

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИМА

Баева Л. С.  
Ф.И.О.

  
подпись

«23» января 2019 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплина Б1.О.23 Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны  
код и наименование дисциплины

Направление подготовки/специальность 11.05.01 Радиозлектронные системы и  
код и наименование направления подготовки /специальности  
комплексы

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


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

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

Мурманск  
2019

Лист согласования

1 Разработчик(и)

Часть 1	доцент должность	РЭСиТРО кафедра	 подпись	Гурин А.В. 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 (модулю), входящей в состав ОПОП по направлению подготовки/специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, направленности (профилю)/специализации Радиоэлектронные системы передачи информации, 2019 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	РП переутверждена на 20/21 уч.г. РП переутверждена на 21/22 уч.г.	Протокол заседания кафедры № 2 от 05.10.2020 Протокол заседания кафедры № 2 от 13.09.2021	
3	Структуры учебной дисциплины (модуля)			
4	Содержания учебной дисциплины (модуля)			
5	Методического обеспечения дисциплины (модуля)			
6	Структуры и содержания ФОС			
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 дисциплины

Коды циклов дисциплин, модулей, практик	Наименование циклов, разделов, дисциплин, модулей, практик	Краткое содержание (Цель, задачи, содержание разделов дисциплины, реализуемые компетенции, формы промежуточной аттестации)
1	2	3
Б1.О.23.	<u>Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны</u>	<p><b>Цель дисциплины:</b></p> <p>формирование компетенций в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста и учебным планом для специальности 11.05.01 Радиозлектронные системы и специализации № 2 «Радиозлектронные системы передачи информации»</p> <p>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 дисциплины:</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 обучающийся должен:</b></p> <p><b>знать:</b> современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий</p> <p><b>уметь:</b> использовать комплексный подход в своей деятельности, в том числе с использованием информационно-коммуникационных технологий</p> <p><b>владеть:</b> способами и методами решения теоретических и экспериментальных задач</p> <p><b><u>Содержание разделов дисциплины:</u></b>            Раздел 1. Введение            Раздел 2. Основные положения классической электродинамики.            Раздел 3. Волноводы. Микрополоски.            Раздел 4. Физические основы распространения электромагнитных</p>

	<p>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 Раздел 9. Разновидности и особенности СВЧ антенн Раздел 10. Применение САПР при исследовании и проектировании устройств СВЧ диапазона</p> <p><b>Реализуемые компетенции:</b> <i>ФГОС</i> ОПК - 6 Профстандарт 06.005 Инженер-радиоэлектронщик</p> <p><b>Формы промежуточной аттестации:</b> Семестр –7 – экзамен.</p>
--	---

## Пояснительная записка

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», утвержденного 09.02.2018, приказ № 94, профессионального стандарта 06.005 «Инженер-радиоэлектронщик», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 19.05.2014 № 315н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 09.06.2014 № 32622), с изменениями, внесенными приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12.12.2016 № 727н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 13.01.2017 № 45230), учебного плана в составе ОПОП по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», специализации Радиоэлектронные системы передачи информации, 2019 года начала подготовки, , утвержденного Ученым советом ФГБОУ ВО «МГТУ» (протокол № 7 от 28.02.2019 г).

### 2. Цели и задачи учебной дисциплины (модуля)

**Целью дисциплины (модуля) «Б1.О.23 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».

#### Задачи:

- ознакомить с основными направлениями развития науки и техники в области СВЧ;
- изучить теорию цепей СВЧ;
- изучить электродинамические методы, позволяющие оценивать и оптимизировать работу элементов СВЧ-тракта;
- научить пользоваться современными средствами исследования процессов различных устройств СВЧ-тракта.

### 3. Требования к уровню подготовки бакалавра/специалиста/магистранта и планируемые результаты обучения в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» и профессиональным стандартом 06.005 «Инженер-радиоэлектронщик»:

**Таблица 3.1. – Компетенции ФГОС ВО, формируемые дисциплиной «Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны»**

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Индикаторы сформированности компетенций
1.	Пример: ОПК-6. Способен учитывать существующие и перспективные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ	Компетенция реализуется в части «Способен учитывать существующие и перспективные технологии производства радиоэлектрон	<b>знать:</b> современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий <b>уметь:</b> использовать комплексный подход в

		ной аппаратуры» для СВЧ диапазона	своей деятельности, в том числе с использованием информационно-коммуникационных технологий <b>владеть:</b> способами и методами решения теоретических и экспериментальных задач
--	--	-----------------------------------	--

**Таблица 3.2. - Обобщённые трудовые функции профессионального стандарта 06.005 «Инженер-радиоэлектронщик», формируемые дисциплиной «Устройства СВЧ и антенны»**

№ п/п	Вид деятельности	Трудовая функция из ПС, на основе которой сформулирован индикатор (дескриптор)	Обобщенная трудовая функция
1.	<b>Научно-исследовательский</b>	Анализ научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников	Проведение исследований в целях совершенствования радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения
		Математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств и систем с целью оптимизации (улучшения) их параметров	Проведение исследований в целях совершенствования радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения
2.	<b>Эксплуатационный</b>	Наладка, настройка, регулировка и испытания радиоэлектронных средств и оборудования	Производство, внедрение и эксплуатация радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения

#### 4. Структура и содержание учебной дисциплины (модуля)

**Таблица 3\* - Распределение учебного времени дисциплины**  
Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

Вид учебной **	Распределение трудоемкости дисциплины по формам обучения			
	Очная			Всего часов
	Семестр			
	7			
Лекции	36			36

\* Разработчикам РП можно убрать столбцы с формами обучения, если данная форма не реализуется в МГТУ

\*\* При отсутствии вида учебной нагрузки ставить прочерк в соответствующей ячейке

Практические работы	18			18
Лабораторные работы	18			18
Самостоятельная работа	36			36
Подготовка к промежуточной аттестации <sup>1</sup>	36			36
Всего часов по дисциплине	144			144
Экзамен	+			
Количество расчетно-графических работ	1			

---

<sup>1</sup>Для экзамена очной и очно-заочной формы обучения – 36 часов, для экзамена заочной формы обучения – 9 часов, для зачета заочной формы обучения – 4 часа.



**Таблица 4\* -Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы**

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной работы по формам обучения			
	Очная			
	Л	ЛР	ПР	СР
1. Введение. Особенности диапазона СВЧ. Особенности линий передачи СВЧ.	2			
2. Основные положения классической электродинамики.	6	2	2	4
3. Волноводы прямоугольного сечения. Волноводы круглого сечения. Микроразветвленные линии передач.	4	4	4	6
4. Физические основы распространения электромагнитных колебаний в передающих линиях.	4		2	4
5. Методы согласования передающих линий.	4	2	2	4
6. Двух и многоканальные делители мощности. Направленные ответвители.	2	2	4	4
7. Управляющие и ферритовые устройства СВЧ. Понятие о феррите.	4			4
8. Основные электрические параметры и характеристики антенн. Расчет электромагнитных полей излучающих систем.	4			2
9. Антенны СВЧ различных видов	4		4	2
10. Применение САПР при исследовании и проектировании устройств СВЧ диапазона.	4	2		2
<b>Итого:</b>	36	18	18	36

**Таблица 5. -Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины (модуля), и видов занятий с учетом форм текущего контроля**

Перечень компетенций	Виды занятий				Формы текущего контроля
	Л	ЛР	ПР	ргр	
ОПК6	+	+	+	+	Конспект, защита лабораторной работы, отчет по практической работе, защита расчетно-графической работы.

Примечание: Л – лекции, ЛР – лабораторные работы, ПР – практические работы, , ргр – расчетно-графическая работа,

**Таблица 6. -Перечень лабораторных работ**

№ п\п	Темы лабораторных работ	Количество часов
		Очная
1	2	3
1	Исследование линии передачи - прямоугольного волновода	2
2	Исследование линии передачи - круглого волновода	2

\*Разработчикам РП можно убирать столбцы с формами обучения, если данная форма не реализуется в МГТУ

3	Исследование коаксиально-волноводных переходов: переход с коаксиального волновода на прямоугольный волновод, круглый волновод и микрополосковую линию.	2
4	Исследование фильтров на микрополосковых линиях	2
5	Исследование направленных ответвителей на микрополосковых линиях	2
6	Исследование кольцевого моста на микрополосковых линиях	2
7	Исследование входной и выходной цепи транзисторного усилителя СВЧ диапазона на микрополосковых линиях	2
8	Исследование микрополосковых антенн	2
9	Исследование рупорной антенны	2
	<b>Итого</b>	18

**Таблица 7- Перечень практических работ**

№ п/п	Темы лабораторных работ	Количество часов
		Очная
1	2	3
1	Решение волнового уравнения для произвольной передающей линии.	2
2	Микрополосковые линии передач. Неоднородности в линиях передач. Метод эквивалентных схем.	2
3	Методы согласования передающих линий. Круговая диаграмма полных сопротивлений.	2
4	Направленные ответвители: щелевой мост, двойной Т- мост, гибридное кольцо. Основные методики расчёта	2
5	Понятие о феррите. Ферритовые фазовращатели.	2
6	Ферритовые циркуляторы. Y-циркулятор	2
7	Векторная комплексная диаграмма направленности. Вторичные параметры, характеризующие направленность и согласование антенн с линией антенн.	2
8	Применение САПР. Расчет цепей СВЧ.	2
9	Применение САПР. Электродинамические расчеты устройств СВЧ	2
	<b>Итого</b>	18

### 5. Перечень примерных тем курсовой работы /проекта

Курсовая работа или проект в учебном плане не предусмотрены

### 6. Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины (модуля)<sup>2\*</sup>

1. Практикум по дисциплине Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны для обучающихся по специальности 11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы" Издательство МГТУ, 2019. Заказ №2504

### 7. Фонд оценочных средств

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

Фонд оценочных средств является компонентом ОП, разрабатывается в форме отдельного документа и включает в себя критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования и процедуры оценивания.

## **8. 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. Устройтва 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.

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 СЧВ для пользователей САПР : Научное издание / Горячая линия-телеком. – Москва, 2008 г. – 276 с.

## **9. Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru
2. Информационная система доступа к российским журналам ВИНТИ (<http://viniti.ru>)
3. Электроннаябиблиотекаtechlibrary.ru
4. ПорталNational Instruments.

## **10. Перечень программного обеспечения, профессиональных баз данных и информационных справочных систем, реквизиты подтверждающего документа.**

Windows Vista Business Russian Academic OPEN, лицензия № 44335756 от 29.07. 08;  
Офисныйпакет Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN, лицензия № 45676388 от 08.07.09;  
Математическийпакет PTC MathCAD V14-V15 University Department Perpetual Floating, Service Contract 9A1518564 от 04.12.2009;

MathWorks MATLAB 2009 /2010 (сетевая версия) LicenseNumber 619865 от 11.12.2009 (договор 32/356 от 10 декабря 2009г.)  
Антивирус Dr.WebDesktopSecuritySuite (комплексная защита), Dr.WebServerSecuritySuite (антивирус) (договор №7236 от 03.11.2017г.)

## **11. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

**Таблица 8. - Материально-техническое обеспечение**

№ п./п.	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	505 В "Лаборатория электроники" Специальное помещение для проведения лабораторных работ, практических занятий и курсового проектирования.	Количество столов - 6 Количество стульев - 12 Посадочных мест - 12 Доска аудиторная малая - 1 Оборудование: ПК для проведения виртуальных лабораторных и практических работ - 2 шт, Наглядные пособия по устройствам СВЧ - 3 шт.
2	512 В «Лаборатория электродинамики и распространения радиоволн» Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации.	Количество столов - 12 Количество стульев - 24 Посадочных мест - 24 Доска аудиторная - 1  Комплект для проведения лабораторных работ по электродинамике «Электромагнитные поля в волноводах», - 1 шт., Комплект для проведения лабораторных работ по электродинамике «Излучение элементарных источников» - 1 шт., Комплект для проведения лабораторных работ по электродинамике «Электромагнитные волны в анизотропных средах» - 1 шт., Учебные макеты антенн - 4 шт.,
3	227 В Специальное помещение для самостоятельной работы	- персональные компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета – 6 шт.; - копировальный аппарат XEROX CopyCentre C118 – 1 шт.; - принтер HP LJ Pro P1566 – 2 шт.; - сканер EPSON Perfection V10 – 1 шт.

**Таблица 9. -Технологическая карта текущего контроля и промежуточной аттестации (промежуточная аттестация - экзамен)**

№	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения
		min	max	
<b>Текущий контроль</b>				
1.	Выполнение лабораторных работ (9лр)	18	23	
2.	Практические работы/семинары (9 пр)	9	13	
3.	РГР (1 ргр)	10	15	
4.	Посещение занятий	15	20	
5.	Своевременная сдача контрольных точек	8	10	

	<b>ИТОГО</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	
<b>Промежуточная аттестация</b>				
	<b>Экзамен</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	
	<b>ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	

**Таблица 10 - Ведомость для фиксирования результатов текущего контроля (промежуточная аттестация – экзамен)**

(заполняется преподавателем в последний рабочий день месяца)

<b>ФИО</b>	<b>Количество баллов</b>					
	Посещени е лекций	Выполнени е л/р	Выполнени е п/р	Защита л/р	Контр. точки	Итого