

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

---

---

Образовательно-научный институт радиоэлектроники и информационных технологий (ИРИТ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_ Мякинников А.В.

“21” июня 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.1.1 Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств**  
для подготовки магистров

Направление подготовки: 11.04.01 Радиотехника

Направленность: Техника СВЧ и антенны

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2022

Выпускающая кафедра: ИРС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины: 180/5  
часов/з.е

Промежуточная аттестация: зачет с оценкой (2 семестр)

Разработчик: Малахов В.А., д.т.н., доцент

Нижний Новгород  
2022

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 07.04.2022 г. № 13.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 09.06.2022 г. № 32.

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

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИРИТ, протокол от 21 июня 2022 г. № 11.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.04.01-А-13.

Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ

\_\_\_\_\_  
(подпись) Н.И. Кабанина

## Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ .....	3
<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
1.1. Цель освоения дисциплины .....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) .....	4
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....	9
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>18</b>
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>22</b>
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА .....	22
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	23
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	25
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>25</b>
7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) .....	25
7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем .....	26
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>26</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>27</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>28</b>
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	28
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА .....	29
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ .....	29
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ .....	29
10.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ .....	29
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>30</b>
11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ .....	30
11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена .....	30
11.3. Типовые задания для текущего контроля .....	33

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**1.1. Целью освоения дисциплины являются** обучение студентов общим принципам построения и функционирования ВЧ и СВЧ устройств радиоэлектронной аппаратуры различного назначения, основным этапам их расчета и оптимизации с помощью современных пакетов САПР.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):**

– изучение основных принципов построения и функционирования ВЧ и СВЧ устройств радиоэлектронной аппаратуры различного назначения;

– получение навыков проведения анализа конкретного СВЧ функционального узла или прибора в целом с использованием упрощенного схемотехнического или полного 3-D электромагнитного анализа в частотной и временной области, а также синтеза параметров разрабатываемого устройства по заданным характеристикам;

– получение навыков оценивания возможности физической реализации спроектированных СВЧ функциональных узлов и приборов с учетом технологических требований их изготовления в производстве.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина «Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств» включена в перечень, вариативной части дисциплин (формируемой участниками образовательных отношений) по выбору (запросу студентов), направленный на углубление уровня освоения компетенций. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Электродинамика и распространение радиоволн», «Устройства СВЧ и антенны», «Электродинамика и распространение радиоволн. Дополнительные главы», «Направляющие и колебательные системы СВЧ», «Микроэлектронные устройства СВЧ» в объеме программы бакалавриата.

Дисциплина «Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств» является основополагающей для прохождения следующих видов практик: Научно-исследовательская работа (Б2.П.3), Научно-исследовательская работа (Б2.П.4), Технологическая (проектно-технологическая) практика (Б2.У.1), Преддипломная практика (Б2.П.5).

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 следующих профессиональных 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 дисциплины							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ПКС-1</b>								
Теория и техника СВЧ измерений (Б1.В.ДВ.2.1)								
Математическое моделирование СВЧ измерений (Б1.В.ДВ.2.2)								
СВЧ микроэлектроника (Б1.В.ОД.5)								
Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств (Б1.В.ДВ.1.1)								
Технология производства СВЧ устройств (Б1.В.ДВ.1.2)								
Проблемы проектирования антенных систем миллиметрового диапазона (ФТД.1)								
Математические методы прикладной электродинамики (Б1.В.ОД.3)								
Современные антенные устройства (Б1.В.ОД.1)								
Радиоприемные устройства СВЧ (Б1.В.ОД.4)								
Проектирование приемо-передающих модулей миллиметрового диапазона (Б1.В.ДВ.3.1)								
Радиолокационные системы ближнего действия миллиметрового диапазона (Б1.В.ДВ.3.2)								
Электромагнитная совместимость (Б1.В.ДВ.4.1)								
Помехозащищенность радиосистем (Б1.В.ДВ.4.2)								
<b>ПКС-2</b>								
Современные технологии программирования (Б1.В.ОД.2)								
Теория и техника СВЧ измерений (Б1.В.ДВ.2.1)								
Математическое моделирование СВЧ измерений (Б1.В.ДВ.2.2)								
СВЧ микроэлектроника (Б1.В.ОД.5)								
Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств (Б1.В.ДВ.1.1)								
Технология производства СВЧ устройств (Б1.В.ДВ.1.2)								
Проблемы проектирования антенных систем миллиметрового диапазона (ФТД.1)								
Современные антенные устройства (Б1.В.ОД.1)								
Радиоприемные устройства СВЧ (Б1.В.ОД.4)								
Проектирование приемо-передающих модулей миллиметрового диапазона (Б1.В.ДВ.3.1)								
Радиолокационные системы ближнего действия миллиметрового диапазона (Б1.В.ДВ.3.2)								

### 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 научнотехнической информации по теме планируемых исследований.	ИПКС-1.1. Разрабатывает методы, алгоритмы решения исследовательских задач, в том числе с использованием современных языков программирования, владеет технологией автоматической обработки информации в применении к устройствам СВЧ и антеннам.	<b>Знать:</b> современные и перспективные направления в области проектирования ВЧ и СВЧ устройств, а также элементную базу этих устройств.	<b>Уметь:</b> выбирать и самостоятельно использовать современные методы и средства при анализе и синтезе как отдельных функциональных устройств ВЧ и СВЧ так и приборов и систем в целом; использовать в практической деятельности новые принципы схемотехнического построения и конструктивной реализации ВЧ и СВЧ устройств.	<b>Владеть:</b> навыками поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представления ее в требуемом формате с использованием современных информационных, компьютерных и сетевых технологий.	Комплект домашних заданий Комплект вопросов для сдачи лабораторных работ	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-1.2. Разрабатывает стратегии и методологии исследования устройств СВЧ и антенн, работает с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронных комплексов.	<b>Знать:</b> основные характеристики и функциональные возможности современных САПР в области проектирования устройств ВЧ и СВЧ диапазона.	<b>Уметь:</b> решать задачи моделирования, анализа синтеза и оптимизации линейных и нелинейных ВЧ и СВЧ устройств; применять действующие государственные и отраслевые стандарты, положения и инструкции по оформлению технической документации.	<b>Владеть:</b> навыками использования системного подхода при построении и исследовании моделей сложных радиотехнических систем.	Комплект домашних заданий Комплект вопросов для сдачи лабораторных работ	Вопросы для устного собеседования: билеты

<p>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</p>	<p>ИПКС-2.1. Анализирует физические и математические модели и методы моделирования сигналов, процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия устройств СВЧ и антенн, осуществляет тестирование программного обеспечения радиоэлектронных комплексов.</p>	<p><b>Знать:</b> основные типы ВЧ и СВЧ активных и пассивных приборов, их модели способы количественного описания при использовании их в радиотехнических цепях и устройствах; основы схемотехники и современную элементную базу для конструирования аналоговых и цифровых электронных устройств, языки программирования.</p>	<p><b>Уметь:</b> формализовать проектные задачи разработки ВЧ и СВЧ устройств, сформулированные на физическом уровне; составлять как функциональные, так и электрические принципиальные схемы разрабатываемых ВЧ и СВЧ устройств, оценивать техническое состояние радиоэлектронных комплексов.</p>	<p><b>Владеть:</b> навыками работы с современными программными продуктами при проведении схемотехнического линейного и нелинейного анализа цепей ВЧ и СВЧ, а также способностью создавать 2.5-мерные и 3-х мерные модели проектируемых СВЧ устройств с учетом основных их конструктивных особенностей, навыками тестирования СВЧ устройств.</p>	<p>Комплект домашних заданий Комплект вопросов для сдачи лабораторных работ</p>	<p>Вопросы для устного собеседования: билеты</p>
	<p>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 программного обеспечения радиоэлектронных комплексов.</p>	<p><b>Знать:</b> методы анализа цепей постоянного и переменного тока во временной и частотной областях, в том числе в стационарном и переходном режимах; основы прикладной электродинамики, в частности методы расчета линий передачи и резонаторов СВЧ диапазона.</p>	<p><b>Уметь:</b> выполнять проектные процедуры по генерации топологических проектов, а также 3-D-моделей проектируемых устройств и осуществлять их верификацию.</p>	<p><b>Владеть:</b> навыками расчета типовых характеристик аналоговых ВЧ и СВЧ устройств для получения заданных технических характеристик.</p>	<p>Комплект домашних заданий Комплект вопросов для сдачи лабораторных работ</p>	<p>Вопросы для устного собеседования: билеты</p>
	<p>ИПКС-2.3. Проводит экспериментальные исследования с применением современных средств и методов, устраняет неисправности, возникшие в процессе эксплуатации устройств СВЧ и антенн.</p>	<p><b>Знать:</b> основные методы измерений характеристик радиотехнических цепей и сигналов.</p>	<p><b>Уметь:</b> применять методы экспериментального исследования радиотехнических узлов и приборов (включая компьютерный эксперимент), использовать основные приемы обработки экспериментальных данных,</p>	<p><b>Владеть:</b> навыками использования современной аппаратуры для измерения характеристик радиотехнических цепей и сигналов ВЧ и СВЧ диапазонов; навыками наглядного представления полу-</p>	<p>Комплект домашних заданий Комплект вопросов для сдачи лабораторных работ</p>	<p>Вопросы для устного собеседования: билеты</p>

			работать с эксплуатационной документацией современной аппаратуры.	ченных результатов с применением компьютерных технологий.		
--	--	--	---	---	--	--



#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. (180 часов), 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.	В т.ч. по семестрам	
		2 сем	
<b>Формат изучения дисциплины</b>		очная	
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>180</b>	<b>180</b>	
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>89</b>	<b>89</b>	
<b>1.1.Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>85</b>	<b>85</b>	
занятия лекционного типа (Л)	34	34	
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	34	34	
лабораторные работы (ЛР)	17	17	
<b>1.2.Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)			
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)			
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>91</b>	<b>91</b>	
реферат/эссе (подготовка)			
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)			
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.)	91	91	
Подготовка к зачету с оценкой (контроль)			

## 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 (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				
2 семестр								
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 1. Введение.						1. Диагностический безопеночный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ.	Конспект лекций
	Тема 1.1. Предмет и задачи курса.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Тема 1.2. Основные понятия и определения ВЧ и СВЧ устройств. Особенности проектирования радиоэлектронной аппаратуры ВЧ и СВЧ диапазонов.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				3,0			
	Итого по 1 разделу:	1,5			3,0			
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 2. Математическое описание элементов и устройств СВЧ диапазона.						1. Диагностический безопеночный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ.	Конспект лекций
	Тема 2.1. Использование матриц для описания элементов и устройств СВЧ диапазона. Z, Y, A и S – матрицы и связь между ними. Определение основных рабочих характеристик устройств через матричные параметры.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Тема 2.2. Применение матриц	0,5				Подготовка к лекциям		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК 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				
	рассеяния для формирования математической модели произвольных СВЧ устройств.					[6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Практическое занятие 1 Математическое описание элементов и устройств СВЧ диапазона.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2]		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				5,0			
	Итого по 2 разделу:	1,5		2,0	5,0			
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 3. Современные системы автоматизированного проектирования ВЧ и СВЧ устройств.						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ.	Конспект лекций
	Тема 3.1. Системы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств СВЧ диапазона, их место среди других САПР.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Тема 3.2. Математические основы вычислительных ядер современных САПР СВЧ устройств.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Тема 3.3. Линейное моделирование СВЧ схем и устройств в частотной и временной области. Нелинейное моделирование схем со значительной нелинейностью методом гармонического баланса и слабо нелинейных схем с помощью рядов Вольтерра.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Тема 3.4. Полное (трехмерное) электромагнитное моделирование пассивных СВЧ структур.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК 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 3.5. Обзор основных программных продуктов на современном мировом рынке САПР СВЧ устройств. Их сравнительный анализ по функциональным возможностям и методам расчета.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				7,0			
	Итого по 3 разделу	6,5	--		7,0			
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 4. Пассивные ВЧ и СВЧ элементы и их модели						1. Диагностический безценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ.	Конспект лекций
	Тема 4.1. Основные СВЧ пассивные компоненты с сосредоточенными и распределёнными параметрами (резисторы, конденсаторы, индуктивности). Модели реальных компонентов.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Тема 4.2. Основные конструкции и математические модели одиночных линий передачи СВЧ. Учет потерь в линиях. Резонансные системы СВЧ. Особенности расчетов собственных волн и колебаний с использованием специализированных решателей из состава САПР.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Тема 4.3. Конструкции и математические модели полосковых линий передачи. Учет неоднородностей в линиях. Основы теории связанных линий.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК 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				
	Практическое занятие 2 Пассивные ВЧ и СВЧ элементы и их модели.			4,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2]		
	Лабораторная работа 1 Проектирование простейших конструкций СВЧ функциональных узлов в волноводном и микрополосковом исполнениях		2,0			Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				9,0			
	Итого по 4 разделу:	2,5	2,0	4,0	9,0			
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 5. Активные СВЧ элементы и их модели						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ.	Конспект лекций
	Тема 5.1. Основные типы применяемых в СВЧ устройствах активных элементов (диоды, биполярные и полевые транзисторы). Основные характеристики и частотные свойства.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Тема 5.2. Эмпирические модели транзисторов СВЧ. Линейные и нелинейные модели. Методы определения параметров линейных и нелинейных моделей на основе S-параметров (X-параметров) и вольтамперных характеристик.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Практическое занятие 3 Активные СВЧ элементы и их модели			4,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2]		
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:				5,0			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК 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 5 разделу:	1,5		4,0	5,0			
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 6. СВЧ пассивные устройства, согласующие цепи, фильтры						1. Диагностический безоперационный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ.	Конспект лекций
	Тема 6.1. Устройства СВЧ на связанных линиях (направленные ответвители, сумматоры и делители мощности). Их частотные и импульсные характеристики. Особенности конструктивного исполнения	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Тема 6.2. Согласующие цепи СВЧ. Их представление с помощью L, C - элементов и отрезков микрополосковых линий. Синтез согласующих цепей с использованием САПР.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Тема 6.3. Фильтры СВЧ, их основные характеристики, конструктивное исполнение и особенности проектирования с использованием САПР с применением с применением программ схемотехнического и электромагнитного анализа.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Практическое занятие 4 СВЧ пассивные устройства, согласующие цепи, фильтры			4,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2]		
	Лабораторная работа 2 Расчет и оптимизация СВЧ полосовых фильтров в микрополосковом исполнении		3,0			Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по				10,0			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК 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				
освоению 6 раздела:								
Итого по 6 разделу:		2,5	3,0	4,0	10,0			
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 7. Малошумящие СВЧ усилители						1. Диагностический безопечный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ.	Конспект лекций
	Тема 7.1. Особенности расчета и проектирования транзисторных МШУ. Расчет согласующих цепей усилителя на основе линейной модели транзистора с использованием САПР.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Лабораторная работа 3 Расчет и оптимизация малошумящего СВЧ усилителя с использованием бесструктурной модели транзистора		2,0			Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Тема 7.2. Определение динамических характеристик СВЧ усилителя на основе метода функциональных рядов Вольтерра. Расчет основных характеристик усилителя (коэффициент усиления, шумовые и динамические параметры (IP2 и IP3) с использованием САПР.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Практическое занятие 5 Малошумящие СВЧ усилители			4,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2]		
	Самостоятельная работа по освоению 7 раздела:				8,0			
	Итого по 7 разделу:	3,0	2,0	4,0	8,0			
	ПКС-1	Раздел 8. СВЧ усилители мощности						

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК 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 ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	<b>Тема 8.1.</b> Основные режимы работы СВЧ усилителей мощности (А, АВ, В и С - классы). Коэффициент полезного действия. Основные нелинейные искажения (сжатие, коэффициента передачи, амплитудно-фазовая конверсия, интермодуляционные искажения).	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]	ценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ.	
	<b>Тема 8.2.</b> Типовые схемы СВЧ усилителей. Особенности расчета входных и выходных цепей при работе на максимальную мощность с использованием САПР СВЧ устройств.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	<b>Практическое занятие 6</b> СВЧ усилители мощности			4,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2]		
	<b>Лабораторная работа 4</b> Моделирование усилителя мощности на биполярном транзисторе методом гармонического баланса		2,0			Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	<b>Самостоятельная работа по освоению 8 раздела:</b>				7,0			
	<b>Итого по 8 разделу:</b>	<b>1,5</b>	<b>2,0</b>	<b>4,0</b>	<b>7,0</b>			
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2	<b>Раздел 9. СВЧ смесители</b>						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания;	Конспект лекций
	<b>Тема 9.1.</b> Область применения, основные характеристики и схемно-конструктивное построение диодных и транзисторных смесителей СВЧ диапазона.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК 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-2.3	<b>Тема 9.2.</b> Методы подавления зеркального канала в смесителях. Балансные и кольцевые смесители.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]	3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ.	
	<b>Практическое занятие 7</b> СВЧ смесители			4,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2]		
	<b>Лабораторная работа 5</b> Моделирование балансного диодного смесителя		2,0			Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	<b>Самостоятельная работа по освоению 9 раздела:</b>				6,0			
	<b>Итого по 9 разделу:</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>4,0</b>	<b>6,0</b>			
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	<b>Раздел 10. Невзаимные СВЧ устройства</b>						1. Диагностический безотценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ.	Конспект лекций
	<b>Тема 10.1.</b> Особенности проектирования в САПР СВЧ устройств, содержащих гиротропные материалы.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	<b>Тема 10.2.</b> Ферритовые циркуляторы и вентили. Ферритовые переключатели с магнитной памятью.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	<b>Лабораторная работа 6</b> Проектирование ферритовых развязывающих устройств в волноводном и микрополосковом исполнениях		2,0			Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	<b>Самостоятельная работа по освоению 10 раздела:</b>				6,0			
	<b>Итого по 10 разделу:</b>	<b>1,5</b>	<b>2,0</b>		<b>6,0</b>			

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ОПК; ПК и инди- каторы достиже- ния компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование исполь- зуемых активных и интерактивных образо- вательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабо- ра- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 11. Устройства управления амплитудой и фазой СВЧ сигнала						1. Диагностический безо- ценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые каче- ственные, расчетные зада- ния; 3. Блиц-опрос. При изучении нового ма- териала-слайд показ.	Конспект лекций
	Тема 11.1. Схемы и конструкции СВЧ аттенюаторов с постоянным и управляемым ослаблением. Защитные устройства СВЧ.	0,5						
	Тема 11.2. Схемы и конструкции СВЧ амплитудных модуляторов, отключателей и переключателей на р-і-п диодах.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Тема 11.3. Схемы и конструкции фазовращателей с постоянным и линейно зависимым фазовым сдвигом в микрополосковом и волноводном исполнении.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Практическое занятие 8 Устройства управления амплиту- дой и фазой СВЧ сигнала			4,0		Подготовка к практиче- ским занятиям [6.1.1], [6.1.2]		
	Лабораторная работа 7 Проек- тирование СВЧ отключающих устройств и дискретных фазо- вращателей на р-і-п диодах		2,0			Подготовка к лаборатор- ным занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 11 раздела:				10,0			
	Итого по 11 разделу:	2,5	2,0	4,0	10,0			
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 12. Моделирование СВЧ антенн						1. Диагностический безо- ценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые каче- ственные, расчетные зада- ния; 3. Блиц-опрос.	Конспект лекций
	Тема 12.1. Освоение основных этапов проектирования простей- ших конструкции микроволно- вых антенн и антенных решеток. Вибраторные, щелевые, печатные и апертурные антенны.	1,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК 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				
	<b>Тема 12.2.</b> Реализация метода интегральных уравнений в САПР для расчета характеристик излучения антенн. Возможности графических интерфейсов САПР для визуализации характеристик моделируемых конструкций СВЧ антенн.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]	При изучении нового материала-слайд показ.	
	<b>Практическое занятие 9</b> Моделирование СВЧ антенн			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2]		
	<b>Лабораторная работа 8</b> Проектирование простейших конструкций СВЧ антенн дециметрового и сантиметрового диапазонов длин волн		2,0			Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	<b>Самостоятельная работа по освоению 12 раздела:</b>				7,0			
	<b>Итого по 12 разделу:</b>	<b>2,5</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>7,0</b>			
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	<b>Раздел 13. Радиоприемные и передающие тракты, каналы связи</b>					1. Диагностический безценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ.	Конспект лекций	
	<b>Тема 13.1.</b> Особенности построения СВЧ приемных трактов. Динамический диапазон и способы его определения с помощью САПР. Особенности построения СВЧ передающих трактов и возможности расчета основных характеристик.	1,5						Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]
	<b>Тема 13.2.</b> Методы моделирования каналов связи в САПР с учетом различного рода помех.	1,0						Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК 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				
	Практическое занятие 10 Радиоприемные и передающие тракты, каналы связи			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2]		
	Самостоятельная работа по освоению 13 раздела:				5,0			
	Итого по 13 разделу:	2,5		2,0	5,0			
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 14. Основные тенденции в развитии СВЧ техники						1. Диагностический безоперационный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ.	Конспект лекций
	Тема 14.1. Направления комплексной микроминиатюризации СВЧ устройств. Технология LTCC. Развитие цифровых методов обработки сигналов и управления приемниками.	1,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Тема 14.2. Совершенствование техники радиоприема в миллиметровом, субмиллиметровом и оптическом диапазонах. Научные и практические проблемы дальнейших исследований и разработок.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 14 раздела:				3,0			
	Итого по 14 разделу:	2,5			3,0			
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34	17	34	91			
	ИТОГО по дисциплине	34	17	34	91			

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

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам практических и лекционных занятий.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачета с оценкой во 2-м 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) приведено в таблице 5.

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

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 в виде оценки «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 оцен- ки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max 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-1.1. Разрабатывает методы, алгоритмы решения исследовательских задач, в том числе с использованием современных языков программирования, владеет технологией автоматической обработки информации в применении к устройствам СВЧ и антеннам.	Не знает современные и перспективные направления в области проектирования ВЧ и СВЧ устройств, а также элементную базу этих устройств. Не умеет выбирать и самостоятельно использовать современные методы и средства при анализе и синтезе как отдельных функциональных устройств ВЧ и СВЧ так и приборов и систем в целом; использовать в практической деятельности новые принципы схемотехнического построения и конструктивной реализации ВЧ и СВЧ устройств. Не владеет навыками поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представления ее в требуемом формате с использованием	Слабо знаком с современными и перспективными направлениями в области проектирования ВЧ и СВЧ устройств, а также элементной базой этих устройств. Испытывает серьезные затруднения при выборе и и самостоятельном использовании современных методов и средств при анализе и синтезе как отдельных функциональных устройств ВЧ и СВЧ так и приборов и систем в целом; использовании в практической деятельности новых принципов схемотехнического построения и конструктивной реализации ВЧ и СВЧ устройств. Слабо владеет навыками поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представления ее в требу-	Хорошо знаком с современными и перспективными направлениями в области проектирования ВЧ и СВЧ устройств, а также элементной базой этих устройств. Испытывает небольшие затруднения при выборе и и самостоятельном использовании современных методов и средств при анализе и синтезе как отдельных функциональных устройств ВЧ и СВЧ так и приборов и систем в целом; использовании в практической деятельности новых принципов схемотехнического построения и конструктивной реализации ВЧ и СВЧ устройств. Владеет навыками поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представления ее в требуемом фор-	Знает современные и перспективные направления в области проектирования ВЧ и СВЧ устройств, а также элементную базу этих устройств. Умеет выбирать и самостоятельно использовать современные методы и средства при анализе и синтезе как отдельных функциональных устройств ВЧ и СВЧ так и приборов и систем в целом; использовать в практической деятельности новые принципы схемотехнического построения и конструктивной реализации ВЧ и СВЧ устройств. Владеет навыками поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представления ее в требуемом формате с использованием современных информаци-

		современных информационных, компьютерных и сетевых технологий.	емом формате с использованием современных информационных, компьютерных и сетевых технологий.	мате с использованием современных информационных, компьютерных и сетевых технологий, иногда испытывает небольшие затруднения.	онных, компьютерных и сетевых технологий.
	ИПКС-1.2. Разрабатывает стратегии и методологии исследования устройств СВЧ и антенн, работает с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронных комплексов.	Не знает основные характеристики и функциональные возможности современных САПР в области проектирования устройств ВЧ и СВЧ диапазона. Не умеет решать задачи моделирования, анализа синтеза и оптимизации линейных и нелинейных ВЧ и СВЧ устройств; применять действующие государственные и отраслевые стандарты, положения и инструкции по оформлению технической документации. Не владеет навыками использования системного подхода при построении и исследовании моделей сложных радиотехнических систем.	Может сформулировать основные характеристики и функциональные возможности современных САПР в области проектирования устройств ВЧ и СВЧ диапазона, допуская ошибки. Решает задачи моделирования, анализа синтеза и оптимизации линейных и нелинейных ВЧ и СВЧ устройств; применяет действующие государственные и отраслевые стандарты, положения и инструкции по оформлению технической документации, допуская ошибки. Слабо владеет навыками использования системного подхода при построении и исследовании моделей сложных радиотехнических систем.	Знает основные характеристики и функциональные возможности современных САПР в области проектирования устройств ВЧ и СВЧ диапазона, иногда допускает небольшие неточности. Умеет решать задачи моделирования, анализа синтеза и оптимизации линейных и нелинейных ВЧ и СВЧ устройств; применять действующие государственные и отраслевые стандарты, положения и инструкции по оформлению технической документации, иногда испытывает небольшие затруднения. Владеет навыками использования системного подхода при построении и исследовании моделей сложных радиотехнических систем, иногда испытывает небольшие затруднения.	Знает основные характеристики и функциональные возможности современных САПР в области проектирования устройств ВЧ и СВЧ диапазона. Умеет решать задачи моделирования, анализа синтеза и оптимизации линейных и нелинейных ВЧ и СВЧ устройств; применять действующие государственные и отраслевые стандарты, положения и инструкции по оформлению технической документации. Владеет навыками использования системного подхода при построении и исследовании моделей сложных радиотехнических систем.
ПКС-2. Способен выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн с целью анализа и опти-	ИПКС-2.1. Анализирует физические и математические модели и методы моделирования сигналов, процессов и явлений, лежащих в основе	Не знает основные типы ВЧ и СВЧ активных и пассивных приборов, их модели способы количественного описания при	Может перечислить основные типы ВЧ и СВЧ активных и пассивных приборов, их модели способы количественного	Может перечислить основные типы ВЧ и СВЧ активных и пассивных приборов, их модели способы количественного	Знает основные типы ВЧ и СВЧ активных и пассивных приборов, их модели способы количественного описания при

<p>мизации 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</p>	<p>принципов действия устройств СВЧ и антенн, осуществляет тестирование программного обеспечения радиоэлектронных комплексов.</p>	<p>использовании их в радиотехнических цепях и устройствах; основы схемотехники и современную элементную базу для конструирования аналоговых и цифровых электронных устройств, языки программирования. Не умеет формализовать проектные задачи разработки ВЧ и СВЧ устройств, сформулированные на физическом уровне; составлять как функциональные, так и электрические принципиальные схемы разрабатываемых ВЧ и СВЧ устройств, оценивать техническое состояние радиоэлектронных комплексов. Не владеет навыками работы с современными программными продуктами при проведении схемотехнического линейного и нелинейного анализа цепей ВЧ и СВЧ, а также способностью создавать 2.5-мерные и 3-х мерные модели проектируемых СВЧ устройств с учетом основных их конструктивных особенностей, навыками тестирования СВЧ устройств.</p>	<p>описания при использовании их в радиотехнических цепях и устройствах, допуская ошибки; слабо знает основы схемотехники и современную элементную базу для конструирования аналоговых и цифровых электронных устройств, языки программирования. Формализует проектные задачи разработки ВЧ и СВЧ устройств, сформулированные на физическом уровне; составляет как функциональные, так и электрические принципиальные схемы разрабатываемых ВЧ и СВЧ устройств, оценивает техническое состояние радиоэлектронных комплексов, допуская ошибки. Слабо владеет навыками работы с современными программными продуктами при проведении схемотехнического линейного и нелинейного анализа цепей ВЧ и СВЧ, а также способностью создавать 2.5-мерные и 3-х мерные модели проектируемых СВЧ устройств с учетом основных их конструктивных особенностей, навыками тестирования СВЧ устройств.</p>	<p>описания при использовании их в радиотехнических цепях и устройствах, допуская небольшие неточности; знает основы схемотехники и современную элементную базу для конструирования аналоговых и цифровых электронных устройств, языки программирования. Формализует проектные задачи разработки ВЧ и СВЧ устройств, сформулированные на физическом уровне; составляет как функциональные, так и электрические принципиальные схемы разрабатываемых ВЧ и СВЧ устройств, оценивает техническое состояние радиоэлектронных комплексов, иногда испытывает небольшие затруднения. Владеет навыками работы с современными программными продуктами при проведении схемотехнического линейного и нелинейного анализа цепей ВЧ и СВЧ, а также способностью создавать 2.5-мерные и 3-х мерные модели проектируемых СВЧ устройств с учетом основных их конструктивных особенностей, навыками тестирования СВЧ устройств, иногда</p>	<p>использовании их в радиотехнических цепях и устройствах; основы схемотехники и современную элементную базу для конструирования аналоговых и цифровых электронных устройств, языки программирования. Умеет формализовать проектные задачи разработки ВЧ и СВЧ устройств, сформулированные на физическом уровне; составлять как функциональные, так и электрические принципиальные схемы разрабатываемых ВЧ и СВЧ устройств, оценивать техническое состояние радиоэлектронных комплексов. Владеет навыками работы с современными программными продуктами при проведении схемотехнического линейного и нелинейного анализа цепей ВЧ и СВЧ, а также способностью создавать 2.5-мерные и 3-х мерные модели проектируемых СВЧ устройств с учетом основных их конструктивных особенностей, навыками тестирования СВЧ устройств.</p>
--	---	---	--	---	---



				испытывает небольшие затруднения.	
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 программного обеспечения радиоэлектронных комплексов.	Не знает методы анализа цепей постоянного и переменного тока во временной и частотной областях, в том числе в стационарном и переходном режимах; основы прикладной электродинамики, в частности методы расчета линий передачи и резонаторов СВЧ диапазона. Не умеет выполнять проектные процедуры по генерации топологических проектов, а также 3-D-моделей проектируемых устройств и осуществлять их верификацию. Не владеет навыками расчета типовых характеристик аналоговых ВЧ и СВЧ устройств для получения заданных технических характеристик.	Может перечислить методы анализа цепей постоянного и переменного тока во временной и частотной областях, в том числе в стационарном и переходном режимах; слабо знаком с основами прикладной электродинамики, в частности с методами расчета линий передачи и резонаторов СВЧ диапазона. Выполняет проектные процедуры по генерации топологических проектов, а также 3-D-моделей проектируемых устройств и осуществляет их верификацию, допуская ошибки. Слабо владеет навыками расчета типовых характеристик аналоговых ВЧ и СВЧ устройств для получения заданных технических характеристик.	Знает методы анализа цепей постоянного и переменного тока во временной и частотной областях, в том числе в стационарном и переходном режимах; основы прикладной электродинамики, в частности методы расчета линий передачи и резонаторов СВЧ диапазона, иногда допускает небольшие неточности. Умеет выполнять проектные процедуры по генерации топологических проектов, а также 3-D-моделей проектируемых устройств и осуществлять их верификацию, допуская небольшие неточности. Владеет навыками расчета типовых характеристик аналоговых ВЧ и СВЧ устройств для получения заданных технических характеристик, иногда испытывает небольшие затруднения.	Знает методы анализа цепей постоянного и переменного тока во временной и частотной областях, в том числе в стационарном и переходном режимах; основы прикладной электродинамики, в частности методы расчета линий передачи и резонаторов СВЧ диапазона. Умеет выполнять проектные процедуры по генерации топологических проектов, а также 3-D-моделей проектируемых устройств и осуществлять их верификацию. Владеет навыками расчета типовых характеристик аналоговых ВЧ и СВЧ устройств для получения заданных технических характеристик.	
ИПКС-2.3. Проводит экспериментальные исследования с применением современных средств и методов, устраняет неисправности, возникшие в процессе эксплуатации устройств СВЧ и антенн.	Не знает основные методы измерений характеристик радиотехнических цепей и сигналов. Не умеет применять методы экспериментального исследования радиотехнических узлов и приборов.	Слабо знает основные методы измерений характеристик радиотехнических цепей и сигналов. Испытывает серьезные затруднения при использовании методов экспериментального исследования радиотехнических узлов и приборов.	Знает основные методы измерений характеристик радиотехнических цепей и сигналов, иногда допускает небольшие неточности. Умеет применять методы экспериментального исследования радиотехнических узлов и приборов.	Знает основные методы измерений характеристик радиотехнических цепей и сигналов. Умеет применять методы экспериментального исследования радиотехнических узлов и приборов.	

		<p>ров (включая компьютерный эксперимент), использовать основные приемы обработки экспериментальных данных, работать с эксплуатационной документацией современной аппаратуры. Не владеет навыками использования современной аппаратуры для измерения характеристик радиотехнических цепей и сигналов ВЧ и СВЧ диапазонов; навыками наглядного представления полученных результатов с применением компьютерных технологий.</p>	<p>вания радиотехнических узлов и приборов (включая компьютерный эксперимент), использовании основных приемов обработки экспериментальных данных, работе с эксплуатационной документацией современной аппаратуры. Слабо владеет навыками использования современной аппаратуры для измерения характеристик радиотехнических цепей и сигналов ВЧ и СВЧ диапазонов; навыками наглядного представления полученных результатов с применением компьютерных технологий.</p>	<p>следования радиотехнических узлов и приборов (включая компьютерный эксперимент), использовать основные приемы обработки экспериментальных данных, работать с эксплуатационной документацией современной аппаратуры, иногда испытывает небольшие затруднения. Владеет навыками использования современной аппаратуры для измерения характеристик радиотехнических цепей и сигналов ВЧ и СВЧ диапазонов; навыками наглядного представления полученных результатов с применением компьютерных технологий, иногда испытывает небольшие затруднения.</p>	<p>(включая компьютерный эксперимент), использовать основные приемы обработки экспериментальных данных, работать с эксплуатационной документацией современной аппаратуры. Владеет навыками использования современной аппаратуры для измерения характеристик радиотехнических цепей и сигналов ВЧ и СВЧ диапазонов; навыками наглядного представления полученных результатов с применением компьютерных технологий.</p>
--	--	---	--	---	--

Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « <b>отлично</b> » 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 « <b>хорошо</b> » 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 « <b>удовлетворительно</b> » 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 « <b>неудовлетворительно</b> » 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).

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)
1	2
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	Неганов, В.А. Электродинамические методы проектирования устройств СВЧ и антенн: Учеб. пособие для вузов / В.А. Неганов, Е.И. Нефедов, Г.П. Яровой // Под ред. В.А. Неганова. – М.: Радио и связь, 2002. – 416 с.
6.1.3	<b>Устройства СВЧ- и КВЧ-диапазонов. Методы расчета, алгоритмы и технологии изготовления.</b> Монография. / Ю.А. Иларионов, А.С. Раевский, С.Б. Раевский, А.Ю.Севаков — М. : Радиотехника, 2013. — 752 с.

## 6.2. Справочно-библиографическая литература

6.2.1	<b>Устройства СВЧ и КВЧ:</b> учеб. пособие: ч.1 / В.В. Бирюков, А.Е. Иванов, В.А. Козлов [и др.] / под ред. Г.И. Шишкова; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2012. – 220 с.
6.2.2	<b>Устройства СВЧ и КВЧ:</b> учеб. пособие: Ч.2 / В.А. Бажилов, Л.В. Когтева, В.А. Козлов [и др.] / под ред. Г.И. Шишкова; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2013. – 205 с.
6.2.3	<b>Устройства СВЧ и КВЧ в радиоизмерительной технике:</b> учеб. пособие / В.А. Бажилов, В.В. Бирюков, Л.В. Когтева [и др.] / под ред. Г.И. Шишкова; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2014. – 160 с.

## 6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств».

6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятий по дисциплине «Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств».

6.3.3. Методические рекомендации по организации и проведению лабораторных работ по дисциплине «Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств».

6.3.4. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств».

## 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	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

В таблице 9 указан перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Таблица 9 – Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	2
Microsoft Windows XP, Prof, S/P3 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	
MS Office 2010. MS Open License, 60853088, Academic	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)
Microsoft Windows 7. Электронная лицензия от MS после обновления.	Adobe Acrobat Reader (Free-Ware)
ANSYS Academic Teaching HF (25 task) LAN, Paid-Up, 1026981	

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 10 – 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	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 11 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 11 – 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.

Практические занятия и лабораторные работы проводятся в ауд. 1218:

- 11 рабочих мест, оборудованных компьютерами:
- 5 компьютеров: PC Intel Core i5-2320 CPU 3,4 GHz / 3Gb RAM/HDD 300Gb/DVD-ROM и мониторами Acer V198 19”.
- 6 компьютеров: PC Intel Core 2 CPU E7200 2,54 GHz / 2Gb RAM/HDD 300Gb/DVD-ROM и мониторами Benq G900 AD 19”

Все компьютеры объединены в локальную сеть и подключены к сети «Интернет».

- комплект электронных презентаций/слайдов;
- наглядные пособия
- проектор
- пакеты ПО общего назначения:

- Windows 7;
- Visual Studio 2010;
- Adobe Reader 11;
- Open Office 2.3 (Calc, Draw, Writer, Math)
- Adobe Flash Player 10;
- Dr.web.

## **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 «Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств», 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 и практических 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 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 зачета 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 выпол-

нены 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 опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям 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 практических занятиях**

Практические занятия в форме семинаров представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является выступление (доклад) с последующим обсуждением 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.

## **10.4. 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 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.



## 10.5. 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».

## 11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

- проверка выполнения домашних заданий;
- теоретический опрос по темам лабораторных работ;
- оценка качества выполнения отчетов по лабораторным работам.

### 11.1. Типовые вопросы к зачету с оценкой

1. Аппроксимация частотных характеристик фильтра: нормированная переменная, типы характеристик, их вид.
2. Основные параметры полосового фильтра, сопротивление отрезков КЗ и ХХ.
3. Реализации фильтров в различных исполнениях (МПЛ, коаксиальном, волноводном), порядок расчета фильтра.
4. Фильтры на малогабаритных резонаторах: виды, принципы работы.
5. Схема аттенуаторов на сосредоточенных элементах. Их расчет.
6. Определение сопротивлений по диаграмме Смита. Местонахождение точек постоянного активного сопротивления, реактивного сопротивления,  $K_{стU}$ .
7. Коаксиальные и объемные резонаторы: конструкции, резонансная частота, способы перестройки.
8. Волноводно-диэлектрические, ферритовые, открытые объемные резонаторы: конструкции, способы перестройки частоты.
9. Микрополосковые, полосковые, волноводно-щелевые резонаторы, кольцеобразные с радиальным зазором. Конструкция, резонансная частота, добротность.
10. Коаксиальные диэлектрические резонаторы: конструкции, типы волн, добротность.

11. Тороидальные диэлектрические резонаторы и коаксиальные диэлектрические резонаторы с зазором: конструкция, резонансная длина волны, добротность.
12. СВЧ генераторы, стабилизированные ДР – способы включения ДР и типы ОС, электрические схемы.
13. Классификация смесителей: виды, уровни мощности, уровни IP3.
14. Небалансный смеситель, балансный смеситель, двойной балансный смеситель: схемы, особенности.
15. Параметры смесителей. Диодный субгармонический смеситель.
16. Смесители на однозатворных ПТШ, работающих в активной области. Нелинейности транзистора, на которых осуществляется преобразование частот.
17. Смесители на двухзатворных ПТШ, смесители с автогенерацией.
18. Распределенные и резистивные смесители. Балансные и с фазовым подавлением зеркального канала.
19. Точка IP3, определение и расчет. Динамический диапазон работы нелинейного прибора.
20. Принципы построения умножителей частоты: типы и виды.
21. Умножители частоты на транзисторах и радиоимпульсные умножители: свойства, особенности.
22. Умножители частоты на варакторах и ЛПД: особенности построения, характеристики.
23. Принципы построения делителей частоты: типы и виды.
24. Делители частоты с умножителями, ключевые и с ФАПЧ: схемы построения, принципы работы.
25. Дифференциальные фазовращатели, общие принципы построения и соотношения. Фазовращатели на плавных линиях.
26. Ступенчатые дифференциальные фазовращатели класса I – одно- и многоступенчатые: характеристики, соотношения, конструкции, влияние перемычки.
27. Ступенчатые дифференциальные фазовращатели класса II – одно- и многоступенчатые: характеристики, конструкции, влияние перемычки.
28. Фазовращатели на микрополосковых линиях: конструкции, проблемы и решения.
29. Двухшлейфный (мостовой) направленный ответвитель: конструкция, принцип действия, расчет.
30. Кольцевой мост ( $180^\circ$  гибридное сочленение): конструкция, принцип действия, области применения.
31. Ответвитель Ланге: конструкция, принцип действия, расчет.
32. Делители мощности: параметры, конструкции, принципы действия.
33. Двухканальные резистивные (в т.ч. на сосредоточенных элементах) делители мощности: конструкции, характеристики, расчет.
34. Сумматоры мощностей – типы и возможные конструкции.
35. Ограничители СВЧ мощности: типы, активные элементы, схемы, характеристики.
36. Ограничители СВЧ мощности: конструкции, технические параметры.
37. НЕМТ-транзисторы: частотные и усилительные свойства, материалы, конструкции, принцип работы, характеристики.

38. ГУНы: генератор Клаппа, ГУН с низким уровнем фазовых шумов, интерполяционный ГУН. Схемы, характеристики.
39. Линии передачи, применяемые для запитки МПЛ антенн мм-диапазона: конструкции, характеристики.
40. Излучающие элементы МПЛ антенн.
41. Планарные антенны вытекающей волны.
42. Антенные решетки и антенны-смесители.
43. Особенности проектирования радиоэлектронной аппаратуры ВЧ и СВЧ диапазонов.
44. Современные тенденции в автоматизированном проектировании ВЧ и СВЧ устройств.
45. Организация процесса проектирования и моделирования ВЧ и СВЧ устройств.
46. Метод гармонического баланса для решения линейных и нелинейных задач расчета радиоэлектронных схем.
47. Метод рядов Вольтерра для решения нелинейных задач расчета характеристик радиоэлектронных схем.
48. Проектирование радиоэлектронных устройств с применением типовой системы автоматизированного проектирования устройств ВЧ и СВЧ диапазона (САПР “2.5-мерного моделирования”).
49. Метод конечных элементов и САПР, построенные на его основе.
50. Метод конечных разностей во временной области и САПР, построенные на его основе.
51. Метод моментов и САПР, реализующие данный метод расчета.

## **11.2. Типовые вопросы к лабораторным работам**

Контрольные вопросы к лабораторным работам приведены в методических указаниях к соответствующим лабораторным работам.

Полный фонд оценочных средств по дисциплине «Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств» 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)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 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 ИРС \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.