.
27. Методика расчета полосно-пропускающих фильтров СВЧ с четвертьволновыми и непосредственными связями соседних резонаторов.
28. Методика расчета встречно-штыревых полосно-пропускающих фильтров СВЧ.
29. Основные методы узкополосного согласования комплексных нагрузок.
30. Методика согласования с помощью четвертьволнового трансформатора, одной или нескольких реактивностей (одношлейфовое и многошлейфовое согласование)
31. Методика широкополосного согласования активных нагрузок с помощью ступенчатых и плавных переходов. Ограничения при широкополосном согласовании комплексных нагрузок.
32. Широкополосное согласование резонансных нагрузок.
33. Устройства управления амплитудой и фазой СВЧ колебаний. Классификация управляющих устройств.
34. Элементная база для конструирования твердотельных управляющих устройств СВЧ.
35. Физические эффекты, используемые в работе твердотельных управляющих устройств СВЧ. Полупроводниковые р-п и р-і-п диоды, как основа построения управляющих устройств СВЧ. Использование полевых транзисторов Шотки в управляющих устройствах СВЧ.
36. Одноэлементное твердотельное устройство управления амплитудой СВЧ сигнала (режим аттенюатора и отключателя). Многосекционные диодные и транзисторные отключатели. Методика расчета отключателей на р-і-п-диодах. Оптимизация параметров диодных отключателей.
37. Многопозиционные СВЧ переключатели. Развязывающие цепи и быстродействие твердотельных отключателей.
38. Типовые принципиальные электрические схемы и конструктивные особенности полосовых транзисторных усилителей диапазона СВЧ. Назначение мал шумящих СВЧ усилителей и общие предъявляемые к ним требования.
39. Узкополосные СВЧ усилители на биполярных и полевых транзисторах.
40. Широкополосные транзисторные СВЧ усилители с разделенными и объединенными согласующими и выравнивающими цепями.

41. Использование для анализа транзисторных усилителей СВЧ системы волновых параметров. Транзистор как четырехполюсник в системе S-параметров.
42. Расчет входного и выходного импедансов транзистора в режиме малого сигнала.
43. Область абсолютной устойчивости усилителя. Потенциально устойчивый усилитель. Методы обеспечения режима устойчивой работы усилителя.
44. Неустойчивый режим работы усилителя (режим самовозбуждения).
45. Расчет согласующих цепей для работы усилительного каскада в режиме минимального шума и максимального усиления.
46. Расчет режима работы усилителя по постоянному току (цепи подачи питания и смещения на транзистор).
47. Оптимизационный подход к задаче расчета широкополосных усилительных каскадов.
48. Создание бесструктурной модели конкретных транзисторов на основании данных, представленных в технической документации на них.
49. Суть оптимизационного подхода к расчету широкополосных согласующих цепей. Задание границ изменения параметров оптимизации с учетом условий их физической реализуемости.
50. Типовая зависимость коэффициента усиления усилителя от величины входной мощности. Мощность насыщения и точка децибельной компрессии усилителя.
51. Методы расширения динамического диапазона усилителей.
52. Необходимость преобразования частоты в приемных устройствах СВЧ диапазона. Однократное и многократное преобразование частоты. Классификация преобразователей частоты СВЧ диапазона.
53. Обобщенная эквивалентная схема преобразователя частоты, общая теория преобразования частоты.
54. Характеристики преобразования и побочные каналы приема, методы подавления нежелательных продуктов преобразования.
55. Коэффициент преобразования и его частотная зависимость. Входной / выходной импедансы и коэффициент шума преобразователя.
56. Причины возникновения побочных каналов приема. Многократное взаимодействие колебаний комбинационных частот. Методы подавления помех на частотах зеркального и полужеркального каналов, а также интермодуляционных помех.
57. Элементная база для конструирования смесителей дециметрового, сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн.
58. Схемотехника, особенности конструктивного исполнения и основные технические характеристики, преимущества и недостатки небалансных, балансных, двойных балансных и кольцевых транзисторных и диодных смесителей СВЧ диапазона.
59. Влияние разброса параметров плеч балансных смесителей на уровень подавления нежелательных продуктов преобразования.
60. Методика расчета небалансных и балансных диодных смесителей в микрополосковом исполнении. Расчет смесителей на биполярных транзисторах и полевых транзисторах с затвором Шотки.
61. Назначение и основные технические характеристики амплитудных детекторов СВЧ диапазона. Схемотехника и конструкции СВЧ твердотельных амплитудных детекторов.
62. Области применения, схемотехника и основные технические характеристики фазовых и частотных детекторов СВЧ диапазона. Конструктивная реализация фазовых и частотных СВЧ детекторов в микрополосковом исполнении.
63. Назначение, классификация видов управления и регулировок в СВЧ приемных устройствах, требования предъявляемые к ним.
64. Методы автоматизации управления характеристиками приемных устройств СВЧ.

65. Методы электронной перестройки резонансных элементов и частотно-избирательных цепей. Системы автоматической настройки приемника СВЧ на заданную частоту и автопоиск сигнала.

66. Сопряжение настроек частотоподающих цепей в супергетеродинных приемниках СВЧ.

67. Классификация и основные характеристики систем автоматической регулировки усиления. Принцип работы и схемы АРУ в приемных устройствах СВЧ диапазона.

68. Классификация и основные характеристики систем автоподстройки частоты. Принцип работы и схемы АПЧ в приемных устройствах СВЧ диапазона.

69. Полоса захвата и полоса удержания системы частотной автоподстройки. Выбор полосы пропускания частотного дискриминатора. Особенности фазовой автоподстройки частоты. Быстродействие систем АПЧ.

70. Развитие теории оптимального приема и обработки сигналов в СВЧ диапазоне. Использование сигналов с цифровой модуляцией, их когерентное и некогерентное обнаружение и демодуляция. Использование шумоподобных сигналов в защищенных от помех каналах связи.

71. Возможности современных систем автоматизированного проектирования при разработке приемных СВЧ устройств нового поколения.

72. Методы сквозного компьютерного проектирования приемных устройств СВЧ диапазона.

11.2. Типовые домашние задания для текущего контроля

1. С использованием САПР Microwave Office произвести моделирование микрополоскового ППФ на шлейфах в диапазоне частот от 4 до 16 ГГц. Построить на одном графике частотные зависимости S_{21} и КСВн. Определить полосу пропускания фильтра. Внешний вид топологии фильтра приведен на рис. 1.

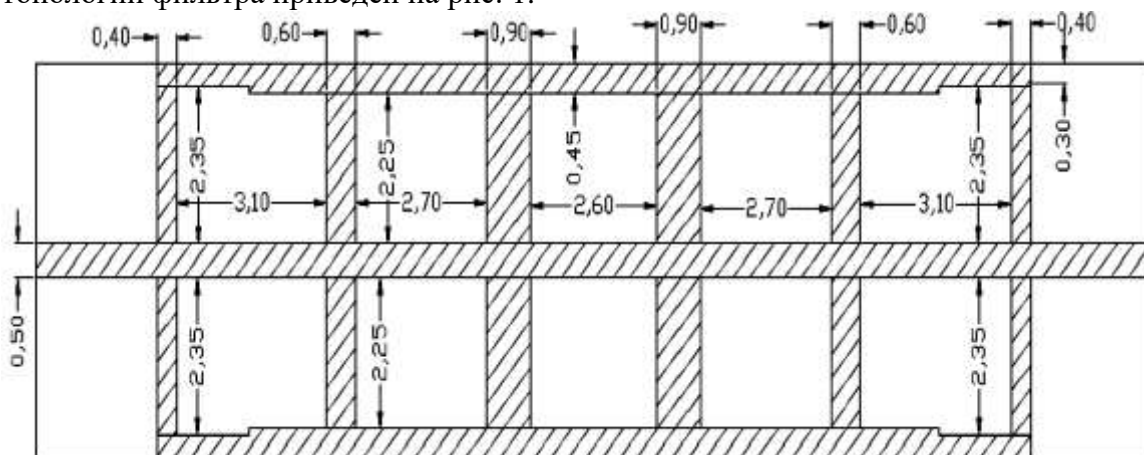


Рис. 1

Размер корпуса фильтра по оси X 20 мм (200 элементов сетки), по оси Y 5.9 мм (118 элементов сетки). Толщина подложки 0.5 мм, материал подложки: $\epsilon = 10.54$, $\text{tg } \delta = 10^{-4}$. Ширина воздушного промежутка над платой 6 мм.

2. С использованием САПР Microwave Office произвести моделирование микрополоскового ППФ с полуволновыми электромагнитными связями в диапазоне частот от 8 до 12 ГГц. Построить на одном графике частотные зависимости S_{21} и КСВн. Определить полосу пропускания фильтра. Внешний вид топологии фильтра приведен на рис. 2.

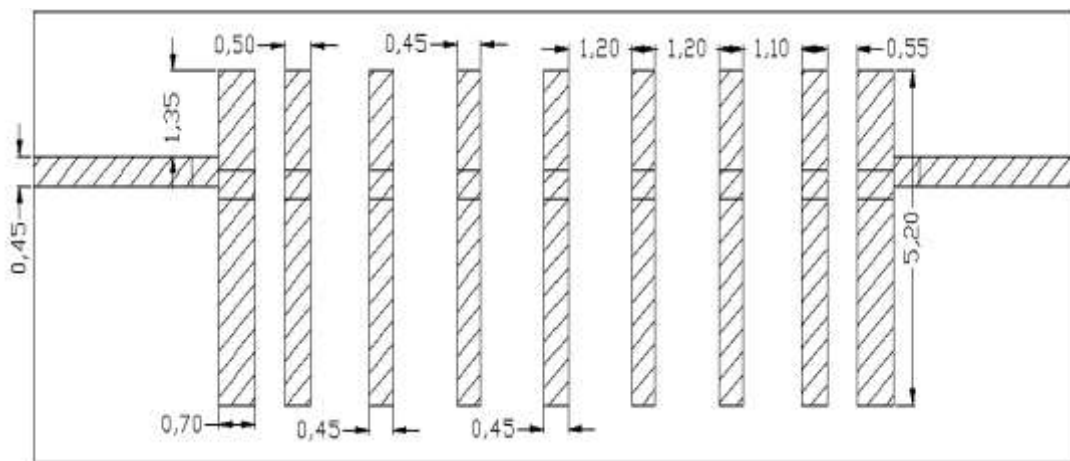


Рис. 2

Размер корпуса фильтра по оси X 19.75 мм (395 элементов сетки), по оси Y 7.0 мм (140 элементов сетки). Толщина подложки 0.5 мм, материал подложки: $\varepsilon = 10.54$, $\tan \delta = 10^{-4}$. Ширина воздушного промежутка над платой 6 мм.

3. Рассчитать параметры микроплаты полосового фильтра с микрополосковыми связанными резонаторами для приемника спутникового телевидения, принимающего сигналы в диапазоне частот $f = 10.7 \dots 12.75$ ГГц со следующими характеристиками: полоса пропускания фильтра $\Pi_{\Pi} = 12.75 - 10.7 = 2.05$ ГГц, полоса заграждения (для зеркального канала) $\Pi_3 = 4.4$ ГГц, затухание (подавление зеркального канала) в полосе заграждения $L \geq 30$ дБ; волновое сопротивление входной / выходной микрополосковой линий – $Z = 50$ Ом. Фильтр должен быть выполнен на подложке из поликора ($\varepsilon = 9.6$) толщиной $h = 1.0$ мм.

4. Рассчитать вспомогательную цепь для широкополосного согласования выхода полосового фильтра ($R_{\text{ВЫХ}} = 5500$ Ом, $C_{\text{ВЫХ}} = 0.05$ пФ, $Y_{\text{ВЫХ}} = 1/R_{\text{ВЫХ}} + j\omega C_{\text{ВЫХ}}$) со входом УВЧ ($R_{\text{ВХ}} = 100$ Ом, $C_{\text{ВХ}} = 1.5$ пФ, $Z_{\text{ВХ}} = R_{\text{ВХ}} - j/(\omega C_{\text{ВХ}})$) в диапазоне частот от 1.0 до 1.3 ГГц при КСВн не более 1.22.

5. Рассчитать вспомогательную цепь для широкополосного согласования пятидесятиомной микрополосковой линии со входом УВЧ ($Z_{\text{ВХ}} = 4.0 + j \cdot 5.0$ Ом) в диапазоне частот от 10 до 12 ГГц. Модуль коэффициента отражения не более 0.1.

6. Рассчитать вспомогательную цепь для широкополосного согласования пятидесятиомной микрополосковой линии со входом полосового фильтра ($R_{\text{ВХ}} = 500$ Ом, $C_{\text{ВХ}} = 0.075$ пФ) в диапазоне частот от 3 до 3.5 ГГц при КСВн не более 2.

7. Рассчитать параметры и характеристики в закрытом и открытом состояниях однодиодного СВЧ отключателя, предназначенного для работы в диапазоне от 9 до 10 ГГц. Параметры эквивалентной схемы диода ($Y_{\Pi}^* = 0.04 + j \cdot 0.25$; $Y_3^* = 15 + j \cdot 3.2$). Для компенсации реактивной составляющей диода использовать параллельный шлейф. Нарисовать электрическую принципиальную схему отключателя и примерный вид топологии микроплаты. Отключатель должен быть выполнен на подложке из поликора ($\varepsilon = 9.6$) толщиной $h = 1.0$ мм. Все микрополосковые линии должны иметь $Z_0 = 50$ Ом.

8. Рассчитать параметры и характеристики в закрытом и открытом состояниях двухдиодного СВЧ отключателя, предназначенного для работы в диапазоне от 1.5 до 2.0 ГГц. Параметры эквивалентной схемы диода ($Y_{\Pi}^* = 0.02 + j \cdot 0.3$; $Y_3^* = 10 + j \cdot 2.6$). Для компенсации реактивной составляющей диода использовать параллельный шлейф. Нарисовать электрическую принципиальную схему отключателя и примерный вид топологии микроплаты.

Отключатель должен быть выполнен на подложке из поликора ($\varepsilon = 9.6$) толщиной $h = 1.0$ мм. Все микрополосковые линии должны иметь $Z_0 = 50$ Ом.

9. В качестве усилительного элемента в усилителе дециметрового диапазона длин волн планируется использовать биполярный транзистор АТ-41532 (ф. Avago), включенный по схеме с общим эмиттером в режиме $U_{КЭ} = 2.7$ В, $I_K = 10$ мА. Определить коэффициент устойчивости транзистора в диапазоне частот от 2.0 до 5.0 ГГц. В случае если характеристики транзистора не удовлетворяют условиям “безусловной устойчивости” введением параллельного стабилизирующего резистора добиться значения коэффициента устойчивости в данной частотном диапазоне не менее 1.1. Нарисовать схему включения транзистора со стабилизирующим резистором и указать номинал последнего.

10. Определить максимальный коэффициент усиления СВЧ усилителя, в котором в качестве активного элемента использован полевой транзистор АТF-331M4 (ф. Avago) в режиме $U_{СИ} = 4$ В, $I_C = 40$ мА. Центральная частота и ширина полосы пропускания $f = 3.0$ ГГц, $\Delta f = 300$ МГц. Схема включения транзистора с общим истоком. Неравномерность коэффициента усиления в рабочей полосе частот задать не более 1.0 дБ. КСВн входа усилителя в рабочей полосе частот не более 2. Коэффициент устойчивости усилителя должен иметь значение не менее 1.1.

11. В качестве активного элемента в проектируемом усилителе дециметрового диапазона ($f = 3.0$ ГГц, $\Delta f = 100$ МГц) планируется использовать транзистор BFR92 (ф. Vishay) $U_{КЭ} = 5$ В, $I_K = 10$ мА. Рассчитать согласующие цепи усилителя. Нарисовать его электрическую принципиальную схему. Неравномерность коэффициента усиления в рабочей полосе частот задать не более 1.0 дБ. КСВн усилителя в рабочей полосе частот не более 2. Коэффициент устойчивости усилителя должен иметь значение не менее 1.1. Усилитель должен быть выполнен на подложке из поликора ($\varepsilon = 9.6$) толщиной $h = 1.0$ мм. Входная и выходная микрополосковые линии должны иметь $Z_0 = 50$ Ом.

12. В усилителе микрополоскового исполнения в качестве активного элемента применен транзистор АТ-32032 (ф. Avago), включенный по схеме с общим эмиттером ($U_{КЭ} = 1$ В, $I_K = 1$ мА). Центральная частота полосы пропускания $f = 1.5$ ГГц, полоса пропускания $\Delta f = 400$ МГц. Определить входной и выходной импедансы транзистора на центральной частоте. Рассчитать согласующие цепи усилителя в режиме максимального усиления. Неравномерность коэффициента усиления в рабочей полосе частот задать не более 1.5 дБ. КСВн входа усилителя в рабочей полосе частот не более 2. Коэффициент устойчивости усилителя должен иметь значение не менее 1.1. Усилитель должен быть выполнен на подложке из поликора ($\varepsilon = 9.6$) толщиной $h = 1.0$ мм. Входная и выходная микрополосковые линии должны иметь $Z_0 = 50$ Ом.

13. В усилителе микрополоскового исполнения в качестве активного элемента применен транзистор АТ-32063 (ф. Avago), включенный по схеме с общим эмиттером ($U_{КЭ} = 1$ В, $I_K = 1$ мА). Центральная частота и ширина полосы пропускания $f = 1.0$ ГГц, $\Delta f = 200$ МГц. Определить входной и выходной импедансы транзистора на центральной частоте. Рассчитать согласующие цепи усилителя в режиме максимального усиления. Неравномерность коэффициента усиления в рабочей полосе частот задать не более 2.0 дБ. КСВн усилителя в рабочей полосе частот не более 2. Коэффициент устойчивости усилителя должен иметь значение не менее 1.1. Материал подложки – RO4350B (“Роджерс”) ($\varepsilon = 3.4$, $\text{tg } \delta = 27 \cdot 10^{-4}$) толщиной $h = 0.508$ мм.

14. В усилителе микрополоскового исполнения в качестве активного элемента применен транзистор АТ-41511 (ф. Avago), включенный по схеме с общим эмиттером ($U_{кэ} = 2.7$ В, $I_k = 5$ мА). Центральная частота и ширина полосы пропускания $f = 2.0$ ГГц, $\Delta f = 70$ МГц. Определить входной и выходной импедансы транзистора на центральной частоте. Рассчитать согласующие цепи усилителя в режиме минимального шума. Материал подложки – поликор ($\varepsilon = 9.6$, $\text{tg } \delta = 10^{-4}$) толщиной $h = 1.0$ мм.

15. В усилителе микрополоскового исполнения в качестве активного элемента применен транзистор АТ-41511 (ф. Avago), включенный по схеме с общим эмиттером ($U_{кэ} = 2.7$ В, $I_k = 5$ мА). Центральная частота и ширина полосы пропускания $f = 2.0$ ГГц, $\Delta f = 70$ МГц. Определить входной и выходной импедансы транзистора на центральной частоте. Рассчитать согласующие цепи усилителя в режиме максимального усиления. Неравномерность коэффициента усиления в рабочей полосе частот задать не более 2.0 дБ. КСВн усилителя в рабочей полосе частот не более 2. Коэффициент устойчивости усилителя должен иметь значение не менее 1.1. Материал подложки – RO4350B (“Роджерс”) ($\varepsilon = 3.4$, $\text{tg } \delta = 27 \cdot 10^{-4}$) толщиной $h = 0.508$ мм.

16. В усилителе микрополоскового исполнения в качестве активного элемента применен полевой транзистор VMMK-1218 (ф. Avago), включенный по схеме с общим истоком ($U_{си} = 2.0$ В, $I_c = 20$ мА). Центральная частота и ширина полосы пропускания $f = 10$ ГГц, $\Delta f = 200$ МГц. Определить входной и выходной импедансы транзистора на центральной частоте. Рассчитать согласующие цепи усилителя в режиме максимального усиления. Неравномерность коэффициента усиления в рабочей полосе частот задать не более 2.0 дБ. КСВн усилителя в рабочей полосе частот не более 2. Коэффициент устойчивости усилителя должен иметь значение не менее 1.1. Материал подложки – поликор ($\varepsilon = 9.6$, $\text{tg } \delta = 10^{-4}$) толщиной $h = 0.5$ мм.

17. В усилителе микрополоскового исполнения в качестве активного элемента применен биполярный транзистор BFP-420 (ф. Infineon), включенный по схеме с общим эмиттером ($U_{кэ} = 4.0$ В, $I_c = 30$ мА). Центральная частота полосы пропускания $f = 1.2$ ГГц. Определить входной и выходной импедансы транзистора на центральной частоте. Рассчитать согласующие цепи усилителя в режиме максимального усиления. Неравномерность коэффициента усиления в рабочей полосе частот задать не более 2.0 дБ. КСВн усилителя в рабочей полосе частот не более 2. Коэффициент устойчивости усилителя должен иметь значение не менее 1.1. Материал подложки – RO4350B (“Роджерс”) ($\varepsilon = 3.4$, $\text{tg } \delta = 27 \cdot 10^{-4}$) толщиной $h = 0.508$ мм.

18. В усилителе микрополоскового исполнения в качестве активного элемента применен биполярный транзистор BFP-520 (ф. Infineon), включенный по схеме с общим эмиттером ($U_{кэ} = 2.0$ В, $I_c = 20$ мА). Центральная частота полосы пропускания $f = 2.0$ ГГц. Определить входной и выходной импедансы транзистора на центральной частоте. Рассчитать узкополосные согласующие цепи усилителя в режиме максимального усиления. Материал подложки – поликор ($\varepsilon = 9.6$, $\text{tg } \delta = 10^{-4}$) толщиной $h = 1.0$ мм.

19. Рассчитать параметры балансного смесителя к квадратным мостом на частоту $f = 8.0$ ГГц с полосой $\Delta f = 100$ МГц и коэффициентом шума $F < 7$ дБ. В качестве активных элементов использовать смесительные диоды AA123A. Смеситель должен быть выполнен на подложке из поликора ($\varepsilon = 9.6$, $\text{tg } \delta = 10^{-4}$) толщиной $h = 0.5$ мм. Толщиной металлизации микрополосковых линий пренебречь, материал металлизации – золото ($\sigma = 4.1 \cdot 10^7$ См/м). Подводящие линии должны иметь $Z_0 = 50$ Ом.

20. Рассчитать параметры балансного смесителя к круглым мостом на частоту $f = 12$ ГГц с полосой $\Delta f = 200$ МГц и коэффициентом шума $F < 7.5$ дБ. Смеситель должен быть выполнен на подложке из поликора ($\varepsilon = 9.6$, $\text{tg } \delta = 10^{-4}$) толщиной $h = 1.0$ мм. Толщиной металлизации микрополосковых линий пренебречь, материал металлизации – золото ($\sigma = 4.1 \cdot 10^7$ См/м). Подводящие линии должны иметь $Z_0 = 50$ Ом.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ИРИТ

_____ Мякинников А.В.

“__” _____ 20__ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины
Б1.В.ОД.4 Радиоприемные устройства СВЧ**

для подготовки магистров

Направление подготовки: 11.04.01 Радиотехника

Направленность: Техника СВЧ и антенны

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 20__

Курс 2

Семестр 3__

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20__ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

- 1)
- 2)
- 3)

Разработчик (и): Данилов И.Н., к.т.н.

«__» _____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС

_____ протокол № _____ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС _____ «__» _____ 20__ г.

Методический отдел УМУ: _____ «__» _____ 20__ г.