

БАЛТИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ВОЕНМЕХ» ИМ. Д.Ф. УСТИНОВАУТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор -  
проректор по образовательной  
деятельности

Бородавкин В.А.

20 21

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
УСТРОЙСТВА СВЧ И АНТЕННЫНаправление/специальность  
подготовки

11.03.01 Радиотехника

Специализация/профиль/  
программа подготовки

Радиоэлектронные системы

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения

Очная

Факультет

И Информационных и управляющих систем

Выпускающая кафедра

И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Кафедра-разработчик рабочей  
программы

И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	4	144	85	34	17	34	59	0	0	59	ЭКЗ.

Начальник отдела основных  
образовательных программ  
Сученна А.А./

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

11.03.01 Радиотехника


Программу составил:

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
Флёрова Анастасия Александровна, к.т.н., доц.



Эксперт:

Эксперт А.Г. Сер.научн. содр.  
ОАО "Радио Восток", к.т.н.



Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., доц.



Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры рабочей программы

**И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., доц.



**ФАКУЛЬТЕТ "И" ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ**

Декан Страхов С.Ю., д.т.н., доц.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ УСТРОЙСТВА СВЧ И АНТЕННЫ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Оценочные средства и методики их применения
- Приложение 4. Лист изменений, вносимых в рабочую программу

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-1.1 — способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
ОПК-1 — способность использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
ОПК-2 — способность самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ПСК-1.1**

знания:

методов анализа, проектирования и оптимизации антенных систем и СВЧ устройств с использованием новейших пакетов прикладных программ;

умения:

проводить численное моделирование и проектирование устройств СВЧ и антенн с использованием новейших пакетов прикладных программ;

навыки:

сравнительного анализа разных технических решений при разработке устройств СВЧ и антенн.

## **ОПК-1**

знания:

- физической сущности процессов, происходящих в СВЧ узлах, линиях передачи и антеннах;
- строгих математических методов анализа, синтеза и оптимизации СВЧ узлов, линий передачи и антенн, построенных на уравнениях Максвелла, материальных уравнениях, граничных условиях и ограничениях на электромагнитное поле в закрытых и открытых структурах

- приближенных методов анализа, синтеза и оптимизации СВЧ узлов, линий передачи и антенн
- основных конструкций, свойств, методов расчета и измерений параметров и характеристик устройств СВЧ и антенн;

умения:

- применять методы анализа, синтеза и оптимизации, а также технические решения, используемые в области разработки и проектирования, современных СВЧ узлов, линий передачи и антенн

- выбирать и обосновывать соответствующую современному уровню теории и техники структуру и конструкцию устройств СВЧ и антенн с учетом их места в радиотехнической системе, электромагнитной совместимости и сопряжения их параметров с общими параметрами системы

- осуществлять расчеты основных электрических параметров и характеристик устройств СВЧ и антенн;

навыки:

проведения экспериментального исследования и обработки его результатов.

## **ОПК-2**

знания:

принципов функционирования устройств СВЧ и антенн;

умения:

разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы

радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ;

навыки:

разработки схем СВЧ трактов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **УСТРОЙСТВА СВЧ И АНТЕННЫ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.03.01 Радиотехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН, ЭЛЕКТРОННЫЕ И МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РЭС, ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИБОРОВ, РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
- ОПК-2 — Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных
- ОПК-3 — Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теорией и техникой антенно-фидерных устройств, основами теории линий передач и представлением различные устройства СВЧ с использованием матричного исчисления их внешних характеристик. Рассматриваются вопросы построения и расчета различных типов антенн, в том числе СВЧ и антенных решеток.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-1.1	ОПК-1	ОПК-2
3	6	Раздел 1. Ведение. Роль и значение устройств СВЧ и антенн в различных областях науки и техники, необходимость изучения дисциплины в рамках данной специальности. Техника безопасности при работе с источниками СВЧ энергии.	4	2	2	0	0	2	10	10	10
3	6	Раздел 2. Устройства СВЧ. 2.1 Элементы линий передачи и согласующие устройства. Основные электрические характеристики линии передачи. Нерегулярности в линиях передачи. Согласующие устройства, соединения, трансформаторы типов волн, подвижные и вращающиеся соединения. 2.2 Матричная теория цепей СВЧ. Волновые матрицы рассеяния и передачи. 2.3 Трехплечие соединения. Симметричный H –тройник. Согласованные тройники в плоскостях E и H. Кольцевой резистивный делитель. 2.4 Четырехплечие соединения. Направленные ответвители. Мосты. 2.5 Частотно-избирательные фильтры СВЧ. Классификация и принципы построения фильтров. Понятие о методах расчета фильтров СВЧ. 2.6 Коммутирующие и фазирующие устройства СВЧ. Механические аттенюаторы и фазовращатели. Электрически управляемые аттенюаторы и фазовращатели. Механические коммутаторы и переключатели. 2.7 Ферритовые устройства СВЧ. Явления в подмагниченных	42	32	6	2	24	10	20	20	20

		ферритах на СВЧ. Циркуляторы, фазовращатели, вентили, перестраиваемые фильтры на ферритах.									
3	6	<p><b>Раздел 3. Основы теории антенн.</b></p> <p>3.1 Излучение электромагнитных волн. Электродинамические основы. Элементарный, электрический излучатель. Принцип перестановочной двойственности. Элементарный, магнитный излучатель. Излучатель Гюйгенса. Антенна как система элементарных излучателей.</p> <p>3.2 Характеристики и параметры передающих и приемных антенн. Диаграммы направленности, сопротивление излучения, входное сопротивление, коэффициент полезного действия, коэффициент направленного действия, коэффициент усиления, характеристики антенных обтекателей. Принцип взаимности и его применение для анализа приемных антенн. Параметры,</p> <p>3.3 Излучение вибраторов. Симметричный электрический вибратор. Щелевой вибратор,</p> <p>3.4 Системы связанных излучателей. Решетка излучателей. Теорема умножения диаграмм, направленности. Прямолинейные излучающие системы. Равноамплитудные системы излучателей. Эквидистантная линейная система излучателей с оптимальным амплитудным распределением. Неэквидистантная антенная решетка. Задача синтеза антенн,</p> <p>3.5 Плоские решетки и апертуры. Направленные свойства плоских антенных решеток и апертур. Излучения из синфазного прямоугольного раскрыва. Влияние несинфазности на диаграмму направленности плоского раскрыва. Апертура антенны как пространственная, входная характеристика радиосистемы.</p>	20	10	10	0	0	10	20	20	20
3	6	<p><b>Раздел 4. Антенные устройства.</b></p> <p>4.1 Апертурные антенны (рупорные, линзовые и зеркальные).</p> <p>4.2 Двухзеркальные антенны.</p> <p>4.3 Антенны со специальной диаграммой направленности.</p> <p>4.4 Волноводнощелевые антенны.</p> <p>4.5 Микрополосковые антенны.</p>	51	31	10	15	6	20	15	20	20

		4.6 Антенны бегущих волн. Антенны поверхностных волн.									
3	6	<b>Раздел 5. Антенные решетки с электрическим сканированием и с обработкой сигнала.</b> 5.1 Классификация антенных решеток и решаемые ими задачи. 5.2 Антенные решетки с электрическим сканированием. 5.3 Многолучевые антенные решетки. Антенные решетки с обработкой сигнала. 5.4 Антенны с синтезированной апертурой. 5.5 Цифровые антенные решетки. 5.6 Радиооптические антенные решетки. 5.7 Адаптивные АФР. 5.8 Понятие о САПР антенных систем.	18	8	4	0	4	10	20	20	20
3	6	<b>Раздел 6. Измерение параметров СВЧ колебаний. Контроль СВЧ блоков радиотехнических систем.</b> 6.1 Измерение напряженности электромагнитного поля, мощности и частоты СВЧ колебаний. 6.2 Измерители поглощаемой и проходящей СВЧ мощности. 6.3 Контроль высокочастотных параметров радиопередающих, радиоприемных и фидерных устройств. 6.4 Основные методы автоматизированных измерений характеристик и параметров антенн.	9	2	2	0	0	7	15	10	10
<b>Всего за 6 семестр</b>			144	85	34	17	34	59	100	100	100
<b>Всего по дисциплине</b>			144	85	34	17	34	59	100	100	100

### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Устройства СВЧ.	Основные электрические характеристики линий передачи. Расчет устройств согласования.	6
2		Получение волновых матриц трех- и четырехплечих соединений.	6
3		Расчет фильтров СВЧ.	6
4		Проектирование фидерного тракта СВЧ-части типовой РЛС в волноводном и микрополосковом исполнении.	6
5	Раздел 4. Антенные устройства.	Освоение методов расчета простых вибраторных антенн.	6
6	Раздел 5. Антенные решетки с электрическим сканированием и с обработкой сигнала.	Расчет потенциала АФАР.	4
<b>Всего за 6 семестр</b>			34



### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Устройства СВЧ.	Исследование волноводных четырехплечих соединений.	2
2	Раздел 4. Антенные устройства.	Исследование диаграмм направленности антенн сантиметрового и дециметрового диапазона волн.	2
3		Исследование диэлектрической антенны.	2
4		Исследование полуволнового щелевого излучателя.	2
5		Исследование многощелевой волноводной антенны.	2
6		Исследование аттенюатора и коммутатора на p-i-n-диодах.	2
7		Исследование апертурной антенны самолетного радиолокатора «Гроза».	2
8		Моделирование антенных систем.	3
Всего за 6 семестр			17

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение.	Изучение особенностей дисциплины; знакомство с рекомендуемой литературой.	2
2	Раздел 2. Устройства СВЧ.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц 2.1-2.2 с использованием рекомендуемой литературы; подготовка к практическим и лабораторному занятиям; подготовка к контрольной работе.	10
3	Раздел 3. Основы теории антенн.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц 3.1-3.5 с использованием рекомендуемой литературы; подготовка к контрольной работе.	10
4	Раздел 4. Антенные устройства.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц 4.1-4.4 с использованием рекомендуемой литературы; подготовка к практическому и лабораторным занятиям; подготовка к контрольной работе.	20
5	Раздел 5. Антенные решетки с электрическим сканированием и с обработкой сигнала.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц 5.1-5.8 с использованием рекомендуемой литературы; подготовка к практическому занятию; подготовка к контрольной работе.	10
6	Раздел 6. Измерение параметров СВЧ колебаний. Контроль СВЧ блоков радиотехнических систем.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц 6.1-6.4 с использованием рекомендуемой литературы; подготовка к контрольной работе.	7
Всего за 6 семестр			59

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6	ЛР, Отч. по ЛР		ВПЗ, ЛР, Отч. по ЛР		Контр.Р.	ЛР, Отч. по ЛР	ВПЗ	ЛР, Отч. по ЛР		Контр.Р., ЛР, Отч. по ЛР	ВПЗ	ЛР, Отч. по ЛР	ВПЗ	ЛР, Отч. по ЛР	Контр.Р.	ВПЗ, ЛР, Отч. по ЛР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ЛР – лабораторная работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- Контр.Р. – контрольная работа;

- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

**Текущая аттестация** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- контрольная работа;
- вопросы к экзамену.

**Рубежная аттестация** студентов производится по итогам половины семестра в следующих формах:

- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. Электродинамика и распространение радиоволн. СПб.БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, 2020, 21 экз.
2. В. В. Смирнов, А. А. Сорокин, С. Ю. Страхов. Антенные решётки. СПб.БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, 2014, 24 экз.
3. В. В. Смирнов, В. П. Смолин. Устройства СВЧ. Л.БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, 1986, 67 экз.
4. В. В. Смирнов, С. Ю. Страхов, Н. В. Сотникова. Исследование СВЧ-устройств и антенн. СПб.БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, 2015, 33 экз.
5. Е. И. Нефёдов. Устройства СВЧ и антенны. М.: Академия, 2009, 16 экз.
6. Л. В. Шебалкова, В. Б. Ромодин. Электродинамика, антенны и СВЧ-устройства СБЛ. Новосибирск: НГТУ, 2020, эл. рес.
7. Л. И. Пономарев, В. А. Вечтомов, А. С. Милосердов. Бортовые цифровые многолучевые антенные решетки для систем спутниковой связи. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, эл. рес.
8. Ю. Е. Мительман, Р. Р. Абдуллин, С. Г. Сычугов. Антенны и устройства (СВЧ): расчет и измерение характеристик. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
9. Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов. Антенны. Санкт-Петербург: Лань, 2020, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Д. И. Воскресенский, В. И. Степаненко, В. С. Филиппов. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решёток. М.: Радиотехника, 2003, 3 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Естественные и технические науки;
2. Моделирование и анализ информационных систем;
3. Радиотехника – XXI век.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Принтер HP-3100;
4. Принтер Epson T5100.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Принтер LaserJet 1100.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Принтер HP-3100;
4. Принтер Epson T5100.

### **6.4. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **УСТРОЙСТВА СВЧ И АНТЕННЫ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.03.01 Радиотехника*. Дисциплина реализуется на факультете *И Информационных и управляющих систем* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ*.

Дисциплина нацелена на формирование компетенций:

- ПСК-1.1 способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;
- ОПК-1 способность использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности;
- ОПК-2 способность самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теорией и техникой антенно-фидерных устройств, основами теории линий передач и представлением различных устройства СВЧ с использованием матричного исчисления их внешних характеристик. Рассматриваются вопросы построения и расчета различных типов антенн, в том числе СВЧ и антенных решеток.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущая аттестация** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- контрольная работа;
- вопросы к экзамену.

**Рубежная аттестация** студентов производится по итогам половины семестра в следующих формах:

- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**59 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 85 ч. аудиторных занятий, и 59 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Ведение.</b>		
Изучение особенностей дисциплины; знакомство с рекомендуемой литературой.	Е. И. Нефёдов. Устройства СВЧ и антенны: М.: Академия, 2009 (1, 2) А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. Электродинамика и распространение радиоволн: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1 - 4)	2
Итого по разделу 1		2
<b>Раздел 2. Устройства СВЧ.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц 2.1-2.2 с использованием рекомендуемой литературы; подготовка к практическим и лабораторным занятиям; подготовка к контрольной работе.	Е. И. Нефёдов. Устройства СВЧ и антенны: М.: Академия, 2009 (2, 12 - 19) Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов. Антенны: Санкт-Петербург: Лань, 2020 (2 - 5) А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. Электродинамика и распространение радиоволн: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1 - 4)	10
Итого по разделу 2		10
<b>Раздел 3. Основы теории антенн.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц 3.1-3.5 с использованием рекомендуемой литературы; подготовка к контрольной работе.	Е. И. Нефёдов. Устройства СВЧ и антенны: М.: Академия, 2009 (23, 24) Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов. Антенны: Санкт-Петербург: Лань, 2020 (1 - 6) В. В. Смирнов, С. Ю. Страхов, Н. В. Сотникова. Исследование СВЧ-устройств и антенн: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1 - 4) А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. Электродинамика и распространение радиоволн: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1 - 4)	10
Итого по разделу 3		10
<b>Раздел 4. Антенные устройства.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц 4.1-4.4 с использованием рекомендуемой литературы;	Е. И. Нефёдов. Устройства СВЧ и антенны: М.: Академия, 2009 (3 - 8) Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А.	20

подготовка к практическому и лабораторным занятиям; подготовка к контрольной работе.	Белоусов. Антенны: Санкт-Петербург: Лань, 2020 (1 - 7) В. В. Смирнов, В. П. Смолин. Устройства СВЧ: Л. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (1 - 7) Л. В. Шебалкова, В. Б. Ромодин. Электродинамика, антенны и СВЧ-устройства СБЛ: Новосибирск: НГТУ, 2020 (1 - 9)	
Итого по разделу 4		20
<b>Раздел 5. Антенные решетки с электрическим сканированием и с обработкой сигнала.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц 5.1-5.8 с использованием рекомендуемой литературы; подготовка к практическому занятию; подготовка к контрольной работе.	В. В. Смирнов, А. А. Сорокин, С. Ю. Страхов. Антенные решетки: СПб. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1 - 5) Л. И. Пономарев, В. А. Вечтомов, А. С. Милосердов. Бортовые цифровые многолучевые антенные решетки для систем спутниковой связи: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (1 - 4) Д. И. Воскресенский, В. И. Степаненко, В. С. Филиппов. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток: М.: Радиотехника, 2003 (1 - 6)	10
Итого по разделу 5		10
<b>Раздел 6. Измерение параметров СВЧ колебаний. Контроль СВЧ блоков радиотехнических систем.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц 6.1-6.4 с использованием рекомендуемой литературы; подготовка к контрольной работе.	Ю. Е. Мительман, Р. Р. Абдуллин, С. Г. Сычугов. Антенны и устройства (СВЧ): расчет и измерение характеристик: Москва: Юрайт, 2020 (1 - 5)	7
Итого по разделу 6		7

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- вопросы к экзамену;
- контрольная работа;
- лабораторная работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- отчет по ЛР.

### Критерии оценивания

#### Вопросы к экзамену

Общие характеристики антенн и устройств СВЧ.  
Элементы линий передачи и согласующие устройства. Основные электрические характеристики линии передачи.  
Нерегулярности в линиях передачи. Согласующие устройства, соединения, трансформаторы типов волн, подвижные и вращающиеся соединения.  
Матричная теория цепей СВЧ. Волновые матрицы рассеяния и передачи.  
Симметричный H-тройник.  
Согласованные тройники в плоскостях E и H.  
Кольцевой резистивный делитель.  
Направленные ответвители.  
Мостовые устройства СВЧ.  
Колебательные системы СВЧ. Объемные и квазистационарные резонаторы, резонаторы со стоячей волной. Плоскостные резонаторы.  
Частотно-избирательные фильтры СВЧ. Классификация и принципы построения фильтров. Понятие о методах расчета фильтров СВЧ.  
Коммутирующие и фазировочные устройства СВЧ. Механические аттенуаторы и фазовращатели. Электрически управляемые аттенуаторы и фазовращатели. Механические коммутаторы и переключатели.  
Ферритовые устройства СВЧ. Явления в подмагниченных ферритах на СВЧ. Циркуляторы СВЧ, фазовращатели СВЧ, вентили СВЧ, перестраиваемые фильтры на ферритах.  
Элементарный электрический излучатель. Принцип перестановочной двойственности. Элементарный магнитный излучатель.  
Излучатель Гюйгенса.  
Антенна как система элементарных излучателей.  
Характеристики и параметры передающих и приемных антенн (диаграммы направленности, сопротивление излучения, входное сопротивление, коэффициент полезного действия, коэффициент направленного действия, коэффициент усиления, характеристики антенных обтекателей).  
Принцип взаимности и его применение для анализа приемных антенн.  
Симметричный электрический вибратор.  
Щелевой вибратор.  
Решетка излучателей. Теорема умножения диаграмм направленности.  
Прямолинейные излучающие системы.  
Равноамплитудные системы излучателей.  
Эквидистантная линейная система излучателей с оптимальным амплитудным распределением.  
Неэквидистантная антенная решетка.  
Задача синтеза антенн.  
Направленные свойства плоских антенных решеток и апертур.  
Излучения из синфазного прямоугольного раскрытия.  
Апертура антенны как пространственная входная характеристика радиосистемы. Излучатель в виде открытого конца волновода.  
Секториальные рупорные антенны.



Пирамидальный и конический рупоры.  
Линзовые антенны.  
Зеркальные антенны.  
Антенны со специальной диаграммой направленности.  
Волноводно-щелевые антенны.  
Микрополосковые антенны.  
Антенны бегущих волн.  
Антенны поверхностных волн.

### **Контрольная работа**

Результаты выполнения каждой контрольной работы оцениваются по четырехбалльной шкале («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно»). Контрольная работа №1 включает в себя два теоретических вопроса и задачу. Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо полное и правильное решение задачи и развернутый ответ на один из теоретических вопросов. Более высокая оценка формируется с учетом ответов на второй теоретический вопрос.

Контрольные работы №2 и №3 включают в себя два теоретических вопроса. Для получения оценки «удовлетворительно» необходим развернутый ответ на один из теоретических вопросов. Более высокая оценка формируется с учетом ответов на второй теоретический вопрос.

### **Лабораторная работа**

Допуск к выполнению ЛР происходит при условии наличия у студента печатной версии протокола по лабораторной работе. Протокол содержит титульный лист, описание лабораторной работы, чертежи схемы для сборки и исследования, таблицы для заполнения данными, заготовки для построения графиков.

### **Вопросы/задания по темам ЦЗ**

Отчет по заданию представляется в печатном виде в формате и содержит все необходимые расчеты и построенные графики. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов (по четырехбалльной системе). Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 5 до 2 являются:

- небрежное выполнение;
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках);
- отсутствия необходимого графического материала.

Перечень вопросов:

Основные электрические характеристики линий передачи. Расчет устройств согласования.

Получение волновых матриц трех- и четырехгичных соединений.

Расчет фильтров СВЧ.

Проектирование фидерного тракта СВЧ-части типовой РЛС в волноводном и микрополосковом исполнении.

Освоение методов расчета простых вибраторных антенн.

Расчет потенциала АФАР.

### **Отчет по ЛР**

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе. Отчет оформляется на основании протокола о выполнении ЛР, содержит (помимо информации из протокола) все необходимые расчеты и построенные графики, ответы на контрольные вопросы, выводы по работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. В случае, если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов (по пятибалльной системе).

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 5 до 2 являются:

- небрежное выполнение;
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов;
- отсутствия необходимого графического материала;
- некорректной обработки результатов измерений.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-1.1	ОПК-1	ОПК-2	
3	6	Раздел 1. Введение.	4	2	2	0	0	2	10	10	10	Вопросы к экзамену
3	6	Раздел 2. Устройства СВЧ.	42	32	6	2	24	10	20	20	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Вопросы к экзамену, Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по ЛР
3	6	Раздел 3. Основы теории антенн.	20	10	10	0	0	10	20	20	20	Вопросы к экзамену, Контрольная работа
3	6	Раздел 4. Антенные устройства.	51	31	10	15	6	20	15	20	20	Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по ЛР, Вопросы/ задания по темам ПЗ, Вопросы к экзамену
3	6	Раздел 5. Антенные решетки с электрическим сканированием и с обработкой сигнала.	18	8	4	0	4	10	20	20	20	Вопросы к экзамену, Контрольная работа, Вопросы/ задания по темам ПЗ
3	6	Раздел 6. Измерение параметров СВЧ колебаний. Контроль СВЧ блоков радиотехнических систем.	9	2	2	0	0	7	15	10	10	Вопросы к экзамену
Всего за 6 семестр			144	85	34	17	34	59	100	100	100	
Всего по дисциплине			144	85	34	17	34	59	100	100	100	