

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:

Мякиньков А.В.

“20” июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.9 Устройства СВЧ и антенны

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.01 «Радиотехника»

Направленность: «Радиоэлектронные системы»

Форма обучения: очная, заочная

Год начала подготовки: 2022 г.

Выпускающая кафедра: ФТОС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины: 144/7
часов/з.е

Промежуточная аттестация: экзамен

Разработчик: Тимофеев Е.П., к.т.н., профессор

Нижний Новгород

2023

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19.09.2017 г. № 931 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 13.04.2023 г. № 17.

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

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

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИРИТ, протокол от 20.06.2023 г. № 6.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.03.01-Р-40.
Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Н.И. Кабанина
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ	
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.....	8
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ.....	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ....	10
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	27
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	29
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА.....	29
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	30
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ.....	30
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	31
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	31
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....	31
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ.....	31
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	32
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	32
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	32
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА...	33
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ.....	34
10.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	34
10.6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	34
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	37
11.1. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	37
11.2. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	37
11.2. ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕКЩЕГО КОНТРОЛЯ.....	38
12. ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ.....	40

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины «Устройства СВЧ и антенны» является формирование у студентов компетенций в области техники СВЧ и антенн. Дать представление о теоретических понятиях, расчетных методах и принципах конструирования современных устройств техники СВЧ, антенных систем и трактов их питания во всех радиотехнических диапазонах – от длинноволнового до субмиллиметрового.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- Ознакомление студентов с основными параметрами и характеристиками устройств техники СВЧ и антенн, изучение методов их расчета.
- Ознакомление с теоретическими и экспериментальными основами работы функциональных схем и устройств техники СВЧ и антенн.
- Формирование у студентов навыков системного подхода к проектированию на основе САПР современных устройств техники СВЧ, антенн и трактов их питания.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Устройства СВЧ и антенны» 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: «Физика», «Основы теории цепей», «Основы компьютерного проектирования РЭС», «Электродинамика и распространение радиоволн», «Электродинамика и распространение радиоволн. Дополнительные главы», «Направляющие и колебательные системы СВЧ».

Дисциплина «Устройства СВЧ и антенны» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Микроэлектронные устройства СВЧ», «Интегральная СВЧ-схемотехника», «Основы техники радиоприема», «Радиопередающие устройства».

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 следующей профессиональной компетенции в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.03.01 "Радиотехника":

ПКС-1: Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ, осуществлять тестирование работы радиоэлектронной аппаратуры с использованием современной измерительной техники.

Формирование указанной компетенции размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ПКС-1								
Электродинамика и распространение радиоволн. Дополнительные главы								
Направляющие и колебательные системы СВЧ								
Основы компьютерного проектирования РЭС								
Статистическая теория радиотехнических систем								
Радиоавтоматика								
Функциональное моделирование								
Оптические устройства в радиотехнике								
Радиотехнические системы								
Лабораторный практикум по проектированию интегрированных модулей цифровой обработки сигналов								
Устройства СВЧ и антенны								
Основы техники радиоприема								
Радиопередающие устройства								
Цифровая обработка сигналов								
Микроэлектронные устройства СВЧ								
Интегральная СВЧ схемотехника								
Телевидение и видеотехника								
Цифровая аудио- и видеотехника								

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 выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ, осуществлять тестирование работы радиоэлектронной аппаратуры с использованием современной измерительной техники	ИПКС-1.1. Строит физические и математические модели узлов и блоков радиотехнических устройств и систем.	Знать: электродинамические методы и алгоритмы расчёта устройств техники СВЧ и антенн; о принципах функционирования и особенностях эксплуатации устройств техники СВЧ и антенн; параметры, характеристики и конструкции устройств СВЧ и антенн; современные САПР и пакеты прикладных программ для математического моделирования устройств техники СВЧ и антенн.	Уметь: строить математические и физические модели устройств техники СВЧ и антенн; применять математические модели базовых элементов при проектировании устройств техники СВЧ и антенн.	Владеть: методами расчёта и анализа характеристик устройств техники СВЧ и антенн; навыками оценивания параметров и характеристик спроектированных устройств техники СВЧ и антенн.	Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-1.2. Выполняет математическое моделирование объектов и процессов, осуществляет тестирование аппаратурного и программного обеспечения радиоэлектронной аппаратуры.	Знать: основные принципы проектирования устройств техники СВЧ и антенн с применением САПР; основные критерии оценки достоверности и точности разрабатываемых и применяемых ма-	Уметь: осуществлять моделирование устройств техники СВЧ и антенн, расчёт их характеристик с применением САПР; применять математические модели устройств техники СВЧ и антенн к анализу	Владеть: навыками применения современных САПР при расчёте параметров, характеристик и конструкций устройств техники СВЧ и антенн; навыками экспериментального иссле-	Отчеты по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты

		тематических и физических моделей устройств техники СВЧ и антенн.	зу и оптимизации их параметров.	дования параметров и характеристик устройств техники СВЧ и антенн		
--	--	---	---------------------------------	---	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

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

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. в семестре
		7 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)	34	34
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	-	-
лабораторные работы (ЛР)	17	17
1.2.Внеаудиторная, в том числе	8	8
курсовая работа (КР) (консультация, защита)	4	4
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
2. Самостоятельная работа (СРС)	40	40
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
Курсовая работа (КР) (подготовка)	15	15
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	25	25
Подготовка к экзамену (контроль)	45	45

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. в семестре
		10 сем
Формат изучения дисциплины	очная	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144	144
1. Контактная работа:	26	26
1.3.Аудиторная работа, в том числе:	18	18
занятия лекционного типа (Л)	8	8
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	-	-
лабораторные работы (ЛР)	10	10
1.4.Внеаудиторная, в том числе	8	8
курсовая работа (КР) (консультация, защита)	4	4
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4

контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
2. Самостоятельная работа (СРС)	109	109
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
Курсовая работа (КР) (подготовка)	20	20
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	89	89
Подготовка к экзамену (контроль)	9	9

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4.1 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)						
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)									
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия										
7 семестр														
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	Раздел 1. Линии передачи СВЧ.								Конспект лекций					
	Тема 1.1. Основные типы линий передачи и их параметры.	2,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]				Конспект лекций				
	Тема 1.2 Расчет передаваемой мощности в линиях передачи. Пропускная способность.	2,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]								
	Тема 1.3. Потери в волноводах. Расчет коэффициента затухания линий передач.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]								
	Тема 1.4. Режимы работы линий передачи и трансформация сопротивления в них.	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.2]								
	Лабораторная работа 1. Элементы волноводного тракта		4,0		3,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.2], [6.2.3]								
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:													

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия							
	реферат, эссе (тема)						дам. Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения. В ходе объяснения и закрепления нового материала кадры должны быть разнообразными, чтобы охватить все моменты познания: алгоритм поиска решения поставленной проблемы, оценивание альтернатив, обнаружение следствий и их значимости в теории и т.д.				
	расчётно-графическая работа (РГР)										
	контрольная работа										
	Итого по 1 разделу	7.0	4,0	-	6,0						
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	Раздел 2. Основные элементы и устройства трактов СВЧ										
	Тема 2.1. Расчет элементов и устройств СВЧ на полосковых линиях. Современные методы инженерного расчета.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]					
	Тема 2.2. Ступенчатые и плавные переходы для широкополосного согласования активных нагрузок (переходы Чебышева и Баттервортса).	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Тема 2.3 Направленные ответвители, мосты СВЧ, аттенюаторы, фазовращатели.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)		
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)					
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия						
	Тема 2.4. Расчет добротности объемных резонаторов СВЧ и открытых полосковых резонаторов.	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2]				
	Лабораторная работа 2. Согласование нагрузки в диапазоне СВЧ.		4,0		3,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.2], [6.2.3]				
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела: реферат, эссе (тема)									
	расчёто-графическая работа (РГР)									
	контрольная работа									
	Итого по 2 разделу	7,0	4,0		7,0					
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	Раздел 3. Матричное описание многополюсников СВЧ.						1. Диагностический безценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	Конспект лекций		
	Тема 3.1 Матрицы многополюсников СВЧ. Основные определения и виды матриц.	1,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Тема 3.2. Матричное описание декомпозиционных элементов устройств СВЧ. Принцип декомпозиции.	1,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]				
	Тема 3.3. Моделирование и расчет базовых элементов устройств СВЧ.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]				
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:									

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия							
	реферат, эссе (тема)										
	расчёто-графическая работа (РГР)										
	контрольная работа										
	Итого по 3 разделу	5,00	-	-	3,00						
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	Раздел 4. Частотные фильтры СВЧ и ферриты в устройствах СВЧ.										
	Тема 4.1. Классификация и основные типы частотных фильтров СВЧ. Общая методика расчета.	1,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Тема 4.2. Расчет фильтров СВЧ с частотными характеристиками Чебышева и Баттервортса.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.1.4]					
	Тема 4.3. Свойства ферритов. Применение ферритов в волноводных и передающих трактах, антенных системах. Эффект Фарадея	1,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4] [6.2.2],					
	Тема 4.4. Устройства СВЧ с продольно- и поперечно намагниченными ферритами.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.2], [6.2.3]					
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:										
	реферат, эссе (тема)										
	расчёто-графическая работа (РГР)										
	контрольная работа										
	Итого по 4 разделу	7,00	-	-	4,00						
ПКС-1	Раздел 5. Основы теории антенн.						1. Диагностический безоценночный контроль, лучше взаимоконтроль;	Конспект лекций			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия							
ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	Тема 5.1. Основная задача теории антенн и методы её решения. Математический аппарат, используемый для решения основной задачи теории антенн.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]	ценочный контроль, лучше взаимоконтроль;				
	Тема 5.2. Основные параметры передающих антенн. Амплитудные и фазовые характеристики направленности антенн. Диаграмма направленности, коэффициент направленного действия, коэффициент усиления антенн. Действующая длина, эффективная поверхность антенны.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]	2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания;				
	Тема 5.3. Линейные антенны. Симметричный электрический вибратор в свободном пространстве. Антенны поперечного и осевого излучения. Директорная антенна.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]	3. физический диктант, блиц-опрос;				
	Тема 5.4. Апертурные антенны. Общая теория апертурных антенн. Излучение возбужденных поверхностей. Рупорные, линзовье и зеркальные антенны.	2,0			1,0	Подготовка к практическим занятиям [6.1.2], [6.1.3], [6.1.1] [6.2.2],	4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.				
	Лабораторная работа 3. Директорная антенна.		4,0		3,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.2], [6.2.3]					
	Лабораторная работа 4. Рупорная и линзовая антенны.		5,0		3,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.3], [6.2.2], [6.2.4]					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия							
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела: реферат, эссе (тема)										
	расчёто-графическая работа (РГР)										
	контрольная работа										
	Итого по 5 разделу	8,00	9,00	-	10,00						
	Курсовой проект (КП)				15,00						
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34,00	17,00		45,00						

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для заочной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия							
10 семестр											
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	Раздел 1. Линии передачи СВЧ.										
	Тема 1.1. Основные типы линий передачи и их параметры.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]	1. Диагностический безценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, гра-	Конспект лекций			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)		
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)					
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия						
	Тема 1.2. Расчет передаваемой мощности в линиях передачи. Пропускная способность.				4,0	Самостоятельное изучение темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]	<p>физические задания;</p> <p>3. физический диктант, блиц-опрос;</p> <p>4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.</p> <p>При изучении нового материала-слайд показ. Совместно с натурным экспериментом создают единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения.</p> <p>В ходе объяснения и закрепления нового материала кадры должны быть разнообразными, чтобы охватить все моменты познания: алгоритм поиска решения поставленной</p>			
	Тема 1.3. Потери в волноводах. Расчет коэффициента затухания линий передач.				4,0	Самостоятельное изучение темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Тема 1.4. Режимы работы линий передачи и трансформация сопротивления в них.	1,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.2]				
	Лабораторная работа 1. Элементы волноводного тракта		4,0		6,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.2], [6.2.3]				
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:									
	реферат, эссе (тема)									
	расчетно-графическая работа (РГР)									
	контрольная работа									
	Итого по 1 разделу	2,0	4,0	-	20,0					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия							
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	Раздел 2. Основные элементы и устройства трактов СВЧ				4,0	Самостоятельное изучение темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]	1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	Конспект лекций			
	Тема 2.1. Расчет элементов и устройств СВЧ на полосковых линиях. Современные методы инженерного расчета.				4,0	Самостоятельное изучение темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]					
	Тема 2.2. Ступенчатые и плавные переходы для широкополосного согласования активных нагрузок (переходы Чебышева и Баттервортса).	1,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Тема 2.3 Направленные ответвители, мосты СВЧ, аттенюаторы, фазовращатели.	1,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Тема 2.4. Расчет добротности объёмных резонаторов СВЧ и открытых полосковых резонаторов.				4,0	Самостоятельное изучение темы [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2]					
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:										
	реферат, эссе (тема)										
	расчёто-графическая работа (РГР)										
	контрольная работа										

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия							
	Итого по 2 разделу	2,0			16,0						
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	Раздел 3. Матричное описание многополюсников СВЧ.							1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	Конспект лекций		
	Тема 3.1 Матрицы многополюсников СВЧ. Основные определения и виды матриц.				4,0	Самостоятельное изучение темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]					
	Тема 3.2. Матричное описание декомпозиционных элементов устройств СВЧ. Принцип декомпозиции.				4,0	Самостоятельное изучение темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Тема 3.3. Моделирование и расчет базовых элементов устройств СВЧ.				4,0	Самостоятельное изучение темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:										
	реферат, эссе (тема)										
	расчёто-графическая работа (РГР)										
	контрольная работа										
	Итого по 3 разделу		-	-	12,00						
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	Раздел 4. Частотные фильтры СВЧ и ферриты в устройствах СВЧ.							1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	Конспект лекций		
	Тема 4.1. Классификация и основные типы частотных фильтров СВЧ. Общая методика расчета.				4,0	Самостоятельное изучение темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Тема 4.2. Расчет фильтров СВЧ с частотными характеристиками Чебышева и Баттервортса.				4,0	Самостоятельное изучение темы [6.1.1], [6.2.1], [6.1.4]					
	Тема 4.3. Свойства ферритов.				4,0	Самостоятельное изуче-					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)		
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)					
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия						
	Применение ферритов в волноводных и передающих трактах, антенных системах. Эффект Фарадея					ние темы [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4] [6.2.2],				
	Тема 4.4. Устройства СВЧ с продольно- и поперечно намагниченными ферритами.				4,0	Самостоятельное изучение темы [6.1.1], [6.1.2], [6.2.2], [6.2.3]				
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела: реферат, эссе (тема)									
	расчёто-графическая работа (РГР)									
	контрольная работа									
	Итого по 4 разделу		-	-	16,00					
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	Раздел 5. Основы теории антенн.						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	Конспект лекций		
	Тема 5.1. Основная задача теории антенн и методы её решения. Математический аппарат, используемый для решения основной задачи теории антенн.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]				
	Тема 5.2. Основные параметры передающих антенн. Амплитудные и фазовые характеристики направленности антенн. Диаграмма направленности, коэффициент направленного действия, коэффициент усиления антенн. Действующая длина, эффективная поверхность антенны.	1,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)		
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)					
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия						
	Тема 5.3. Линейные антенны. Симметричный электрический вибратор в свободном пространстве. Антенны поперечного и осевого излучения. Директорная антенна.	1,0			3,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]				
	Тема 5.4. Апертурные антенны. Общая теория апертурных антенн. Излучение возбужденных поверхностей. Рупорные, линзовье и зеркальные антенны.	1,0			4,0	Подготовка к практическим занятиям [6.1.2], [6.1.3], [6.1.1] [6.2.2],				
	Лабораторная работа 2. Директорная антенна.		3,0		6,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.2], [6.2.3]				
	Лабораторная работа 3. Рупорная и линзовая антенны.		3,0		6,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.3], [6.2.2], [6.2.4]				
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела: реферат, эссе (тема)									
	расчёто-графическая работа (РГР)									
	контрольная работа									
	Итого по 5 разделу	4,00	6,00	-	25,00					
	Курсовой проект (КП)				20,0					
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	8,00	10,00		109,0					

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 зачета в 7 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≤50	Отлично	зачет
30<R≤40	Хорошо	
20<R≤30	Удовлетворительно	
0<R≤20	Неудовлетворительно	

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по «зачет», «незачет».

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 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-1. Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ, осуществлять тестирование работы радиоэлектронной аппаратуры с использованием современной измерительной техники	ИПКС-1.1. Строит физические и математические модели узлов и блоков радиотехнических устройств и систем	Не знает современные тенденции и перспективы развития техники СВЧ и антенн.	Знает современные тенденции и перспективы развития техники СВЧ и антенн. Слабо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.	Знает современные тенденции и перспективы развития техники СВЧ. Хорошо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.	Знает современные тенденции и перспективы развития техники СВЧ и антенн. Отлично знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.
	ИПКС-1.2. Выполняет математическое моделирование объектов и процессов, осуществляет тестирование аппаратного и программного обеспечения радиоэлектронной аппаратуры.	Не умеет осуществлять моделирование устройств техники СВЧ и антенн, в том числе с привлечением автоматизированных систем проектирования.	Умеет осуществлять моделирование устройств техники СВЧ, в том числе с привлечением автоматизированных систем проектирования. Слабо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.	Умеет осуществлять моделирование устройств техники СВЧ, в том числе с привлечением автоматизированных систем проектирования. Хорошо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.	Умеет осуществлять моделирование устройств техники СВЧ, в том числе с привлечением автоматизированных систем проектирования. Отлично знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.

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).

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
6.1.1.	Нефедов, Е.И.	Устройства СВЧ и антенны	М.: Академия, 2009	Учебное пособие	30
6.1.2.	Д. И. Воскресенский [и др.]	Устройства СВЧ и антенны	М.: Радиотехника, 2008	Учебник	30
6.1.3.	Карахин, О.И., Б. А. Левитан, А.П. Кузнецов	Стационарные антенны. Расчет и проектирование конструкций	М.: Машиностроение, 2014	Учебник	5
6.1.4.	Ю.А. Иларионов, Е.П. Тимофеев.	Устройства СВЧ и антенны, часть 1	Нижний Новгород Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева 2007.	Учебное пособие	241

6.2. Справочно-библиографическая литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
6.2.1.	Ю.А. Иларионов, Е.П. Тимофеев.	Устройства СВЧ и антенны, часть 2	Нижний Новгород Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева 2011.	Учебное пособие	247
6.2.2.	В.А. Неганов, Д.С. Клюев, Д.П. Табаков	Устройства СВЧ и антенны Ч.1, 2	М.: URSS, 2013. М.: URSS, 2014.	Учебник	12 (6+6)
6.2.3.	В.А. Бажилов и др / под ред. Г.И. Шишкова	Устройства СВЧ и КВЧ в радиоизмерительной технике	Н.Новгород: НГТУ, 2015	Учебное пособие	15
6.2.4.	Под ред. А.Ю. Гринева	Устройства СВЧ и антенные системы: Кн.1 : Антенные системы локации, навигации и радиосвязи	М. Радиотехника, 2013	Учебник	3

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

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

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Устройства СВЧ и антенны».

6.3.2. Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Устройства СВЧ и антенны». Общие требования и правила оформления отчета

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Устройства СВЧ и антенны»

6.3.4. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Устройства СВЧ и антенны»

6.3.5. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта по дисциплине «Устройства СВЧ и антенны».

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 10 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 ограничениям 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. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

Лабораторные работы проводятся в 1 корпусе в оснащённой необходимым оборудованием лаборатории: аудитория 1219Лаборатория «Техника СВЧ» - 6 лабораторных работы:

- 1) комплект устройств для изучения параметров и характеристик директорной антенны;
- 2) комплект устройств для изучения параметров и характеристик щелевой волноводной антенны;
- 3) комплект устройств для изучения параметров и характеристик рупорных и линзовых антенн;
- 4) комплект устройств для измерения коэффициента усиления рупорной антенны;
- 5) комплект устройств для изучения принципа действия зеркальной параболической антенны и методами сканирования луча;
- 6) комплект устройств для изучения конструкций и принципа действия основных элементов фидерного тракта предназначенных для питания антенн.

Лаборатория «Устройства СВЧ и антенны» (ауд.1219) имеет шесть комбинированных лабораторных установок, включающих в себя:

- 1) генератор ГЧ -37А;
- 2) стрелочный амперметр М24;
- 3) кристаллические генераторы К-54, К-72;
- 4) блок питания Б5-12;
- 5) мост термисторный Я2М-64;
- 6) осциллограф С1-48Б;
- 7) индикатор КСВ и ослаблений Я2Р-67(2);
- 8) макеты лабораторных работ.

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 «Устройства СВЧ и антенны», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

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. Инициируется 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 зачета с оценкой 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.

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 де-

лаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной 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 проблемных 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.

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

10.6. Методические указания для выполнения курсовой работы

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

В процессе выполнения курсового проекта при изучении дисциплины «Антенны» 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.

Развернутые методические рекомендации по выполнению курсового проекта студентами находятся на кафедре «ФТОС». В методических рекомендациях по выполнению курсового проекта сформулированы:

- Цели и задачи курсовой работы;
- Выбор темы курсовой работы;
- Организация, выполнение и руководство курсовой работой;
- Структура и содержание курсовой работы. Методические указания по выполнению основных разделов;
- Требования к оформлению курсовой работы;
- Порядок сдачи и защиты курсовой работы.

Примерная тематика курсовых работ

Задание 1. Расчет широкополосного согласующего устройства.

Ступенчатые переходы Чебышева и Баттервортса.

Рассчитать широкополосные согласующие устройства на базе Чебышевского ступенчатого перехода и перехода с максимально плоской характеристикой (переход Баттервортса).

Согласующие переходы выполняются на базе либо коаксиальной линии, либо на полосковой

(симметричной или несимметричной) линии, либо на прямоугольном волноводе.

Исходные данные для расчета.

1. Задан тип линии (коаксиальная линия).
2. Значения размеров проводников двух согласуемых линий – a_1, a_2, b_1, b_2 .
3. Относительная диэлектрическая проницаемость среды заполнения - ϵ .
4. Допуск на рассогласование в полосе пропускания - $|\Gamma|_{\max}$.
5. Границные длины волн полосы пропускания – (λ_1, λ_2) .
6. Числовые значения исходных данных представлены в таблице

Таблица 11 – Исходные данные для расчета ступенчатых переходов на коаксиальных линиях.

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

a_1 , мм	4	5	9	3	8	3	6	5	4	3
a_2 , мм	1	2	5	1	2	1	1	1	0,5	0,5
$b_1=b_2=b$, мм	5	8	10	5	10	6	10	7	6	4
ε	4	9	9	4	4	9	4	4	9	9
$ \Gamma _{\max}$	0,02	0,05	0,05	0,05	0,02	0,05	0,02	0,05	0,02	0,05
λ_1 , мм	30	20	20	45	50	30	40	30	40	60
λ_2 , мм	50	55	65	90	90	90	90	90	80	80

Таблицы числовых данных для расчета ступенчатых переходов на полосковых линиях и на прямоугольных волноводах находятся в комплексе методических материалов по изучаемому курсу [6.1.4], [6.2.1].

Требуется:

1. Определить параметры чебышевского ступенчатого перехода и перехода с максимально плоской характеристикой (переход Баттервортса); длину и число ступенек, их волновые сопротивления, геометрические размеры ступенек, длину переходов.
2. Рассчитать на ЭВМ зависимость модуля коэффициента отражения от перехода ($|\Gamma|$) от длины волны в свободном пространстве (λ), (для чебышевского перехода и перехода Баттервортса). Изобразить графики $|\Gamma| = \varphi(\lambda)$.
3. Привести чертежи рассчитанных ступенчатых переходов Чебышева и Баттервортса.
4. На основании проведенных расчетов и сравнительного анализа двух ступенчатых переходов (Чебышева и Баттервортса), сделать обоснованный выбор оптимального согласующего устройства.

Задание 2. Расчет волноводной многощелевой антенны.

Рассчитать волноводную многощелевую антенну на базе прямоугольного волновода с основным типом волны. Направление максимального излучения должно быть перпендикулярным стенке волновода, в которой прорезаны щели.

Исходные данные для расчета.

1. Рабочая частота f .
2. Ширина главного лепестка диаграммы направленности на уровне половинной мощности в плоскости, проходящей через ось волновода – $\Delta\theta_{0,5}$.
3. Коэффициент полезного действия антенны $\eta \geq 0,9$.
4. Длина фидерной системы – l .
5. Мощность подводимая к антенне – P .

Числовые значения исходных данных представлены в таблице

Таблица

	1	2	3	4	5
$f, \text{ГГц}$	3,0	5,0	7,0	8,5	10,0
$\Delta\theta_{0,5}$	$5,5^0$	$4,0^0$	$3,5^0$	$5,0^0$	$2,0^0$
$l, \text{м}$	3,0	5,0	10,0	15,0	20,0
$P, \text{kВт}$	35	25	20	15	10

Требуется:

1. Сделать обоснованный выбор поперечных размеров волновода, в котором прорезаны щели и типа волноводной щелевой антенны
2. Рассчитать число щелей, их размеры и расположение на стенках волновода.
3. Рассчитать диаграмму направленности в плоскости, проходящей через ось волновода (расчет выполнить с применением ЭВМ).
4. Рассчитать максимальный коэффициент направленного действия.
5. Сделать обоснованный выбор фидерной системы и рассчитать её КПД.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

- теоретический опрос и защита отчетов по лабораторным работам
- блиц-опросы на лекциях.

11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ

Контрольные вопросы для лабораторных работ приведены в учебно-методических пособиях по проведению лабораторных работ.

11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Основные типы линий передачи и их параметры.
2. Режимы работы линии передачи.
3. Расчет передаваемой мощности в коаксиальном кабелю.
4. Мощность пробоя и допустимая и мощность. Пропускная способность.
5. Расчет коэффициента затухания в направляющих системах.
6. Расчет добротности объемных резонаторов.
7. Расчет коаксиальных резонаторов. Т-колебание.
8. Согласованные нагрузки.
9. Направленные ответвители.
10. Аттенюаторы.
11. Мосты СВЧ.
12. СВЧ-резонаторы.
13. Матричное описание многополюсников СВЧ.

14. Виды волновых матриц и соотношения между ними.
15. Методы анализа устройств СВЧ. Принцип декомпозиции.
16. Матрица рассеяния направленного ответвителя.
17. Матрица рассеяния двойного Т-образного моста.
18. Поперечная и продольная щель в прямоугольном волноводе.
19. Широкополосное согласование. Чебышевский ступенчатый переход.
20. Широкополосное согласование. Ступенчатый переход Баттервортса.
21. Фильтры СВЧ. Основные определения и классификация фильтров.
22. Метод прототипных схем при расчёте фильтров СВЧ.
23. Топология и эквивалентные схемы фильтров СВЧ на базе полосковых линий.
24. Состав и основные свойства ферритов.
25. Эффект Фарадея.
26. Фарадеевский вентиль в круглом волноводе.
27. Резонансный вентиль в прямоугольном волноводе.
28. Вентиль со смещением поля в прямоугольном волноводе.
29. Классификация линий и элементов полосковых трактов СВЧ
30. Основные типы волн в полосковых линиях.
31. Основная задача теории антенн. Приближенные методы её решения.
32. Элементарный электрический вибратор (диполь Герца).
33. Амплитудная и фазовая характеристики направленности антенн.
34. Диаграммы направленности (ДН) антенн. Ширина ДН антенн.
35. Коэффициент направленного действия и коэффициент усиления антенн.
36. Действующая длина и эффективная поверхность антенны.
37. Апертурные антенны. Возбуждение излучающих поверхностей.
38. Рупорные антенны.
39. Линзовые антенны.
40. Многощелевые волноводные антенны.
41. Директорные антенны.
42. Приемные антенны. Параметры и характеристики приёмных антенн.

11.3. Типовые задания для текущего контроля

Задание 1.

Изобразить картину силовых линий электромагнитного поля Т- волны в симметричной и несимметричной полосковых линий.

Задание 2.

Изобразить картину силовых линий электромагнитного поля основной волны щелевой линии (открытой и экранированной).

Задание 3.

Рассчитать пробивную мощность для прямоугольного волновода, работающего на волне H_{10} . Сечение волновода – 23x10 мм, рабочая частота -10 ГГц. Заполнение волновода – сухой воздух

Задание 4.

Рассчитать электрическую прочность (пробивную и допустимую мощности) для прямоугольного волновода, работающего на волне H_{10} . Сечение волновода – 72x34 мм, рабочая частота -3 ГГц. Заполнение волновода – сухой воздух.

Задание 5.

Показать варианты применения двойного Т-моста в схемах измерения на СВЧ и антенных системах.

Задание 6.

Как устроена волноводная измерительная линия? Каким образом с её помощью измерить коэффициент бегущей волны и длину волны в волноводе?

Задание 7.

Прямоугольный раскрыв апертурной антенны с равноамплитудным и синфазным полем.

Полный фонд оценочных средств находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института ИРИТ

“ ____ ” 20 ____ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины

« _____ »

индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров/ специалистов/ магистров

Направление: {шифр – название} _____

Направленность: _____

Форма обучения _____

Год начала подготовки: _____

Курс _____

Семестр _____

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): _____
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

« ____ » 202 ____ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС

_____ протокол № _____ от « ____ » 202 ____ г.

Заведующий кафедрой _____

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС _____ « ____ » 202 ____ г.

Методический отдел УМУ: _____ « ____ » 202 ____ г.