

**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.

«22» апреля 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.1.1 Микроэлектронные устройства СВЧ**  
для подготовки специалистов

Специальность: 11.03.01 Радиотехника

Специализация: Радиоэлектронные системы

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2024, 2025

Выпускающая кафедра: ИРС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины 144 часа/4 з.е.

Промежуточная аттестация: зачет

Разработчики: Раевская Ю.В., к.т.н., доцент

Нижний Новгород

2025

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 сентября 2017 г. № 931 на основании учебных планов, принятых УМС НГТУ, протоколы от 21.05.2024 г. № 16 и 12.12.2024 г. № 5.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «ФТОС» протокол от 12 марта 2025 г. № 16.

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

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИРИТ, протокол от 22 апреля 2025 г. № 3.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.03.01-Р-43.  
Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ \_\_\_\_\_ Н.И. Кабанина  
(подпись)

## **Оглавление**

<b>ОГЛАВЛЕНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<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>9</b>
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	9
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....	10
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>17</b>
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>20</b>
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА .....	20
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	20
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	21
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>21</b>
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	21
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ .....	22
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>22</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>23</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>23</b>
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	23
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА .....	24
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ .....	24
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ .....	25
10.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ .....	25
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>25</b>
11.1. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ .....	26
11.2. ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	29

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

**1.1. Целью освоения дисциплины** формирование необходимых компетенций для сбора и анализа исходных данных, расчета различных пассивных и активных микроэлектронных устройств СВЧ с учетом современных тенденций их микроминиатюризации, математического моделирования в современных САПР, а так же овладение навыками проведения измерений параметров микроэлектронных устройств СВЧ.

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

- изучение теоретических основ схемотехники в СВЧ диапазоне;
- ознакомление с современными тенденциями в сфере миниатюризации СВЧ-устройств;
- овладение навыками расчета различных СВЧ-устройств и работы с измерительной аппаратурой в СВЧ-диапазоне.

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

Учебная дисциплина (модуль) «Микроэлектронные устройства СВЧ» 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

Курс «Микроэлектронные устройства СВЧ» базируется на курсах «Схемотехника», «Электродинамика и распространение радиоволн», «Устройства генерирования и формирования сигналов», «Устройства приема и обработки сигналов». Для изучения курса «Микроэлектронные устройства СВЧ» студент должен обладать знаниями в области схемотехники низких частот и знаниями физических законов электричества и магнетизма, знать об особенностях распространения электромагнитных волн в различных средах, а также о принципах работы, параметрах и характеристиках пассивных и активных радиокомпонентов.

Навыки, полученные при изучении данной дисциплины, необходимы при выполнении расчетной части выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Микроэлектронные устройства СВЧ» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**3.1.** Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующей собственной профессиональной компетенции в соответствии с ОПОП ВО по направлению подготовки 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 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 компетенций дисциплинами							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ПКС-1</b>								
<i>Электродинамика и распространение радиоволн. Дополнительные главы</i>								
<i>Направляющие и колебательные системы СВЧ</i>								
<i>Основы компьютерного проектирования РЭС</i>								
<i>Статистическая теория радиотехнических систем</i>								
<i>Радиоавтоматика</i>								
<i>Функциональное моделирование</i>								
<i>Оптические устройства в радиотехнике</i>								
<i>Радиотехнические системы</i>								
<i>Устройства СВЧ и антенны</i>								
<i>Основы техники радиоприема</i>								
<i>Радиопередающие устройства</i>								
<i>Цифровая обработка сигналов</i>								
<b>Микроэлектронные устройства СВЧ</b>								
<i>Интегральная СВЧ схемотехника</i>								
<i>Телевидение и видеотехника</i>								
<i>Цифровая аудио- и видеотехника</i>								
<i>Лабораторный практикум по проектированию интегрированных модулей цифровой обработки сигналов</i>								

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные материалы (ОМ)				
			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 радиоэлектронной аппаратуры с использованием современной измерительной техники	<i>Освоение дисциплины причастно к ТФ В/01.5 (ПС 06.005 «Специалист по эксплуатации радиоэлектронных средств (инженер-электроник)», решает задачи проведения моделирования объектов и процессов, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ; проведения тестирования радиоэлектронной аппаратуры с использованием современной измерительной техники; анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; участия в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработке результатов с применением современных информационных технологий и технических средств; составления обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований; организация защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок</i>	ИПКС-1.1. Строит физические и математические модели узлов и блоков радиотехнических устройств и систем	<b>Знать:</b> принципы и особенности составления схем основных функциональных микроэлектронных устройств СВЧ, способы построения и принципы работы современных активных элементов СВЧ	<b>Уметь:</b> строить различные пассивные и активные устройства, использовать специальную литературу для расчета этих устройств.	<b>Владеть:</b> основными методами построения различных функциональных микроэлектронных СВЧ устройств, а также методами их микроминиатюризации	<u>Очная форма обучения:</u> Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам. Отчеты по лабораторным работам <u>Заочная форма обучения:</u> Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам; Отчеты по лабора-	Вопросы для устного собеседования: билеты

					торным рабо- там; контроль- ная работа	
ИПКС-1.2. Выполняет математи- ческое моделирование объектов и процессов, осуществляет тести- рование аппаратного и программного обес- печения радиоэлек- тронной аппаратуры	<b>Знать:</b> методы построения и функционирова- ния, основные принципы схемо- техники активных и пассивных микро- электронных устройств СВЧ	<b>Уметь:</b> обращаться с со- временными вы- числительными средами для моде- лирования физи- ческих процессов и микроэлектрон- ных устройств СВЧ	<b>Владеть:</b> навыками проведе- ния расчетов па- раметров микроэлек- тронных устройств СВЧ при помощи современных си- стем автоматизиро- ванного проектиро- вания	<u>Очная форма обучения:</u> Вопросы для устного собеседова- ния: билеты  <u>Заочная форма обучения:</u> Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам; Отчеты по лабораторным работам; контроль- ная работа	Вопросы для устного собеседова- ния: билеты	

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. или 108 часов, 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 часах	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		8 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	очная	
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>52</b>	<b>52</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
занятия лекционного типа (Л)	24	24
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	12	12
лабораторные работы (ЛР)	12	12
<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		
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	4	4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС), в том числе:</b>	<b>56</b>	<b>56</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 обучников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	56	56
Подготовка к зачету (контроль)		

#### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в часах	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		10 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	очная	
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>23</b>	<b>23</b>
<b>1.3. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>18</b>	<b>18</b>
занятия лекционного типа (Л)	10	10
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	--	--
лабораторные работы (ЛР)	8	8

<b>1.4. Внеаудиторная, в том числе:</b>		
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине		
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	5	5
<b>2. Самостоятельная работа (СРС), в том числе:</b>	<b>81</b>	<b>81</b>
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа	20	20
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.)	61	61
Подготовка к зачету (контроль)	<b>4</b>	<b>4</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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)	
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Аудиторная работа студента				
<b>8 семестр</b>									
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	<b>Раздел 1. Применение ПЛ в микросхемотехнике СВЧ и КВЧ диапазонов</b>							Конспект лекций	
	Тема 1.1. Основные закономерности и направления микроминиатюризации СВЧ устройств	1/0,5			2/1	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.		
	Тема 1.2. МПЛ и ее основные характеристики. Виды ПЛ	2/1			4/4	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.		
	Тема 1.3. Построение различных устройств на МПЛ	1/1			2/4	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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										
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Индивидуальная работа студента							
<b>Самостоятельная работа по освоению 1 раздела</b>					8/9							
<b>Контрольная работа</b>					-/10							
<b>Итого по 1 разделу</b>		<b>4/2,5</b>			<b>8/19</b>							
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	<b>Раздел 2. Цепи согласования и пассивные устройства на отрезках ПЛ</b>								Конспект лекций			
	<b>Тема 2.1.</b> Общие закономерности трансформации сопротивлений ПЛ	1/1			3/2	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.					
	<b>Тема 2.2.</b> Цепи согласования на коротких отрезках МПЛ и на отрезках связанных МПЛ	1/1			3/3	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.					
	<b>Тема 2.3.</b> Построение различных устройств на МПЛ	2/1,5			4/4	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.2.1, 6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.					
	<b>Самостоятельная ра-</b>				10/9							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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										
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Индивидуальная работа студента							
<b>бюджет по освоению 2 раздела</b>												
<b>Контрольная работа</b>					-/10							
<b>Итого по 2 разделу</b>		<b>4/2,5</b>			<b>10/19</b>							
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	Раздел 3. Твердотельные резонаторы СВЧ диапазона								Конспект лекций			
	Тема 3.1. Ферромагнитный резонанс в неограниченной среде, его основные характеристики. Устройства на ФР				2/3	Самостоятельное изучение темы [6.1.1, 6.1.2]	Круглый стол, работа в малых группах.					
	Тема 3.2. Устройства на магнитостатических волнах				2/4	Самостоятельное изучение темы [6.1.1, 6.1.2]	Круглый стол, работа в малых группах.					
	Тема 3.3. Диэлектрические резонаторы (ДР) СВЧ. Принцип работы и основы расчета				-/4		Круглый стол, работа в малых группах.					
	Практическое занятие 1. Диэлектрические резонаторы (ДР) СВЧ. Принцип работы и основы расчета			4/-	2/-	Подготовка к практическим занятиям [6.1.1, 6.1.2]	Дискуссия, обсуждение решения практических задач.					
	Тема 3.4. Автогенераторы с ДР и ферритовой перестройкой				2/4	Самостоятельное изучение темы [6.1.1, 6.1.2, 6.1.3]	Круглый стол, работа в малых группах.					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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										
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Индивидуальная работа студента							
	частоты											
	<b>Лабораторная работа № 3 Исследование СВЧ автогенератора с магнитной перестройкой частоты.</b>		4/-		2/-	Подготовка к лабораторным работам [6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.2.3]		Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента), работа в малых группах.				
	<b>Самостоятельная работа по освоению 3 раздела</b>				10/15							
	<b>Контрольная работа</b>											
	<b>Итого по 3 разделу</b>		<b>4/5</b>	<b>4/-</b>	<b>10/15</b>							
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	<b>Раздел 4. Устройства на поверхностных акустических волнах (ПАВ)</b>								Конспект лекций			
	<b>Тема 4.1. Принципы действия радиокомпонентов на ПАВ. Элементы конструкции</b>				-/2			Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.				
	<b>Практическое занятие 2. Принципы действия радиокомпонентов на ПАВ. Элементы кон-</b>		4/-	4/-	Подготовка к практическим занятиям [6.1.1, 6.1.2, 6.2.2]		Дискуссия, обсуждение решения практических задач.					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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										
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Индивидуальная работа студента							
	Структурированные темы											
	<b>Тема 4.2.</b> Устройства на ПАВ				4/4	Самостоятельное изучение темы [6.1.1, 6.1.2, 6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.					
	<b>Лабораторная работа №2</b> Исследование устройств на ПАВ		4/4		2/4	Подготовка к лабораторным работам [6.1.2, 6.2.3]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента), работа в малых группах.					
	<b>Самостоятельная работа по освоению 4 раздела</b>				10							
	<b>Контрольная работа</b>											
	<b>Итого по 4 разделу</b>		4/4	4/-	10/10							
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	<b>Раздел 5. Транзисторные усилители СВЧ</b>							Конспект лекций				
	<b>Тема 5.1.</b> Принципы построения схем СВЧ транзисторных усилителей. Расчет СВЧ транзисторного усилителя	4/1,25			-/2	Подготовка к лекционным и практическим занятиям [6.1.1, 6.1.2, 6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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										
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа студента							
<b>Практическое занятие 3.</b> Принципы построения схем СВЧ транзисторных усилителей. Расчет СВЧ транзисторного усилителя				4/-	4/-		Дискуссия, обсуждение решения практических задач.					
<b>Тема 5.2.</b> Широкодиапазонные СВЧ транзисторные усилители		4/1,25			4/4	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.1.2, 6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.					
<b>Лабораторная работа №1</b> Исследование СВЧ транзисторных усилителей			4/4		4/4	Подготовка к лабораторным работам [6.1.2, 6.2.3]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента), работа в малых группах.					
<b>Самостоятельная работа по освоению 5 раздела</b>					12/10							
<b>Итого по 5 разделу</b>		8/2,5	4/4	4/-	12/10							
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2	<b>Раздел 6. Автогенераторы СВЧ диапазона</b>								Конспект лекций			
	<b>Тема 6.1.</b> Транзисторные и диодные автогенераторы					4/1,25	3/4	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.1.2,		Презентации с использованием различных		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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										
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия		Индивидуальная работа студента						
	автораторы СВЧ. Схемы, принципы построения, основы расчета						6.1.3, 6.2.2]	вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.				
	<b>Тема 6.2.</b> Стабилизация частоты СВЧ автогенераторов	4/1,25			3/4		Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.				
	<b>Самостоятельная работа по освоению 6 раздела</b>				6/8							
	<b>Итого по 6 разделу</b>	<b>8/2,5</b>			<b>6/8</b>							
	<b>ИТОГО ЗА СЕМЕСТР</b>	<b>24/10</b>	<b>12/8</b>	<b>12/-</b>	<b>56/81</b>							
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>24/10</b>	<b>12/8</b>	<b>12/-</b>	<b>56/81</b>							

## **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 лекционных занятий.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на зачет в конце 8 семестра. 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 и оценка выполнения лабораторных работ приведены в таблице 5.

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

<b>Шкала оценивания (% правильных ответов)</b>	<b>Промежуточный зачет с оценкой</b>	<b>Зачет</b>
От 90 до 100	Отлично	зачет
От 75 до 89	Хорошо	
От 60 до 74	Удовлетворительно	
Менее 60	Неудовлетворительно	

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по системе «зачтено»/«не зачтено», в четырехбалльной системе оценка «зачтено» соответствует оценкам «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно», «не зачтено» – оценке «неудовлетворительно».

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не засчитено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «засчитено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «засчитено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «засчитено» 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 радиоэлектронной аппаратуры с использованием современной измерительной техники	ИПКС-1.1. Строит физические и математические модели узлов и блоков радиотехнических устройств и систем	Не знает фундаментальные основы и принципы построения схем основных функциональных микроэлектронных устройств СВЧ, принципы работы и технологию производства современных активных и пассивных элементов СВЧ. Не умеет строить различные пассивные и активные устройства, использовать специальную литературу для расчета этих устройств. Не владеет основными методами построения различных функциональных микроэлектронных СВЧ устройств, а также методами их микроминиатюризации	Может сформулировать фундаментальные основы и принципы построения схем основных функциональных микроэлектронных устройств СВЧ, допуская ошибки. Слабо знаком с технологией производства современных активных и пассивных элементов СВЧ. Рисует схемы различных пассивных и активных устройств с ошибками, может использовать специальную литературу для расчета этих устройств. Слабо владеет основными методами построения различных функциональных микроэлектронных	Может сформулировать фундаментальные основы и принципы построения схем основных функциональных микроэлектронных устройств СВЧ, допуская небольшие неточности. Хорошо знаком с технологией производства современных активных и пассивных элементов СВЧ. Умеет с небольшими ошибками строить различные пассивные и активные устройства, использовать специальную литературу для расчета этих устройств. Владеет основными методами построения различных функциональных микроэлектронных СВЧ устройств, а также ме-	Твердо знает принципы и особенности составления схем основных функциональных микроэлектронных устройств СВЧ, способа построения и принципы работы современных активных элементов СВЧ, технологию их производства. Умеет строить различные пассивные и активные устройства, использовать специальную литературу для расчета этих устройств. Владеет основными методами построения различных функциональных микроэлектронных СВЧ устройств, а также ме-

			СВЧ устройств, а также методами их микроминиатюризации	устройств, а также методами их микроминиатюризации, иногда нуждаясь в подсказках	тодами их микроминиатюризации
ИПКС-1.2. Выполняет математическое моделирование объектов и процессов, осуществляя тестирование аппаратного и программного обеспечения радиоэлектронной аппаратуры	Не знает методы построения и функционирования, основные принципы схемотехники активных и пассивных микроэлектронных устройств СВЧ. Умеет обращаться с современными вычислительными средами для моделирования физических процессов и микроэлектронных устройств СВЧ. Владеет навыками проведения расчетов параметров микроэлектронных устройств СВЧ при помощи современных систем автоматизированного проектирования.	Не твердо знает методы построения и функционирования, основные принципы схемотехники активных и пассивных микроэлектронных устройств СВЧ. Допускает ошибки в обращении с современными вычислительными средами для моделирования физических процессов и микроэлектронных устройств СВЧ. Слабо владеет навыками проведения расчетов параметров микроэлектронных устройств СВЧ при помощи современных систем автоматизированного проектирования.	Знает методы построения и функционирования, основные принципы схемотехники активных и пассивных микроэлектронных устройств СВЧ. Умеет обращаться с современными вычислительными средами для моделирования физических процессов и микроэлектронных устройств СВЧ, иногда нуждаясь в подсказках преподавателя. Испытывает небольшие затруднения в проведении расчетов параметров микроэлектронных устройств СВЧ при помощи современных систем автоматизированного проектирования.	Твердо знает методы построения и функционирования, основные принципы схемотехники активных и пассивных микроэлектронных устройств СВЧ. Умеет обращаться с современными вычислительными средами для моделирования физических процессов и микроэлектронных устройств СВЧ. Владеет навыками проведения расчетов параметров микроэлектронных устройств СВЧ при помощи современных систем автоматизированного проектирования.	

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» (недовлетворительно)	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).

№ п/п	Авторы	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
6.1.1.	Белов Ю.Г., Кашин А.В., Раевская Ю.В., Седаков А.Ю.	Микроэлектронные устройства СВЧ	Н. Новгород: НГТУ, 2019	Учебное пособие ISBN 987-5-502-01234-8 рекомендовано уч. советом НГТУ м-ва образования РФ	14
6.1.2.	Бабунько С.А., Белов Ю.Г., Раевская Ю.В.	Интегральная СВЧ схемотехника	Н. Новгород: НГТУ, 2017	Учебное пособие ISBN 987-5-502-00951-5 рекомендовано уч. советом НГТУ м-ва образования РФ	36

### 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.	Нефедов Е.И.	Устройства СВЧ и антенны	М.: Изд. Дом «Академия», 2009 г.	Учебное пособие рекомендовано м-вом образования РФ	30
6.2.2.	Данилов В.С.	Микроэлектроника СВЧ	Новосибирск: НГТУ, 2007 г.	Учебное пособие, рекомендовано УМО вузов РФ.	3
6.2.3.	Данилин А.А.	Измерения в технике СВЧ	М. : Радиотехника, 2008	Учебное пособие	8
6.2.4.	Бабунько С.А., Белов Ю.Г.	Радиопередающие устройства. Ч.2	Н. Новгород: НГТУ, 2014	Учебное пособие рекомендовано уч. советом НГТУ м-ва образования РФ	30

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

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

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Микроэлектронные устройства СВЧ».

6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Микроэлектронные устройства СВЧ».

6.3.3. Методические рекомендации по организации лабораторных занятий и выполнению лабораторных работ по дисциплине «Микроэлектронные устройства СВЧ».

6.3.4. Методические указания по организации и планированию практических занятий по дисциплине «Микроэлектронные устройства СВЧ».

## **7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

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

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

<b>№</b>	<b>Наименование ЭБС</b>	<b>Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС</b>
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 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

<b>№</b>	<b>Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы</b>	<b>Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)</b>
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 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к лицам с ограниченными возможностями их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

<b>№</b>	<b>Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ</b>	<b>Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования</b>
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. 1217 - 11 компьютеров, ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

Для проведения лекционных демонстраций имеется демонстрационный кабинет 5307 рядом с лекционной аудиторией 5303, оснащённый приборами, макетами, различными установками.

Лабораторные работы проводятся в 1 корпусе в лаборатории 1219, оснащённой необходимым измерительным оборудованием:

- макеты лабораторных работ;
- панорамный измеритель АЧХ и КСВ Р2-59;
- прибор для исследования АЧХ Х1-48;
- частотомер ЧЗ-34 (с блоком ПЧ);
- мост термисторный Я2М-64 с головкой М5-89;
- частотомер ЧЗ-46.

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

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

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

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях, практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

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 устной проверки полученных знаний с учетом текущей успеваемости.

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

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

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

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются 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 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 разделе 9). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

#### **10.6. Методические указания для выполнения контрольных работ**

Контрольная работа по дисциплине «Микроэлектронные устройства СВЧ» выполняется студентами заочного отделения. Содержание задания для выполнения контрольной работы и варианты заданий приведены в методических указаниях по выполнению контрольных работ.

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

### **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

- теоретический опрос по лабораторным работам;

- защиту отчетов по лабораторным работам;
- выполнение контрольной работы (для студентов заочной формы обучения).

## **11.1. Типовые вопросы для текущего контроля**

### **11.1.1. Типовые вопросы для лабораторных работ**

**Лабораторная работа «Исследование СВЧ транзисторных усилителей»:**

1. Как формулируется задача согласования транзистора по входу и по выходу?
2. Какие параметры транзистора в первую очередь определяют полосу рабочих частот транзисторного усилителя? Как можно увеличить эту полосу?
3. Какие методы используются для определения параметров эквивалентных схем входной и выходной цепей СВЧ транзисторов?
4. Какими соображениями определяется выбор схемы включения транзистора (ОЭ или ОБ) в усилителях СВЧ диапазона?
5. Рассказать о построении конструкции транзисторных усилителей СВЧ на сосредоточенных и на распределенных элементах. Каковы достоинства и недостатки обеих конструкций?
6. Какими преимуществами обладают балансные усилители СВЧ по сравнению с обычными?
7. Какую роль в работе балансных усилителей играют направленные ответвители?
8. В каких случаях выделяется мощность в балластных резисторах?
9. Как строятся направленные ответвители на полосковых линиях?
10. Объяснить назначение элементов схем исследуемых усилителей.

**Лабораторная работа «Исследование устройств на поверхностных акустических волнах»:**

1. Что такое поверхностная акустическая волна?
2. Какие требования предъявляются к материалам, используемым для изготовления звукопроводов ПАВ-устройств?
3. Из каких соображений выбирается период структуры ВШП?
4. Изобразите эквивалентную схему ВШП и графики частотных зависимостей входящих в нее сопротивлений (проводимостей).
5. Какие требования предъявляются к согласующим цепям, связывающим источник сигнала с ВШП?
6. Какое практическое применение находит возбуждение ВШП на высших гармониках?
7. Какие принципы используются при построении ПАВ-фильтров?
8. Почему для реализации узкой АЧХ фильтра необходимо использовать протяженный частотозадающий ВШП?
9. По каким причинам может возникать «изрезанность» АЧХ ПАВ-фильтра?
10. Чем определяется резонансная частота ПАВ-резонатора?
11. Какие факторы определяют добротность ПАВ-резонатора? Какой порядок имеет величина добротности?
12. Как в автогенераторе с ПАВ-линией задержки обеспечивается одночастотный режим работы?

13. Каким образом в автогенераторе с ПАВ-линией задержки достигается высокая стабильность частоты в условиях изменения температуры, параметров транзистора, питающих напряжений и т.д.?

**Лабораторная работа «Исследование СВЧ автогенератора с магнитной перестройкой частоты»:**

1. Из каких материалов изготавливают ФР?
2. В чем заключается явление ферромагнитного резонанса (ФМР)? Каковы его феноменологическое описание и квантовомеханическая трактовка?
3. Почему для возникновения ФМР необходимо, чтобы постоянное и переменное магнитные поля, приложенные к ферритовому образцу, были перпендикулярны?
4. Чем определяется частота ФМР?
5. Почему условием ФМР является намагниченность образца?
6. В чем отличие взаимодействия ферритового образца при ФМР с линейно и эллиптически поляризованными СВЧ магнитными полями?
7. Какой тип колебаний ФР называется однородной прецессией?
8. Почему резонансная частота ФР зависит от его формы, но при этом не зависит от его геометрических размеров?
9. Сказывается ли на значении резонансной частоты ФР его ориентация в постоянном магнитном поле?
10. Каков механизм влияния температуры на резонансную частоту ФР? Как можно ослабить это влияние? Возможно ли полностью его исключить?
11. Дайте определение добротности ФР. От чего она зависит?
12. Какими факторами ограничивается диапазон рабочих частот (диапазон перестройки резонансной частоты) ФР сверху и снизу?
13. В чем отличие принципов действия ППФ на скрещенных линиях передачи (прямоугольном волноводе, коаксиальном кабеле) и на прямоугольном волноводе с диафрагмой?
14. В каком месте поперечного сечения прямоугольного волновода следует разместить ФР, чтобы получился ПЗФ с невзаимными свойствами? Взаимный ПЗФ?
15. Какая из конструкций ППФ имеет более широкую полосу рабочих частот: фильтр волноводного типа или фильтр с витковыми элементами связи?

**11.1.2. Контрольная работа (для студентов заочной формы обучения)**

Спроектировать (произвести расчет и разработать конструкцию) согласующей цепи СВЧ транзисторного усилителя на отрезке микрополосковой линии (МПЛ).

Исходные данные:

- вид согласующей цепи (входная – базовая; выходная – коллекторная);
- тип транзистора, значения его входного (выходного) импедансов (активная составляющая, реактивности);
- волновое сопротивление основного тракта  $\rho_0 = 50 \text{ Ом}$ ;
- рабочая частота  $f$ , ГГц;
- тип диэлектрика подложки МПЛ;
- толщина подложки  $h$ , мм;

**толщина напыления полоскового проводника МПЛ  $t$ , мкм.**

Вариант №	Тип транзистора	Импеданс входной цепи транзистора		$f$ , ГГц	Тип подложки	$h$ , мм	$t$ , мкм
		$R_{\text{вх}}$ , Ом	$X_{\text{вх}}$ , Ом				
00	KT913А	1,5	2,4	0,3	СТ-7	2,0	15
02	KT913Б	2,0	6,1	0,5	СТ-10	2,0	15
04	KT913В	2,5	6,3	0,7	ФЛАН-5	2,0	15
06	2T916A	2,2	4,8	0,9	Арсенид галлия	2,0	15
08	2T916A	2,2	5,1	1,1	СТ-7	1,5	15
10	KT919А	2,1	4,0	1,3	СТ-10	1,5	12
12	KT919Б	2,3	5,0	1,5	ФЛАН-5	1,5	12
14	KT919В	2,2	4,0	1,7	Арсенид галлия	1,5	12
16	KT919В	2,1	6,8	2,0	СТ-7	1,0	12
18	KT919Г	2,2	3,2	2,5	СТ-10	1,0	12
20	KT937A-2	1,5	3,1	3,0	ФЛАН-5	1,0	10
22	KT937A-2	1,6	3,3	3,5	Арсенид галлия	1,0	10
24	KT937A-2	1,6	4,0	4,0	Поликор	1,0	10
26	KT937A-2	1,6	4,2	4,5	СТ15-1	1,0	10
28	KT937A-2	1,7	4,4	5,0	Поликор	0,5	8
30	KT937A-2	1,7	4,7	5,5	СТ15-1	0,5	8

Вариант №	Тип транзистора	Импеданс выходной цепи транзистора		$f$ , ГГц	Тип подложки	$h$ , мм	$t$ , мкм
		$R_{\text{вых}}$ , Ом	$X_{\text{вых}}$ , Ом				
01	KT937A-2	3,0	-0,7	6,0	поликор	0,5	6
03	2T643A-2	2,0	-2,8	5,8	СТ15-1	0,5	6
05	KT937A-2	3,0	-0,8	5,3	поликор	1,0	8
07	2T634A-2	2,1	-3,0	4,8	СТ15-1	1,0	8
09	KT937A-2	2,9	-0,9	4,5	СТ-7	1,0	10
11	KT937A-2	2,9	-1,0	4,0	СТ-10	1,0	10
13	2T637A-2	2,5	-5,5	3,5	ФЛАН-5	1,0	10
15	2T637A-2	2,5	-6,0	3,0	Арсенид галлия	1,0	10
17	KT919А	2,1	-2,2	2,5	СТ-7	1,5	12
19	KT919Б	2,1	-2,5	2,0	СТ-10	1,5	12
21	KT919В	2,1	-2,7	1,8	ФЛАН-5	1,5	12
23	KT919Г	2,0	-2,9	1,5	Арсенид галлия	1,5	12
25	2T916A	2,2	6,0	1,0	СТ-7	2,0	15
27	2T916A	2,1	6,5	0,7	СТ-10	2,0	15
29	2T916A	2,1	3,5	0,4	ФЛАН-5	2,0	15

1. Рассчитать волновое сопротивление согласующего отрезка МПЛ, предварительно оценив возможность реализации согласующей цепи при заданных значениях согласуемых сопротивлений.
2. Рассчитать ширину полосковых проводников согласующей линии и основного тракта.
3. Для согласующей линии произвести расчет характеристик МПЛ:  $\epsilon_{\phi}$ ;  $\alpha$ ;  $Q$ ;  $f_{max}$ . Проверить выполнение условия  $f < f_{max}$ .
4. Вычислить длину волны  $\Lambda$  в согласующей линии.
5. По формулам, приведенным в прил. Б, рассчитать длину согласующего отрезка МПЛ.

Нарисовать электрическую схему рассчитанной согласующей цепи вместе с транзистором. Разработать конструкцию микрополосковой платы, разместив на ней линии основного тракта и согласующей цепи.

## **11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации**

### **11.2.1. Теоретические вопросы для промежуточной аттестации (ПКС-1: ИПКС-1.1, ИПКС-1.2)**

1. Основные закономерности и направления микроминиатюризации СВЧ устройств.
2. Применение полосковых линий (ПЛ) в микросхемотехнике СВЧ и КВЧ диапазонов.
3. МПЛ и ее основные характеристики.
4. Щелевая и копланарная ПЛ.
5. Связанные ПЛ.
6. ПЛ КВЧ диапазона.
7. Общие закономерности трансформации сопротивлений ПЛ.
8. Реактивные шлейфы.
9. Согласование с использованием двух отрезков ПЛ.
10. Цепи согласования на коротких отрезках МПЛ (построение L, C, R - элементов на МПЛ).
11. Цепи согласования на отрезках связанных МПЛ.
12. Мостовые устройства и направленные ответвители на МПЛ.
13. Ферромагнитный резонанс в неограниченной среде, его основные характеристики.
14. Ферритовые резонаторы (ФР).
15. Построение фильтров и ограничителей мощности.
16. Способы связи ФР с линиями передачи; расчет связи.
17. Устройства на магнитостатических волнах.
18. Диэлектрические резонаторы (ДР) СВЧ. Расчет резонансной частоты и добротности цилиндрического ДР.
19. Расчет связи ДР с МПЛ.
20. Дисковые ДР с азимутальными колебаниями высокого порядка.
21. Принципы действия радиокомпонентов на ПАВ.
22. Устройства возбуждения и приема.
23. Фильтры и резонаторы на ПАВ.
24. Автогенераторы на ПАВ.
25. Принципы построения схем СВЧ транзисторных усилителей.
26. Расчет СВЧ транзисторного усилителя на основе бесструктурной модели транзистора СВЧ транзисторных усилителей.
27. Методы коррекции амплитудно-частотной характеристики.

28. Усилители бегущей волны.
29. СВЧ усилители балансного типа транзисторных автогенераторов СВЧ.
30. Схемы и общие принципы построения транзисторных СВЧ автогенераторов.
31. Расчет транзисторного автогенератора СВЧ на основе бесструктурной модели транзистора.
32. Стабилизация частоты СВЧ автогенераторов.
33. Автогенераторы с ДР и ферритовой перестройкой частоты.
34. Метод рефлектометра.
35. Панорамные измерители КСВ.
36. Поляризационные измерители полных сопротивлений.
37. Резонансные частотомеры.
38. Применение гетеродинных методов для расширения диапазона работы электронно-счетных частотометров.

### **11.2.2. Схемотехнические задания для промежуточной аттестации (ПКС-1: ИПКС-1.1, ИПКС-1.2)**

1. Изобразить конструкцию щелевой ПЛ. Перечислить преимущества и недостатки конструкции.
2. Изобразить конструкцию копланарной ПЛ. Перечислить преимущества и недостатки конструкции.
3. Изобразить конструкции волноводно-полосковой и волноводно-щелевой ПЛ. Перечислить преимущества и недостатки конструкций.
4. Изобразить схему и рисунок полосковой платы многозвездного ФНЧ на МПЛ.
5. Изобразить схему и рисунок полосковой платы полосового фильтра на связанных МПЛ.
6. Изобразить конструкцию направленного ответвителя на связанных МПЛ. Объяснить принцип его работы.
7. Изобразить конструкцию копланарной линии задержки на МСВ. Объяснить принцип работы.
8. Изобразить конструкцию двухполостного резонатора на прямой объемной МСВ.
9. Изобразить конструкцию шумоподавителя на МСВ. Объяснить принцип работы.
10. Изобразить конструкцию фильтра-ответвителя на поверхностной МСВ.
11. Изобразить конструкцию ППФ на основе ФР в скрещенных линиях передачи.
12. Изобразить конструкцию ППФ на основе ФР с витковыми элементами связи.
13. Изобразить конструкцию ПЗФ на основе ФР в прямоугольном волноводе.
14. Изобразить конструкцию ПЗФ на основе ФР в волноводно-щелевой линии.
15. Изобразить конструкцию ПАВ-фильтра с прямоугольной формой АЧХ.
16. Изобразить конструкцию ПАВ-резонатора.
17. Построить схему и изобразить конструкцию автогенератора с одновходовым ПАВ-резонатором.
18. Построить структурную схему автогенератора на основе ПАВ-резонатора с двумя преобразователями.
19. Изобразить конструкцию автогенератора на ПАВ-линии задержки.
20. Изобразить схему и рисунок полосковой платы СВЧ транзисторного усилителя и пояснить принцип его работы.
21. Изобразить схему и рисунок полосковой платы СВЧ транзисторного усилителя с коллекторной цепью согласования на связанных МПЛ и пояснить принцип его работы.
22. Изобразить схему и рисунок полосковой платы балансного СВЧ транзисторного усилителя с направленными ответвителями на связанных МПЛ и пояснить принцип его работы.

23. Изобразить схему и рисунок полосковой платы широкополосного СВЧ транзисторного усилителя с диссипативной выравнивающей цепью (в цепи базы) и двухступенчатым трансформатором (в цепи коллектора) и пояснить принцип его работы.
24. Изобразить схему и рисунок полосковой платы балансного СВЧ транзисторного усилителя с двухшлейфными направленными ответвителями и пояснить принцип его работы.
25. Изобразить схему усилителя бегущей волны (усилителя с регулируемым усилением). Показать, каково оптимальное число каскадов для данного усилителя.
26. Построить схему транзисторного автогенератора СВЧ на элементах с сосредоточенными постоянными и объяснить принцип ее работы.
27. Построить схему транзисторного автогенератора СВЧ на полосковых линиях с варикапами и объяснить принцип ее работы.
28. Построить схему и изобразить конструкцию транзисторного автогенератора СВЧ, стабилизированного ДР. Пояснить принцип стабилизации частоты автогенератора.
29. Построить схему и изобразить конструкцию транзисторного автогенератора СВЧ, стабилизированного коаксиальным резонатором. Пояснить принцип стабилизации частоты автогенератора.
30. Построить схему и изобразить конструкцию транзисторного автогенератора СВЧ, стабилизированного цилиндрическим резонатором. Пояснить принцип стабилизации частоты автогенератора.

Полный фонд оценочных средств по дисциплине «Микроэлектронные устройства СВЧ» находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ИРИТ

\_\_\_\_\_ Мякиньков А.В.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины  
«Б1.В.ДВ.1.1 Микроэлектронные устройства СВЧ»**

для подготовки специалистов

Направление подготовки:

Профиль подготовки:

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 20\_\_\_\_\_

Курс 4

Семестр 8

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): Раевская Ю.В., к.т.н., доцент

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС

\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС \_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_г.

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