

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Промышленной электроники»

«СОГЛАСОВАНО»

Декаан факультета ФЭ

/ Н.М. Верещагин

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Заведующий кафедрой ПЭл

/ С.А. Круглов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РОПиМД

/ А.В. Корячко

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.01.01 «Микрополосковые СВЧ устройства»

Направление подготовки

11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»

Направленность (профиль) подготовки

«Конструирование устройств автоматики и электроники»

Уровень подготовки

**Бакалавриат**

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Рязань 2020 г.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», утвержденного приказом Минобрнауки № 928 от 19.09.2017 г.

Разработчики

к.т.н., доцент кафедры ЭП



О.А. Горлин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «9» 06 2020г.  
(протокол № 6).

/ Заведующий кафедрой ЭП



М.В. Чиркин

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

*Цель освоения дисциплины:* формирование твердых теоретических знаний о физических процессах, протекающих в микрополосковых СВЧ устройствах, о конструктивных особенностях устройств микроволнового диапазона, о методах теоретического анализа процессов.

*Задачи дисциплины:*

1. Освоение физических основ микроволновых приборов, теорию физических процессов в приборах, типы, параметры, характеристики, конструкцию и технологические процессы при разработке и производстве приборов СВЧ, тенденции их развития;
2. Овладение у студентов навыков научного подхода к выбору и использованию различных методов при производстве и конструировании микроволновых приборов;
3. Формирование навыков практического проектирования и конструирования микроволновых приборов с использованием пакетов прикладных программ;
4. Применение приобретенных практических знаний для решения конкретных задач при прохождении учебных практик, при выполнении выпускных работ, а также в дальнейшей профессиональной деятельности;
5. Закрепление навыков самостоятельной учебной деятельности.

Коды компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	Способен строить простейшие физические и математические модели узлов и модулей электронных средств различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	<u>Знать:</u> инновационные и вариативные концепции, модели и пути развития научных исследований в области изучения электронных процессов в микрополосковых СВЧ устройствах в соответствии с перспективами развития электроники СВЧ. <u>Уметь:</u> формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с перспективами развития микрополосковых СВЧ устройств, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач. <u>Владеть:</u> аналитической информацией в области перспектив и тенденций развития научных основ изучения микрополосковых СВЧ устройств

ПК-5	Способен проектировать технологические процессы производства электронных средств с использованием средств автоматизации проектирования	<u>Знать:</u> основные методы расчета микрополосковых СВЧ устройств <u>Уметь:</u> пользоваться методиками расчета и проектирования микрополосковых СВЧ устройств в соответствии с техническим заданием <u>Владеть:</u> навыками использования средств автоматизации проектирования микрополосковых СВЧ устройств различного функционального назначения
ПК-8	Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	<u>Знать:</u> основы разработки и стандарты технической документации микрополосковых СВЧ устройств <u>Уметь:</u> пользоваться нормативными документами и стандартами при проектировании микрополосковых СВЧ устройств <u>Владеть:</u> навыками контроля соответствия разрабатываемых проектов для микрополосковых СВЧ устройств различного функционального назначения

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Данная дисциплина (шифр Б1.В.ДВ.01.01) относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин блока № 1. Дисциплина «Микрополосковые СВЧ устройства» изучается по очной форме обучения на 4 курсе в 8 семестре. Дисциплина базируется на знаниях, полученных в ходе изучения следующих дисциплин: «Математика» шифр Б1.О.01.09, «Физика» шифр Б1.О.01.10, «Электротехника и электроника» шифр Б1.О.02.10, «Пакеты прикладных программ» шифр Б1.В.09, «Микроэлектроника СВЧ» шифр Б1.В.03.

До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:

### ***Знать:***

- расчет дифференциальных уравнений, уравнений в частных производных, векторную алгебру; такие разделы физики как электричество, магнетизм; теоретические основы электротехники;
- основные методы численного решения дифференциальных уравнений;
- основные уравнения расчета электромагнитных полей;

### ***Уметь:***

- работать с электроизмерительными приборами;
- анализировать характеристики и закономерности электронных приборов;
- проводить компьютерное моделирование и расчеты физических процессов в приборах;

### ***Владеть:***

- навыками экспериментального исследования характеристик электромагнитных процессов в различных системах;

- навыками расчета результатов исследований.

Требования к входным знаниям совпадают с требованиями к освоению предшествующих математических и естественнонаучных дисциплин: «Математика» шифр Б1.О.01.09, «Физика» шифр Б1.О.01.10, «Электротехника и электроника» шифр Б1.О.02.10, «Пакеты прикладных программ» шифр Б1.В.09, «Микроэлектроника СВЧ» шифр Б1.В.03.

*Постреквизиты дисциплины:* знания, полученные в результате изучения дисциплины «Микрополосковые СВЧ устройства» используются в преддипломной практике и написании выпускной квалификационной работы.

### **3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

*Общая трудоемкость (объем) дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы (ЗЕ).*

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	32	32
В том числе:		
Лекции	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Практические занятия (ПЗ)		
Семинары (С)		
Курсовой проект/(работа) (аудиторная нагрузка)		
<i>Другие виды аудиторной работы</i>		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	67	67
В том числе:		
Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа)		
Расчетно-графические работы		
Расчетные задания		
Реферат		
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	67	67
<b>Контроль</b>	9	9
Вид промежуточной аттестации (зачет)		зачет
Общая трудоемкость час	108	108
Зачетные Единицы Трудоемкости	3	3
Контактная работа (по учебным занятиям)		

### **4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

В структурном отношении программа представлена 4-мя модулями:

I модуль. Общие сведения о микрополосковых линиях (МПЛ) и устройствах СВЧ диапазона. Основные особенности микрополосковых линий и устройств СВЧ диапазона. Тема 1 основного тематического плана дисциплины.

II модуль. Виды МПЛ. Параметры симметричных и не симметричных микрополосковых линий. Структура электромагнитного поля в МПЛ. Связанные МПЛ. Материалы подложек и проводников микрополосковых линий и СВЧ устройств. Темы 2-3 основного тематического плана дисциплины.

III модуль. Микрополосковые фильтры, их топология и конструкция. Проектирование микрополосковых фильтров. Темы 4-5 основного тематического плана дисциплины.

IV модуль. Микрополосковые мостовые СВЧ устройства. Микрополосковые СВЧ устройства на резонансных отрезках штыревых замедляющих систем. Гибридно-интегральные схемы на микрополосковых линиях передач. Темы 6-8 основного тематического плана дисциплины.

#### **Основной тематический план дисциплины:**

**Тема 1.** Общие сведения о микрополосковых линиях (МПЛ) и устройствах СВЧ диапазона. Основные особенности микрополосковых линий и устройств СВЧ диапазона.

**Тема 2.** Виды МПЛ. Параметры симметричных и не симметричных микрополосковых линий. Структура электромагнитного поля в МПЛ. Связанные МПЛ. Материалы подложек и проводников микрополосковых линий и устройств СВЧ.

**Тема 3.** Расчет элементов микрополоскового тракта

**Тема 4.** Микрополосковые фильтры, их топология и конструкция.

**Тема 5.** Проектирование микрополосковых фильтров.

**Тема 6.** Микрополосковые мостовые СВЧ устройства и делители мощности.

**Тема 7.** Микрополосковые устройства СВЧ на ферритах

**Тема 8.** Микрополосковые антенные устройства. Направления развития микрополосковых устройств СВЧ.

#### **4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)**

**Тема 1.** Общие сведения о микрополосковых линиях (МПЛ) и устройствах СВЧ диапазона. Основные особенности микрополосковых линий и устройств СВЧ диапазона.

Общее представление о дисциплине «Микрополосковые СВЧ устройства». Основные цели дисциплины. Отличительные особенности микрополосковых линий и устройств СВЧ. Общие сведения о микрополосковых линиях и устройствах СВЧ. Основные особенности линий и устройств данного диапазона и их применения в СВЧ приборах.

**Тема 2.** Виды МПЛ. Параметры симметричных и не симметричных микрополосковых линий. Структура электромагнитного поля в МПЛ. Связанные МПЛ.

История создания МПЛ. Основные виды: симметричная, несимметричная, щелевая и компланарная МПЛ. Параметры и конструктивные особенности МПЛ. Материалы и способы изготовления микрополосковых плат СВЧ устройств. Структура электромагнитного поля в МПЛ. Связанные МПЛ, их свойства и применение. Сравнение характеристик микрополосковой и коаксиальной линий.

**Тема 3.** Расчет элементов микрополоскового тракта

Пленочные резисторы сосредоточенные. Пленочные конденсаторы сосредоточенные. Пленочные катушки индуктивности сосредоточенные. Параметры прямого зазора в МП линиях. Широкополосная согласованная нагрузка. Узкополосная согласованная нагрузка. Атенюаторы фиксированные с сосредоточенными параметрами.

**Тема 4.** Микрополосковые фильтры, их топология и конструкция.

Основные конструктивные особенности фильтров нижних и верхних частот. Полосно-пропускающие фильтры: фильтры на замкнутых шлейфах, фильтры с боковыми электромагнитными связями, встречноштырьевой фильтр, шпилесный фильтр. Полосно-загружающие фильтры. Частотные характеристики фильтров.

**Тема 5.** Проектирование микрополосковых фильтров.

Выбор материала микрополосковых плат СВЧ устройств. Основные типы корпусов микрополосковых устройств: пенальные, рамочные, коробочные. Выбор материалов и способы изготовления. Выбор САПР, используемой для моделирования, расчета и анализа СВЧ устройств. Параметрическое моделирование разработанной структуры. Изготовление и измерение экспериментальных образцов СВЧ фильтров.

**Тема 6.** Микрополосковые мостовые СВЧ устройства и делители мощности.

Расчет мостовой схемы. Кольцевая гибридная мостовая схема. Кольцевой делитель мощности с омической нагрузкой. Делители мощности ненаправленные. Расчет ненаправленного делителя мощности. Делители мощности направленные с неравным делением. Расчет делителя мощности типа-1 и типа-2. Направленные ответвители шлейфные. Расчет двухшлейфных направленных ответвителей. Расчет параметров направленных ответвителей трех- и четырех- шлейфных типа-1.

**Тема 7.** Микрополосковые устройства СВЧ на ферритах

Основные параметры трехплечного циркулятора: намагниченность насыщения, ширина линии ферромагнитного резонанса, анизотропия, температура точки Кюри. Y-циркуляторы классического типа и методика расчета. Основное уравнение для точки циркуляции. Выбор марки феррита.

Расчет зарезонансного Y-циркулятора. Методика расчета циркулятора с реактивными элементами.

**Тема 8.** Микрополосковые антенные устройства. Направления развития микрополосковых устройств СВЧ.

Основные достоинства микрополосковых антенн. Расчет антенны резонаторного типа с линейной поляризацией. Диаграмма направленности. Входная проводимость антенны. Расчет микрополосковой антенны. Антенные решетки с элементами резонаторного типа. Основные соотношения для линейной решетки. Способы возбуждения элементов решетки. Расчет антенной решетки. Вибраторные антенны в микрополосковом исполнении. Антенные решетки с печатными вибраторными элементами. Другие печатные излучающие системы. Направления развития микрополосковых устройств СВЧ.

#### 4.2. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).

Примерный тематический план включает вариативные формы учебного процесса: лекции, практические занятия (упражнения) и семинары различного уровня (ПЗ в таблице), лабораторные работы (ЛР), самостоятельную работу студентов (СРС в таблице) и др.

№	Тема	ЛК	ЛР	ПЗ	СРС	Всего
1.	Общие сведения о микрополосковых линиях (МПЛ) и устройствах СВЧ диапазона. Основные особенности микрополосковых линий и устройств СВЧ диапазона.	2			10	12
2.	Виды МПЛ. Параметры симметричных и не симметричных микрополосковых линий. Структура электромагнитного поля в МПЛ. Связанные МПЛ. Материалы подложек и проводников микрополосковых линий и устройств СВЧ.	2	4		8	14
3.	Расчет элементов микрополоскового тракта	2			9	11
4.	Микрополосковые фильтры, их топология и конструкция.	2			8	10
5.	Проектирование микрополосковых фильтров.	2	4		8	14
6.	Микрополосковые мостовые СВЧ устройства и делители мощности.	2	4		8	14
7.	Микрополосковые устройства СВЧ на ферритах	2			8	10
8.	Микрополосковые антенные устройства. Направления развития микрополосковых	2	4		8	14



устройств СВЧ.					
	Всего	16	16	67	99

### Лабораторный практикум

№ пп	№ темы	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1.	2	Измерение параметров микрополосковой линии	4
2.	5	Исследование характеристик микроволновых фильтров	4
3.	6	Исследование делителя мощности	4
4.	6	Исследование микрополосковой антенной решетки	4
Всего			16

### 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

*Самостоятельное изучение тем учебной дисциплины способствует: закреплению знаний, умений и навыков, полученных в ходе аудиторных занятий; углублению и расширению знаний по отдельным вопросам и темам дисциплины; освоению умений прикладного и практического использования полученных знаний.*

*Самостоятельная работа как вид учебной работы может использоваться на лекциях, семинарских и практических занятиях, лабораторных работах, а также имеет самостоятельное значение – внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся – при подготовке к лекциям, семинарам и практическим занятиям, при самостоятельном решении расчетно-графических (или контрольных) работ, курсовом проектировании подготовке к экзамену.*

*Основными видами самостоятельной работы по дисциплине являются:*

*Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам.*

*Доработка конспекта лекции с применением учебника, методической и дополнительной литературы; изучение и конспектирование первоисточников; подбор иллюстраций (примеров) к теоретическим положениям; подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам, самостоятельное изучение отдельных вопросов и тем.*

#### ***Перечень методического обеспечения самостоятельной работы:***

1. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств / С. И. Бахарев, В. И. Вольман, Ю. Н. Либ и др.; Под ред. В. И. Вольмана. М.: Радио и связь – 1982 – 328 с.

2. Малорацкий Л. Г., Явич Л. Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. М.: Сов. Радио – 1972 – 132 с.

3. Пассивные элементы СВЧ устройств: Методические указания к курсовой работе / Рязанский радиотехнический институт; Сост. А. Н. Балябин. Рязань – 1990 – 36 с.

#### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

*Фонд оценочных средств приведен в Приложении к рабочей программе дисциплины (см. «Оценочные материалы по дисциплине «Микрополосковые СВЧ устройства»)*

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

#### **Основная учебная литература:**

1. Микроэлектронные устройства СВЧ / Н. Т. Бова, Ю. Г. Ефремов, В. В. Конин и др. К.: Техника. – 184 с.

2. Микроэлектронные устройства СВЧ: Учеб. Пособие для М59 радиотехнических специальностей вузов / Г. И. Веселов, Е. Н. Егоров, Ю. Н. Алехин, Г. Г. Воронина, В. А. Романюк и др.; Под ред. Г. И. Веселова. – М.: Высш. шк. – 1988 – 280 с.

3. Соколова Ж.М. Микроволновые приборы и устройства [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ж.М. Соколова. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2009. — 272 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13945.html>

4. Гассанов Л.Г. и др. Твердотельные устройства СВЧ в технике связи - М.: Радио и связь, 1988, 288с.

7. Щука А.А., Электроника. Учебное пособие / Под ред. проф. А.С. Сигова – СПб.: БХБ-Петербург, 2006, 800с.

#### **Дополнительная учебная литература:**

1. Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Лекции по СВЧ-электронике для физиков Т I-II, М.: Физматлит, 2005.

2. Лебедев И.В. Электронные устройства СВЧ. Кн 1, Кн. 2. М.Радиотехника, 2008.

#### **8. Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет, базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Справочная правовая система «ГАРАНТ».

2. Справочная правовая система «КонсультантПлюс».
3. Электронно-библиотечная система (ЭБС).
4. <https://publications.hse.ru/books/176799388>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

### **9.1. Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины**

*Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:*

*Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10-15 минут.*

*Изучение конспекта лекции за день перед следующей лекцией – 10-15 минут.*

*Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю.*

### **9.2. Описание последовательности действий студента («сценарий изучения дисциплины»)**

*При изучении дисциплины очень полезно самостоятельно изучать материал, который еще не прочитан на лекции не применялся на лабораторном занятии. Тогда лекция будет гораздо понятнее. Однако легче при изучении курса следовать изложению материала на лекции. Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:*

*1). После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня (10-15 минут).*

*2). При подготовке к следующей лекции, нужно просмотреть текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции (10-15 минут).*

*В течение недели выбрать время (минимум 1 час) для работы с литературой в библиотеке.*

### **9.3. Рекомендации по работе с литературой**

*Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги по дисциплине. Литературу по курсу рекомендуется изучать в библиотеке. Полезно использовать несколько учебников по курсу. Рекомендуется после изучения очередного параграфа ответить на несколько простых вопросов по данной теме. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): «о чем этот параграф?», «Какие новые понятия введены, каков их смысл?».*

## **10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для освоения дисциплины необходима следующая материально-техническая база.

### 1. Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук);
- комплект электронных презентаций/слайдов.

### 2. Лабораторные работы:

- лаборатория СВЧ приборов оснащена генераторами ГКЧ 57, ГКЧ 59, ГКЧ 60, ГКЧ 61; частотометры 43-54, генераторы СВЧ Г4-81 блоками питания: ВИП-09, ВИП-010; генераторы СВЧ Г4-8, Г4-81; блоками питания: Б5-30, Б5-43; измеритель мощности МЗ-21/а, Я2М-66; персональными компьютерами, оригинальными программными продуктами, созданными в среде Delphi для расчета и проектирования микрополосковых линий и устройств СВЧ.
- шаблоны отчетов по лабораторным работам.

Программу составил  
к.т.н., доцент кафедры ЭП

О.А. Горлин

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры "Электронные приборы", протокол № от \_\_\_\_\_ 2020 г.

Зав. кафедрой ПЭЛ,  
к.т.н., доцент

С.А. Круглов

## Приложение **Оценочные материалы**

### **1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования**

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретенных обучающимися на практических занятиях.

На практических занятиях допускается использование либо системы «зачтено – не зачтено», либо рейтинговой системы оценки, при которой, например, правильно решенная задача оценивается определенным количеством баллов. При поэтапном выполнении учебного плана баллы суммируются. Положительным итогом выполнения программы является определенное количество набранных баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением зачета. Форма проведения зачета – устный ответ по утвержденным зачетным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В зачетный билет включается два теоретических вопроса. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п. Решение задачи также предоставляется в письменном виде.

В соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению

подготовки бакалавров 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» при освоении дисциплины «Микроэлектронные устройства СВЧ» формируются следующие компетенции: ПК-1, ПК-5, ПК-8.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1) формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов);

2) приобретение и развитие практических умений предусмотренных компетенциями самостоятельной работы студентов;

3) закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе выполнения конкретных заданий на лабораторных работах, ответов на контрольные и тестовые задания (текущий контроль), а также в процессе подготовки и сдачи отчетов по самостоятельной работе и зачета (промежуточный контроль).

4)

***Паспорт оценочных материалов по дисциплине***

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	Общие сведения о микрополосковых линиях (МПЛ) и устройствах СВЧ диапазона. Основные особенности микрополосковых линий и устройств СВЧ диапазона.	ПК-1	Ответы на контрольные задания, зачет
2	Виды МПЛ. Параметры симметричных и не симметричных микрополосковых линий. Структура электромагнитного поля в МПЛ. Связанные МПЛ. Материалы подложек и проводников микрополосковых линий и устройств СВЧ.	ПК-1, ПК-5	Ответы на контрольные задания, зачет
3	Расчет элементов микрополоскового тракта.	ПК-1, ПК-8	Ответы на контрольные задания, зачет
4	Микрополосковые фильтры, их топология и конструкция.	ПК-1, ПК-8	Ответы на контрольные задания, зачет

5	Проектирование микрополосковых фильтров.	ПК-1	Ответы на контрольные задания, зачет
6	Микрополосковые мостовые СВЧ устройства и делители мощности.	ПК-1, ПК-5	Ответы на контрольные задания, зачет
7	Микрополосковые устройства СВЧ на ферритах	ПК-1	Ответы на контрольные задания, зачет
8	Микрополосковые антенные устройства. Направления развития микрополосковых устройств СВЧ.	ПК-1	Ответы на контрольные задания, зачет

## ***2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания***

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- 1) пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- 2) продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенций по завершении освоения дисциплины;
- 3) эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенций и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков – на пороговом уровне.

При освоении менее 40% приведенных знаний, умений и навыков компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

**Уровень сформированности** каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлено различными видами оценочных средств.

Преподавателем ответы студента на контрольные вопросы и тестирование при текущем контроле:

Принимается во внимание **знания** и **уровень сформированности** каждой компетенции обучающимися ПК-1, ПК-5, ПК-8:

- основные законы классической и особенности современной научной картины мира для целенаправленного поиска новых знаний и умений в сфере будущей профессиональной деятельности;
- методы и способы планирования, подготовки и выполнения типовых экспериментальных исследований по заданной методике;

– основные методы расчета микрополосковых линий и устройств СВЧ.  
наличие **умений**:

- анализировать и выделять то новое, что позволяет выстраивать адекватную современному уровню знаний научную картину мира;
- применять методы планирования, подготовки и выполнения типовых экспериментальных исследований по заданной методике;
- пользоваться методиками расчета и проектирования электронных приборов и устройств в соответствии с техническим заданием.

**обладание:**

- основными методологическими приемами современной науки, в том числе математики;
- 4 – навыками по применению методов и участию в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике;
- 5 – навыками использования средств автоматизации проектирования микрополосковых линий и устройств СВЧ различного функционального назначения.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций ПК-1, ПК-5, ПК-8 в процессе выполнения контрольных и тестовых заданий, а также защиты отчетов по самостоятельной работе:

- 41%-60% правильных ответов соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования;
- 61%-80% правильных ответов соответствует продвинутому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования;
- 81%-100% правильных ответов соответствует эталонному уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования.

Сформированность уровня компетенций не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является зачет, оцениваемый по принятой в ФГБОУ ВО «РГРТУ». Для определения результатов освоения дисциплины применяется система оценок «зачтено/не зачтено».

Критерии оценивания промежуточной аттестации представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Критерии оценивания промежуточной аттестации

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«зачтено»	<b>студент должен:</b> продемонстрировать общее знание изучаемого материала; знать основную рекомендуемую программой дисциплины учебную литературу; уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; уметь устранить допущенные погрешности в ответе на



	теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий под руководством преподавателя, либо (при неправильном выполнении практического задания) по указанию преподавателя выполнить другие практические задания того же раздела дисциплины.
<b>«не зачтено»</b>	<b>ставится в случае:</b> незнания значительной части программного материала; не владения понятийным аппаратом дисциплины; существенных ошибок при изложении учебного материала; неумения строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; неумения делать выводы по излагаемому материалу. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закрепленных за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

### **3 Типовые контрольные вопросы по дисциплине, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Список **типовых контрольных вопросов** для оценки уровня сформированности знаний, умений и навыков, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной.

1. Общие сведения о микрополосковых линиях (МПЛ) и устройствах СВЧ диапазона.
2. Основные особенности микрополосковых линий и устройств СВЧ диапазона.
3. Общее представление о дисциплине «Микрополосковые СВЧ устройства».
4. Основные цели дисциплины. Отличительные особенности микрополосковых линий и устройств СВЧ.
5. Общие сведения о микрополосковых линиях и устройствах СВЧ. Основные особенности линий и устройств данного диапазона и их применения в СВЧ приборах.
8. История создания МПЛ. Основные виды: симметричная, несимметричная, щелевая и компланарная МПЛ.

9. Параметры и конструктивные особенности МПЛ.
10. Материалы и способы изготовления микрополосковых плат СВЧ устройств.
11. Структура электромагнитного поля в МПЛ. Связанные МПЛ, их свойства и применение.
12. Сравнение характеристик микрополосковой и коаксиальной линий.
13. Пленочные резисторы сосредоточенные. Пленочные конденсаторы сосредоточенные. Пленочные катушки индуктивности сосредоточенные.
14. Параметры прямого зазора в МП линиях. Широкополосная согласованная нагрузка.
15. Узкополосная согласованная нагрузка. Атенюаторы фиксированные с сосредоточенными параметрами.
16. Основные конструктивные особенности фильтров нижних и верхних частот.
17. Фильтры на замкнутых шлейфах.
18. Фильтры с боковыми электромагнитными связями.
19. Встречно-штырьевой фильтр.
20. Шпилесный фильтр.
21. Полосно-загружающие фильтры. Частотные характеристики фильтров.
22. Выбор материала микрополосковых плат СВЧ устройств.
23. Основные типы корпусов микрополосковых устройств: пенальные, рамочные, коробочные.
24. Выбор материалов и способы изготовления.
25. Выбор САПР, используемой для моделирования, расчета и анализа СВЧ устройств.
26. Параметрическое моделирование разработанной структуры.
27. Изготовление и измерение экспериментальных образцов СВЧ фильтров.
28. Расчет мостовой схемы.
29. Кольцевая гибридная мостовая схема.
30. Кольцевой делитель мощности с омической нагрузкой.
31. Делители мощности ненаправленные.
32. Расчет ненаправленного делителя мощности.
33. Делители мощности направленные с неравным делением.
34. Расчет делителя мощности типа-1 и типа-2.
35. Направленные ответвители шлейфные.
36. Расчет двухшлейфных направленных ответвителей. Расчет параметров направленных ответвителей трех- и четырех- шлейфных типа-1.
37. Основные параметры трехплечного циркулятора.
38. Y-циркуляторы классического типа и методика расчета.
39. Основное уравнение для точки циркуляции.
40. Выбор марки феррита.
41. Расчет зарезонансного Y-циркулятора. Методика расчета циркулятора с реактивными элементами.
42. Основные достоинства микрополосковых антенн.
43. Расчет антенны резонаторного типа с линейной поляризацией.
44. Диаграмма направленности. Входная проводимость антенны.

45. Расчет микрополосковой антенны.
46. Антенные решетки с элементами резонаторного типа.
47. Основные соотношения для линейной решетки. Способы возбуждения элементов решетки.
48. Расчет антенной решетки.
49. Вибраторные антенны в микрополосковом исполнении.
50. Антенные решетки с печатными вибраторными элементами.
51. Другие печатные излучающие системы.
52. Направления развития микрополосковых устройств СВЧ.

**Примеры контрольных вопросов к лабораторным занятиям по дисциплине:**

*1. Измерение параметров микрополосковой линии*

1. Конструкция МПЛ и требования, предъявляемые к материалам для их изготовления. Основные размеры линии.
2. Типы волн в МПЛ, структура поля основной волны. Причины ограничения рабочего диапазона частот.
3. Волновое сопротивление МПЛ, причины ограничения его величины.
4. Эффективная диэлектрическая проницаемость МПЛ.
5. Методика экспериментального определения величины  $\epsilon_{эф}$  на резонансных отрезках МПЛ.
6. Основные причины потерь энергии в МПЛ и способы их уменьшения.
7. Методика экспериментального определения постоянной затухания МПЛ, используемая в работе.
8. Связанные МПЛ: конструкция и назначение.
9. Структура поля четного и нечетного видов колебаний.
10. Эффективная диэлектрическая проницаемость связанных линий; методика экспериментального определения величины  $\epsilon_{эф св}$  связанных МПЛ, используемая в работе.

*2. Исследование характеристик микроволновых фильтров*

1. Частотные фильтры, их назначение, применение.
2. Классификация фильтров по виду частотной характеристики, особые частотные точки на характеристиках, обозначение их координат.
3. Содержание синтеза фильтров.
4. Понятие о «фильтре прототипе», его условные нормированные характеристики.
5. Полиномы, используемые при синтезе фильтров, свойства полиномов, различия в характеристиках синтезируемых фильтров.
6. Лестничная схема реального ФНЧ и Ф прототипа.
7. Принцип действия ФНЧ.
8. Способы реализации фильтров. Фильтры на элементах с сосредоточенными, полусосредоточенными и распределенными параметрами.
9. Исследуемые фильтры и их характеристики.

10. Методика измерений частотных характеристик фильтров.
11. Полученные результаты, осциллограммы, их сравнение, анализ.

### *3. Исследование делителя мощности*

1. Делитель мощности в виде кольцевого направленного ответвителя, его назначение, примеры схем и топология в микрополосковом исполнении.
2. Устройство и принцип действия ДМ параллельного типа с равным и неравным делением мощности.
3. Каким образом схему делителя мощности можно разбить на две более простые схемы.
4. Основные параметры и характеристики ДМ.
5. Способы достижения необходимого согласования и развязки плеч ДМ.
6. Топология и принцип действия исследованных ДМ.
7. Описать процесс измерения КСВ и ослабления ДМ.
8. Как зависят геометрические размеры делителя мощности от свойств материала подложки?
9. Какой геометрический размер изменится в топологии ДМ, если нижняя граничная частота понизится.
10. Предложите три способа уменьшения размеров топологии ДМ.
11. От каких параметров зависит расхождение экспериментальных частотных характеристик от расчётных?

### *4. Исследование микрополосковой антенной решетки*

1. Объяснить назначение всех элементов топологии МПАР.
2. Сформулировать теорему перемножения ДН.
3. Как увеличить направленность МПАР в  $E$ -плоскости?
4. Как увеличить направленность МПАР в  $H$ -плоскости?
5. Как изменится ДН МПАР при увеличении числа элементов в каждой последовательной линейке?
6. Как изменится ДН МПАР при увеличении числа линеек?
7. Как увеличить направленность одного элемента?
8. Как изменятся характеристики МПА и МПАР при увеличении диэлектрической проницаемости подложки?
9. Какова ориентация вектора напряженности электрического поля в дальней зоне МПАР?
10. Чем отличаются ДН исследуемой МПАР в  $E$ - и  $H$ -плоскостях?
11. От чего зависит УБЛ МПАР?
12. Как изменится форма ДН МПАР при увеличении периода МПАР?
13. Как надо изменить конструкцию данной МПАР, чтобы перестроить ее МПАР на другую частоту?
14. Как будет изменяться форма ДН данной МПАР при изменении частоты?

Оценочные материалы являются приложением к рабочей программе дисциплины «Микроэлектронные СВЧ устройства» (Б1.В.ДВ.01.01) по направлению подготовки – 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», ОПОП бакалавриата «Конструирование устройств автоматики и электроники».

Составил

к.т.н., доцент каф. ЭП

О.А. Горлин

Оценочные материалы обсуждены и одобрены на заседании кафедры электронных приборов, протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2020 г.

Зав. кафедрой ПЭЛ,  
к.т.н., доцент

С.А. Круглов