

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИМА



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**Дисциплина** Б1.Б.24 Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны  
код и наименование дисциплины

**Направление подготовки/специальность** 11.05.01 Радиоэлектронные системы и  
код и наименование направления подготовки /специальности  
КОМПЛЕКСЫ

**Направленность/специализация** специализация №2 "Радиоэлектронные системы передачи  
наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы  
информации"

**Квалификация выпускника** специалист  
указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО

**Кафедра-разработчик** Радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования  
наименование кафедры-разработчика рабочей программы

Мурманск  
2019

Лист согласования

1 Разработчик(и)

доцент

РЭСиТРО

Гурин А.В.

Часть 1      должность      кафедра            подпись      Ф.И.О.

Часть 2      должность      кафедра      подпись      Ф.И.О.

Часть 3      должность      кафедра      подпись      Ф.И.О.

2. Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры-разработчика рабочей программы

Радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования

23.01.2019 г.

наименование кафедры

дата

протокол № 8

(дата, подпись)



Борисова Л.Ф.

Ф.И.О. заведующего кафедры – разработчика

3\*. Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с выпускающей кафедрой по направлению подготовки /специальности.

Заведующий выпускающей кафедрой

наименование кафедры

дата

подпись

Ф.И.О.

### Лист изменений и дополнений, вносимых в РП

к рабочей программе по дисциплине, входящей в состав ОПОП по направлению специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, специализации №2 Радиоэлектронные системы передачи информации, 2017 года начала подготовки.

**Таблица 1. Изменения и дополнения**

№ п/п	Дополнение или изменение, вносимое в рабочую программу в части	Содержание дополнения или изменения	Основание для внесения дополнения или изменения	Дата внесения дополнения или изменения
1	Титульного листа			
2	Листа утверждений			
3	Структуры учебной дисциплины (модуля)			
4	Содержания учебной дисциплины (модуля)			
5	Методического обеспечения дисциплины (модуля)			
6	Структуры и содержания ФЭС			
7	Рекомендуемой литературы			
8	Перечня интернет ресурсов (ЭБС)			
9	Перечня лицензионного программного обеспечения, профессиональных баз данных и информационных справочных систем			
10	Перечня МТО			

Дополнения и изменения внесены « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ г.

## Аннотация рабочей программы

Коды циклов, дисциплин, модулей, практик	Название циклов, разделов, дисциплин, модулей, практик	Краткое содержание (Цель, задачи, содержание разделов дисциплины, реализуемые компетенции, формы промежуточного контроля, формы отчетности)
1	2	3
<b>Б1</b>	<b>Дисциплины (модули)</b>	
<b>Б1.Б.24</b> <b>Базовая часть</b>	«Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны»	<p><b>1. Цели дисциплины</b>            подготовить студента к решению типовых задач, связанных с проектной, научно-исследовательской, и производственно-технологической деятельностью в области создания и эксплуатации СВЧ-трактов и антенных устройств различного назначения на основе изучения принципов функционирования устройств СВЧ и антенн, изучения аналитических и численных методов их расчета (включая сочетание методов электродинамики и теории цепей СВЧ). Ознакомить студента с типовыми узлами и элементами, их электрическими моделями и конструкциями, применяемыми в системах автоматизированного проектирования устройств СВЧ и антенн. Привить навыки проведения экспериментальных исследований в лабораторных условиях.</p> <p><b>Задачи:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить теорию цепей СВЧ;</li> <li>- изучить электродинамические методы, позволяющие оценивать и оптимизировать работу элементов СВЧ-тракта;</li> <li>- научить пользоваться современными средствами исследования процессов различных устройств СВЧ-тракта.</li> </ul> <p><b>В результате изучения дисциплины студент должен</b></p> <p><b>Знать:</b> роль антенных систем и трактов СВЧ в обеспечении задач пространственной обработки сигналов в радиосистемах; фундаментальные ограничения на достижимые параметры радиосистем, налагаемые электрическими размерами антенн, требованиями к применяемому диапазону волн и ширине рабочей полосы частот, погрешностями изготовления; воздействие колебаний СВЧ на окружающую среду и методы защиты от радио излучений.</p> <p><b>Уметь:</b> применять математические модели антенных систем и узлов СВЧ и соответствующие методы расчетов к анализу и оптимизации параметров с использованием средств компьютерного проектирования.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками экспериментального исследования антенных систем и трактов СВЧ, методами автоматизации измерений.</p> <p style="text-align: center;"><b><u>Содержание разделов дисциплины:</u></b></p> <p>Раздел 1. Введение            Раздел 2. Основные положения классической электродинамики.            Раздел 3. Волноводы. Микрополоски.            Раздел 4. Физические основы распространения электромагнитных колебаний в передающих линиях            Раздел 5. Методы согласования передающих линий            Раздел 6. Направленные ответвители            Раздел 7. Управляющие и ферритовые устройства СВЧ            Раздел 8. Основные электрические параметры и характеристики антенн</p> <p>Раздел 9. Разновидности и особенности СВЧ антенн            Раздел 10. Применение САПР при исследовании и</p>

		проектировании устройств СВЧ диапазона <b>ФГОС</b> ОПК-7 <b>Формы отчетности:</b> Курс 4 – экзамен, контрольная работа
--	--	--

## Пояснительная записка

1. Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы",  
(код и наименование направления подготовки /специальности)

утвержденного №1031 от 11.08.2016, учебного плана  
дата, номер приказа Минобрнауки РФ

в составе ОПОП по направлению подготовки/специальности 11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы", направленности специализации "Радиоэлектронные системы передачи информации", 2017 года начала подготовки.

### 2. Цели и задачи учебной дисциплины

**Целью дисциплины (модуля)** «Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны» является подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста и учебным планом для специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

**Цели:** подготовить специалиста, владеющего основными положениями теории линий передач и цепей СВЧ, умеющего использовать эти знания для решения практических задач, разрабатывать типы устройств СВЧ, оценивать их электрические характеристики, использовать современное измерительное оборудование и САПР.

#### Задачи:

- ознакомить с основными направлениями развития науки и техники в области СВЧ;
- формировать практические навыки работы современными САПР;
- информировать обучающихся об современных СВЧ-устройствах, их структуре, задачах и функциях;
- ознакомить с учебными и тематическими планами направления подготовки дипломированных специалистов, содержанием учебных дисциплин, знакомство с представителями педагогического коллектива кафедры и университета.

### 3. Требования к уровню подготовки специалиста в рамках данной дисциплины.

Процесс изучения дисциплины «Устройства СВЧ и антенны» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»:

Таблица 1 – компетенции ФГОС

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Результаты обучения
1	ОПК-7 способность владеть методами решения задач анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей	Компоненты компетенции частично соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется в части «восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения».	<b>знать:</b> - основные направления развития радиоэлектронного оборудования СВЧ; - теорию цепей СВЧ и электродинамику устройств и антенн СВЧ; <b>уметь:</b> - применять теорию цепей СВЧ при решении практических задач; - использовать измерительные систем СВЧ различного назначения и САПР; <b>владеть:</b> - приемами работы с современным САПР СВЧ, и измерительным оборудованием.

#### 4. Структура и содержание учебной дисциплины «Устройства СВЧ и антенны»

Таблица 2 - Распределение учебного времени дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Вид учебной нагрузки	Распределение трудоемкости дисциплины по формам обучения			Всего часов
	Заочная			
	Семестр/Курс			
	4			
Лекции	6			6
Практические работы	4			4
Лабораторные работы	6			6
Самостоятельная работа	119			119
Подготовка и сдача экзамена (контроль)	9			9
Всего часов по дисциплине	144			144
Формы промежуточного и текущего контроля				
Экзамен	+			+
Зачет	-			-
Курсовая работа (проект)	-			-
Количество расчетно-графических работ	-			-
Количество контрольных работ	1			1
Количество рефератов	-			-
Количество эссе	-			-

**Таблица 3 - Содержание разделов дисциплины «Устройства СВЧ и антенны», виды работы**

№п/п	Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки			
		Заочная			
		Л	ПР	ЛР	СР
1	2	3	4	5	6
1.	Введение. Особенности диапазона СВЧ. Особенности линий передачи СВЧ.				10
2.	Основные положения классической электродинамики. Уравнения Максвелла. Решение волнового уравнения для произвольной передающей линии. Фазовая скорость и длина волны в передающих линиях СВЧ. Дисперсия в передающих линиях СВЧ. Свойства дисперсных волн. Групповая скорость волн и скорость перемещаемой энергии.	1			10
3.	Волноводы прямоугольного сечения. Волноводы круглого сечения. Коаксиальные и многопроводные линии передач. Диэлектрические линии передач. Микрополосковые линии передач. Неоднородности в линиях передач. Метод эквивалентных схем.	1		1	15
4.	Физические основы распространения электромагнитных колебаний в передающих линиях. Коэффициент отражения, коэффициент стоячей волны. Круговая диаграмма полных сопротивлений.		1		10
5.	Методы согласования передающих линий. Узкополосное согласование шлейфом и четвертьволновым трансформатором. Ступенчатые и плавные переходы для широкополосного согласования активных нагрузок. Широкополосное согласование комплексных нагрузок.	1		1	16
6.	Двух- и многоканальные делители мощности. Направленные ответвители: щелевой мост, двойной Т- мост, гибридное кольцо. Основные методики расчёта		1	1	12
7.	Управляющие и ферритовые устройства СВЧ. Понятие о феррите. Ферритовые фазовращатели и циркуляторы. Перестраиваемые ферритовые фильтры. Коммутаторы и фазовращатели СВЧ.	1			10
8.	Основные электрические параметры и характеристики антенн. Расчет электромагнитных полей излучающих систем в дальней, промежуточной и ближней волновых зонах. Проблемы электромагнитная совместимости близкорасположенных антенн. Векторная комплексная диаграмма направленности. Вторичные параметры, характеризующие направленность и согласование антенн с линией антенн.	1			10
9.	Вибраторные и щелевые антенны. Линейные антенны и решетки. Фазированные антенные решетки. Частотно-независимые антенны. Антенны бегущей волны. Апертурные антенны. Рупорные и зеркальные параболические антенны. Разновидности зеркальных антенн. Электромагнитная совместимость		1	1	10



10.	Применение САПР при исследовании и проектировании устройств СВЧ диапазона. Обзор основных программ, используемых для проектирования и моделирования СВЧ устройств.	1	1	1	16
<b>Итого</b>		6	4	6	119

**Таблица 4 - Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий с учетом форм контроля**

Перечень компетенций	Виды занятий								Формы контроля
	Л	ЛР	ПР	КР/КП	РГЗ	к/р	э	СР	
ОПК-7	+	+	+	-	-	+	-	+	Устный ответ на практическом занятии, тест, конспект, контрольная работа.

Примечание: Л – лекции, ЛР – лабораторные работы, ПР – практические работы, КР/КП – курсовая работа (проект), р – реферат, к/р – контрольная работа, э - эссе, СР – самостоятельная работа

**Таблица 5 - Перечень лабораторных работ**

№ п/п	Лабораторные работы	Кол-во часов	№ темы по т. 1
1	2	3	4
1.	Исследование линии передачи - прямоугольного волновода	0,25	3
2.	Исследование линии передачи - круглого волновода	0,25	3
3.	Исследование коаксиально-волноводных переходов: переход с коаксиального волновода на прямоугольный волновод, круглый волновод и микрополосковую линию.	0,25	5
4.	Исследование фильтров на микрополосковых линиях	0,25	4
5.	Исследование направленных ответвителей на микрополосковых линиях	0,5	6
6.	Исследование кольцевого моста на микрополосковых линиях	0,5	6
7.	Исследование входной и выходной цепи транзисторного усилителя СВЧ диапазона на микрополосковых линиях	0,5	5
8.	Исследование микрополосковых антенн	0,5	9,10
9.	Исследование рупорной антенны	1	9,10
<b>Итого</b>		4	

**Таблица 6 - Перечень практических работ**

№ п/п	Наименование практических работ	Кол-во часов	№ темы по Таблице 2
1	2	3	4
1	Решение волнового уравнения для произвольной передающей линии.	0,5	2
2	Микрополосковые линии передач. Неоднородности в линиях передач. Метод эквивалентных схем.	0,5	3
3	Методы согласования передающих линий. Круговая диаграмма полных сопротивлений.	0,5	4,5
4	Направленные ответвители: щелевой мост, двойной Т- мост, гибридное кольцо. Основные методики расчёта	0,5	6
5	Понятие о феррите. Ферритовые фазовращатели.	0,5	7
6	Ферритовые циркуляторы. Y-циркулятор	0,5	7
7	Векторная комплексная диаграмма направленности.	0,5	8

	Вторичные параметры, характеризующие направленность и согласование антенн с линией антенн.		
8	Применение САПР. Расчет цепей СВЧ.	0,5	10
9	Применение САПР. Электродинамические расчеты устройств СВЧ	2	10
	<b>Итого</b>	6	

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Устройства СВЧ и антенны»<sup>1\*</sup>

1. Методические указания к лабораторным работам студентов по дисциплине: «Устройства СВЧ и антенны»

## 6. Фонд оценочных средств (является компонентом ОП, разрабатывается в форме отдельного документа) и включает в себя:

*ФОС входит в состав образовательной программы в качестве самостоятельного документа.*

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования, шкалы и процедуры оценивания.

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины «Устройства СВЧ и антенны».

### *Основная литература*

1. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. Под ред. академика Н.Д. Девятова / Учебник для студентов вузов по специальности «Электронные приборы», 2-е изд., М., «Высш. школа», 1970. – т.1, 440 с., ил.
2. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ : Учеб. для радиотехнич. спец. Вузов. – М.: Высш. шк., 1988. – 432 м.: ил.
3. Виноградов А.Ю., Кабетов Р.В., Сомов А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны. / Учеб пособие для вузов. Под ред. А.М.Сомова. М.: Горячая линия – телеком, 2012 г., 440 с.: ил.
4. Шаров Г.А. Основы теории сверхвысокочастотных линий передач, цепей и устройств. / Научное издание. М.: Горячая линия – телеком, 2016 г., 470 с.: ил.
5. Максимов В.М. Линии передачи СВЧ диапазона : Учеб.пособие для вузов / М-во образования РФ. - М. : Сайнс-Пресс, 2002. - 80 с. : ил. - (Конспекты лекций по радиотехническим дисциплинам. Вып.32.

\*В перечень входят методические указания к: выполнению практических, лабораторных, контрольных, самостоятельных, расчетно-графических, курсовых работ и др.

\*\* Приказ Минобрнауки России от 19.12.2013 № 1367 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»

6. Максимов В.М. Устройства СВЧ: Основы теории и элементы тракта : Учеб. пособие для вузов / М-во образования РФ. - М. : Сайнс-Пресс, 2002. - 72 с. : ил. - (Конспекты лекций по радиотехническим дисциплинам. Вып.3).

**Дополнительная литература**

1. Архипов Н.С., Архипов С.Н., Полянский И.С., Сомов А.М. Методы анализа волноводных линий передачи. : Учеб. пособие для вузов / Под ред. заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., проф. А.М. Сомова. М.: Горячая линия – телеком, 2017 г., 114 с.: ил.

2. Д.т.н., профессор А.И. Фалько. Расчет преселекторов радиоприемных устройств микроволнового диапазона: Учебное пособие / СибГУТИ. – Новосибирск, 2008 г. – 50 с.

3. Банков С.Е., Курушин А.А. Электродинамика и техника СВЧ для пользователей САПР : Научное издание / Горячая линия-телеком. – Москва, 2008 г. – 276 с.

**8. Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины\***

1. MS Windows, MS Office 2007 (MS Office Word, MS Office Excel, MS Office Power Point)
2. Тематические презентации по курсу с использованием компьютерных технологий.
3. Сайт морского агентства «Транс Сервис» <http://www.trans-service.org>

**9. Перечень информационных технологий и лицензионного программного обеспечения, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем\*.**

1. Электронно-библиотечная система ЭБС - <http://www.rucont.ru/>
2. ЭБС издательства "ЛАНЬ" - <http://e.lanbook.com>
3. ЭБС BOOK.ru - <http://book.ru/>
4. ЭБС ibooks.ru - <http://ibooks.ru/>
5. ЭБС znanium.com издательства "ИНФРА-М" - <http://www.znanium.com>

**Таблица 7 - Материально-техническое обеспечение дисциплины «Устройства СВЧ и антенны»**

№ п/п	Помещение	Наименование лаборатории/кабинета	Перечень основного оборудования
1	505 В	Лаборатория электроники Специальное помещение для проведения лабораторных работ, практических занятий и курсового проектирования.	Укомплектовано специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: - столы – 6 шт.; - доска аудиторная малая – 1 шт.; - персональные компьютеры - 2 шт.; - приемник SDR NI USRP - 2 шт.; - комплекс NI Elvis II - 2 шт.; - плата расширения LabView : практикум по аналоговым элементам информационно-измерительной техники - 2 шт., - плата расширения LabView : практикум по цифровым элементам информационно-измерительной техники - 2 шт., - плата расширения Emona DateX - 1 шт, - наглядные пособия по устройствам СВЧ - 3 шт. Посадочных мест - 12
2	512 В	Лаборатория электродинамики и	Укомплектовано специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для

\*Перечень лицензионного программного обеспечения в обязательном порядке согласовывать с Управлением информатизации.

		<p>распространения радиоволн Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации.</p>	<p>представления учебной информации аудитории: - столы – 12 шт.; - доска аудиторная – 1 шт.; - комплекты для проведения лабораторных работ по электродинамике: «Поляризация плоских волн» - 1 шт., «Отражение плоских волн», - 1 шт., «Электромагнитные поля в волноводах», - 1 шт., «Излучение элементарных источников» - 1 шт., «Электромагнитные волны в анизотропных средах» - 1 шт., - учебные макеты: антенн - 4 шт., генератора Г4-76А, - 1 шт., измерительного приемника RFT SMV 8.5 - 1 шт. Посадочных мест - 24</p>
3	213 С	<p>Специальное помещение для самостоятельной работы</p>	<p>Укомплектовано специализированной мебелью и техническими средствами обучения: – доска аудиторная – 1 шт. – персональные компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета: Intel(R) Core(TM) 2 DUO CPU E7200 2,53 ГГц, 1 Гб ОЗУ – 2 шт.; Intel(R) Pentium(R) CPU G840 2,8 ГГц, 2 Гб ОЗУ – 3 шт.; Intel(R) Celeron(R) CPU 2,8 ГГц, 1 Гб ОЗУ – 1 шт.; Intel(R) Pentium(R) 4CPU 2,8 ГГц, 1,5 Гб ОЗУ – 1 шт.; Посадочных мест – 11</p>

**Таблица 8 - Технологическая карта дисциплины «Устройства СВЧ и антенны»  
(промежуточная аттестация – «Экзамен»)**

№	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения (неделя сдачи)
		min	max	
Текущий контроль				
1	<b>Посещение занятий (3 лекции - 6 ч.)</b>	12	16	1-17 недели
	Нет посещений (0 лекций) – 0 баллов, (2 лекция) 66% - 12 баллов; (3 лекции) 100% -16 баллов			
	<b>Лабораторные работы (9 лабораторных работ)</b>	13,5	18	
	Выполнение одной лабораторной работы – 2 балла, не в срок – 1,5 балла (выполнение фиксируется преподавателем)			
2	<b>Практические занятия (9 практических работ)</b>	13,5	18	1-17 недели
	Выполнение одной практ/зан. – 2 балла, не в срок – 1,5 балла (выполнение фиксируется преподавателем)			
3	<b>Контрольная работа</b>	11	18	1-17 недели
ИТОГО за работу в семестре		50	70	18- неделя
Промежуточная аттестация «экзамен»		10	30	Экзаменационная сессия
ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ		60	100	Экзаменационная сессия
1. Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине с зачетом, то он считается аттестованным. <b>Итоговая оценка</b> проставляется в экзаменационную ведомость и зачетку обучающегося				
ИТОГО за дисциплину		60	100	

**Таблица 9 - Ведомость для фиксирования результатов текущего контроля  
(промежуточная аттестация – экзамен)**

(заполняется преподавателем в последний рабочий день месяца)

ФИО	Посещение лекций	Количество баллов				
		Выполнение л/р	Выполнение п/р	Защита л/р	Контр. точки	Итого