

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Декан РТФ

УТВЕРЖДАЮ /А.Н. Дедов/  
(Ф.И.О. декана (директора института))

10.02.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**С.1.2.16 Устройства СВЧ и антенны**

*(код и наименование дисциплины по учебному плану)*

Направление подготовки  
(специальность)

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Квалификация выпускника

Специалист

*(бакалавр/магистр/специалист)*

Специализация

Радиолокационные системы и комплексы

Курс 4  
Семестр 7

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	180 / 5	часов/зачетных единиц
Лекции	16	часов
Лабораторные работы	32	часов
Практические занятия	-	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	48	часов
Контактная работа по экзамену	6	часов
Курсовой проект (работа)	7	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	96	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	30	часов
Экзамен	7	семестр
Зачет	-	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

                      
(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Программу составили:

доцент с ученой степенью кандидата наук	РТиС	СОГЛАСОВАНО	В.В. Павлов
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина  
Кафедра радиотехники и связи

		(наименование кафедры)	
08.02.2021	протокол №	21	
(дата)			
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.В. Рябова	
		(И.О. Фамилия)	

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)  
кафедрой(ами).  
СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	А.А. Баев
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит  
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.Н. Дедов
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Клепиков Руслан Станиславович, первый заместитель начальника НТЦ  
«Коралл» АО Марийский машиностроительный завод  
Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 17.02.2021 г.  
Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

## Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ПК-1 Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования	ПК-1.1 Знать стадии проектирования	<b>знания:</b> Знать стадии проектирования <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ПК-1.2 Уметь разрабатывать техническое задание на проектирование	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Уметь разрабатывать техническое задание на проектирование <b>навыки:</b>
2. ПК-2 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	ПК-2.1 Знать принципы проектирования радиоэлектронных систем и комплексов	<b>знания:</b> Знать принципы проектирования радиоэлектронных систем и комплексов <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ПК-2.2 Уметь проводить расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, радиоэлектронных систем и комплексов	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Уметь проводить расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, радиоэлектронных систем и комплексов <b>навыки:</b>
	ПК-2.3 Владеть навыками разработки принципиальных схем РЭУ с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> Владеть навыками разработки принципиальных схем РЭУ с применением современных САПР и пакетов прикладных программ
3. ПК-3 Способен осуществлять проектирование	ПК-3.1 Знать принципы проектирования конструкций	<b>знания:</b> Знать принципы проектирования конструкций радиоэлектронных средств

конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	радиоэлектронных средств	<b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ПК-3.2 Уметь использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно- конструкторской документации	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Уметь использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно- конструкторской документации <b>навыки:</b>
	ПК-3.3 Владеть навыками оформления проектно- конструкторской документации в соответствии со стандартами	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> Владеть навыками оформления проектно- конструкторской документации в соответствии со стандартами

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы (ПК-1), Радиопередающие устройства (ПК-1), Основы технологии микро- и нанoeлектроники (ПК-1), Статистическая радиотехника (ПК-1), Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы (ПК-2), Радиопередающие устройства (ПК-2), Узлы и элементы радиотехнических систем (ПК-2), Радиоавтоматика (ПК-2), Компьютерное проектирование и моделирование радиоэлектронных средств (ПК-2), Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы (ПК-3), Радиопередающие устройства (ПК-3), Компьютерное проектирование и моделирование радиоэлектронных средств (ПК-3); практик: Производственная практика. Научно-исследовательская работа (рассредоточенная) (ПК-1), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (ПК-1), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (рассредоточенная) (ПК-2), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (рассредоточенная) (ПК-2), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (рассредоточенная) (ПК-3), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (ПК-3)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Радиолокационные системы и комплексы с высокой разрешающей способностью (ПК-1), Основы теории радиосистем и комплексов управления (ПК-1), Основы теории систем и комплексов радиоэлектронной борьбы (ПК-1), Методы и техника распознавания радиолокационных целей (ПК-1), Радиоприемные устройства (ПК-1), Радиоавтоматика (ПК-1), Основы теории радионавигационных систем и комплексов (ПК-1), Защита информации в радиотехнических системах (ПК-1), Моделирование радиотехнических систем в LabView (ПК-1), Основы теории радиолокационных систем и комплексов (ПК-1), Основы построения оптических локационных систем (ПК-1), Радиолокационные системы и комплексы с высокой

разрешающей способностью (ПК-2), Основы теории радиосистем и комплексов управления (ПК-2), Основы теории систем и комплексов радиоэлектронной борьбы (ПК-2), Методы и техника распознавания радиолокационных целей (ПК-2), Радиотехнические системы передачи информации (ПК-2), Радиоприемные устройства (ПК-2), Радиоавтоматика (ПК-2), Применение ПЛИС и микроконтроллеров в радиотехнических системах (ПК-2), Основы телевидения и средства отображения информации (ПК-2), Основы теории радионавигационных систем и комплексов (ПК-2), Защита информации в радиотехнических системах (ПК-2), Современные радиолокационные приемопередатчики (ПК-2), Моделирование радиотехнических систем в LabView (ПК-2), Основы теории радиолокационных систем и комплексов (ПК-2), Основы построения оптических локационных систем (ПК-2), Радиоприемные устройства (ПК-3), Радиоавтоматика (ПК-3), Применение ПЛИС и микроконтроллеров в радиотехнических системах (ПК-3), Современные радиолокационные приемопередатчики (ПК-3), Моделирование радиотехнических систем в LabView (ПК-3); практика: Производственная практика. Научно-исследовательская работа (ПК-1), Преддипломная практика (ПК-1), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (ПК-1), Преддипломная практика (ПК-1), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (ПК-2), Преддипломная практика (ПК-2), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (ПК-2), Преддипломная практика (ПК-2), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (ПК-3), Преддипломная практика (ПК-3), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (ПК-3), Преддипломная практика (ПК-3); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-1), Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-1), Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-2), Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-2), Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-3), Выполнение и защита выпускной

### Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические и лабораторные занятия, процедуры самообучения

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: информационные, классическая лекция, проблемная лекция

### Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 7 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Типовые узлы и элементы, их электрические модели и конструкции</b>	<b>36</b>	ПК-1, ПК-2, ПК-3
Лекция. Лекция № 1. Типовые узлы и элементы, их электрические модели и конструкции. Линии передачи в радиосистемах и устройствах. Основные типы линий передачи: проволочные, коаксиальные, микрополосковые, волноводные и волоконно-оптические, их краткие характеристические параметры. Математическая модель линии передачи. Понятие падающей и отражённой волн, коэффициент отражения, нормированные токи, напряжения, сопротивление и проводимость. Сочетание	6	

<p>методов электродинамики и теории цепей СВЧ.</p> <p>Трансформация сопротивлений. Использование коротких линий передачи для трансформации сопротивлений нагрузки.</p> <p>Нормированное и ненормированное входные сопротивления и проводимости линии передачи. Реактивные шлейфы.</p> <p>Четвертьволновый трансформатор. Полуволновый трансформатор.</p> <p>Круговая номограмма Вольперта. Определение полного сопротивления комплексной нагрузки. Согласование линии передачи и сопротивлений.</p> <p>Лекция № 2. Элементы трактов для различных диапазонов волн.</p> <p>Согласованные нагрузки (СН). Использование, основные параметры. СН для коаксиальных трактов, в полосковых линиях передачи, в волноводах.</p> <p>Реактивные нагрузки. Использование, основные параметры.</p> <p>Конструкции реактивных нагрузок.</p> <p>Изоляторы для коаксиального тракта. Конструкции, основные характеристики.</p> <p>Сочетание методов электродинамики и теории цепей СВЧ.</p> <p>Переходы между линиями передачи различных типов.</p> <p>Коаксиально-волноводные переходы: зондовый переход, переход с последовательным шлейфом, переход с поперечным стержнем, переход пуговичного типа.</p> <p>Волноводное вращающееся сочленение для прямоугольных волноводов на базе круглого волновода.</p> <p>Возбуждение волны низшего типа Н<sub>11</sub> в круглом волноводе.</p> <p>Варианты перехода от прямоугольного к круглому волноводу.</p> <p>Коаксиально-полосковые переходы (КПП). Соосный и перпендикулярный КПП.</p> <p>Лекция № 3. Принципы функционирования устройств СВЧ.</p> <p>Матричное описание многополюсников СВЧ. Понятие многополюсника СВЧ. Матрицы многополюсника.</p> <p>Классический и волновой подходы при электрическом описании многополюсника. Матрица рассеяния, проводимостей и сопротивления. Связь между ними.</p> <p>Нормированные матрицы многополюсника. Соотношения нормировки для матриц сопротивлений и проводимостей.</p> <p>Сдвиг плоскостей отсчёта фаз на входах многополюсника.</p> <p>Идеальные и реальные матрицы многополюсника.</p> <p>Взаимные многополюсники. Недиссипативные многополюсники. Определения. Недиссипативность в терминах матрицы сопротивлений и матрицы рассеяния.</p>		
<p>Лабораторная работа. Лабораторная работа № 1. Исследование рупорных антенн. Изучение конструкций рупорных антенн, снятие диаграмм направленности антенн, определение основных характеристик антенн. Работа в соответствии с методическими указаниями.</p> <p>Лабораторная работа № 2. Исследование зеркальной параболической антенны. Изучение конструкции зеркальной параболической антенны, измерение характеристик направленности и определение влияния на них конструктивных</p>	12	

параметров. Работа в соответствии с методическими указаниями.		
<p>Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение курсового проекта/работы</p> <p>1). Самостоятельное изучение темы «Узкополосное согласование в линиях передачи».</p> <p>2). Подготовка к лабораторной работе № 1 «Исследование рупорных антенн», обработка результатов измерений, оформление отчетов.</p> <p>3). Самостоятельное изучение тем: отражающие препятствия в волноводных трактах, волноводные стыки, волноводные диафрагмы (индуктивная, ёмкостная, резонансная диафрагмы), индуктивный и ёмкостной штырь, конструкции и параметры (проводимости) нерегулярностей.</p> <p>4). Подготовка к лабораторной работе № 2 «Исследование зеркальной параболической антенны», обработка результатов измерений, оформление отчетов.</p> <p>5). Курсовая работа "Теоретическая проработка материала: принцип работы устройства, конструктивные особенности" выполнение курсового проекта/работы</p>	18 14	
<b>Сочетание методов электродинамики и теории цепей СВЧ</b>	<b>34</b>	ПК-1, ПК-2, ПК-3
<p>Лекция. Лекция № 4. Симметричные многополюсники. Определение симметричности. Геометрическая и электрическая симметрия. Зависимость матриц от нумерации входов. Примеры конструкций:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- симметричное Y-разветвление коаксиальных волноводов;</li> <li>- последовательное разветвление двухпроводных линий передачи;</li> <li>- двойной волноводный T-мост.</li> </ul> <p>Составные многополюсные устройства СВЧ. Принцип декомпозиции в анализе многополюсных устройств СВЧ. Анализ четырёхполюсников и двухполюсников с помощью матриц передачи. Элементарные взаимные многополюсники. Условия реактивности четырёхполюсника. Условия симметрии и антисимметрии четырёхполюсников. Метод декомпозиции симметричных многополюсников. Метод синфазного и противофазного возбуждения. Пример использования метода на волноводно-щелевом мосте.</p> <p>Лекция № 5. Антенны. Принципы функционирования. Классификация антенн. Электромагнитное поле в ближней, промежуточной и дальней зонах. Классификация антенн. Структурная схема антенны. Электромагнитные поля излучающих систем.</p> <p>Основные свойства электромагнитного поля излучающей системы для дальней зоны. Нормированная диаграмма направленности по мощности. Промежуточная область или область Френеля. Ближняя зона.</p> <p>Амплитудная диаграмма направленности (ДН) антенны. Виды ДН: тороидальная, игольчатая, веерная, косекансная. Способы представления ДН. Ширина луча и уровень боковых лепестков. Экспериментальное исследование и автоматизированное</p>	6	

<p>проектирование антенн.</p> <p>Вторичные параметры, характеризующие направленность антенн. Коэффициент направленного действия (КНД).</p> <p>Определение КНД. Зависимость КНД от ширины луча и уровня боковых лепестков.</p> <p>Представление передающей антенны как четырёхполосника.</p> <p>КПД и коэффициент усиления антенны. Использование метода сравнения для определения коэффициента усиления. Входное со-противление антенны. Рабочая частота.</p> <p>Лекция № 6. Принципы функционирования антенн, аналитические и численные методы их расчета.</p> <p>Электрический вибратор. Конструкция электрического вибратора. Электродинамическая модель вибратора, закон распределения излучающих токов на его поверхности.</p> <p>Диаграмма направленности, сопротивление излучения и коэффициент направленного действия.</p> <p>Расчёт входного сопротивления вибратора методом эквивалентных схем. Активная и реактивная части входного сопротивления в зависимости от отношения длины вибратора к его диаметру.</p> <p>Симметричный магнитный вибратор. Щелевые антенны.</p> <p>Конструкция магнитного вибратора. Диаграмма направленности для поля Е и Н в дальней зоне. Проводимость излучения и входная проводимость.</p> <p>Щелевые антенны в плоских экранах. Односторонняя щель, конструкция. Входная проводимость и проводимость излучения. Изменение КНД.</p>	
<p>Лабораторная работа. Лабораторная работа № 3. Исследование симметричных вибраторов. Снятие диаграмм направленности симметричного четвертьволнового вибратора, симметричного четвертьволнового вибратора с пло-ским металлическим экраном (контррефлектором), симметричного вибратора с длиной плеча вибратора, равного трем четвертям длины волны; исследование способов согласования антенн с пи-тающей коаксиальной линией; исследование диапазонных свойств симметричных вибраторов; исследование поляризационных свойств симметричных вибраторов. Работа в соответствии с методическими указаниями.</p> <p>Лабораторная работа № 4. Исследование вибраторных антенн. Изучение конструкций логопериодических антенн и антенн типа «волновой канал»; исследование диаграмм направленности антенны «Волновой канал» и логопериодической антенны; измерение диапазонных свойств антенн. Работа в соответствии с методическими указаниями.</p>	10



<p>Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение курсового проекта/работы</p> <p>1). Самостоятельное изучение тем: фильтры и согласующие цепи СВЧ, прототипы фильтров с оптимальными частотными характеристиками, замены частотной переменной при расчётах фильтров, применение отрезков линий передачи в фильтрах СВЧ.</p> <p>2). Подготовка к лабораторной работе № 3 «Исследование симметричных вибраторов», обработка результатов измерений, оформление отчетов.</p> <p>3). Самостоятельное изучение тем: управляющие и ферритовые устройства СВЧ, классификация управляющих устройств СВЧ, механические коммутаторы, фазовращатели и аттенюаторы, антенные переключатели на газовых разрядниках, коммутационные диоды СВЧ.</p> <p>4). Подготовка к лабораторной работе № 4 «Исследование вибраторных антенн», обработка результатов измерений, оформление отчетов.</p> <p>5). Курсовая работа "Выполнение расчетной части: расчет конструктивных параметров устройства, компьютерное моделирование, обработка полученных результатов с расчетом усредненных параметров антенн"</p> <p>выполнение курсового проекта/работы</p>	18 14	
<b>Принципы функционирования устройств СВЧ и антенн</b>	<b>32</b>	ПК-1, ПК-2, ПК-3
<p>Лекция. Лекция № 7. Связанные вибраторы. Метод наводимых ЭДС. Конструкции вибраторных антенн. Представление связанных вибраторов в виде четырёхполюсника с собственными сопротивлениями вибраторов и взаимными сопротивлениями. Определение токов и напряжений на входах вибраторов методом наводимых ЭДС. Конструкции вибраторных антенн: полуволновый вибратор; полуволновый вибратор с шунтовым питанием; петлеобразный полуволновый вибратор; вертикальный четвертьволновый вибратор, возбуждаемый с помощью проводящего диска; четвертьволновый вибратор с приподнятой точкой питания. Использование симметричного «U-колена» при питании симметричных полуволновых вибраторов коаксиальным кабелем.</p> <p>Частотно-независимые антенны (ЧНА). Антенна в виде двухзаходной спирали Архимеда. Распределение тока вдоль 2-х проводной спиральной линии, направление излучения такой системы, диаграмма направленности, входное сопротивление. Принцип самодополнительности при конструировании частотно-независимых антенн. Конструкции ЧНА. Автоматическая отсечка излучающих токов. Диаграммы направленности архимедовых спиральных антенн. Система из 2-х вибраторов с совмещёнными центрами – турникетная антенна. Конструкция, амплитудная и фазовая диаграммы направленности. Режим всенаправленного излучения. Режим регулируемой поляризации волн.</p> <p>Лекция № 8. Щелевые антенны. Излучение щели в экране</p>	4	

<p>ограниченных размеров или в волноводе. Одиночные щелевые излучатели. Конструкция, точка подключения питания, входное сопротивление, диаграмма направленности в плоскости Е от размера металлической плоскости. Щелевые излучатели в стенках волноводов. Щель как магнитный вибратор с распределённым возбуждением. Нормированная входная проводимость резонансной продольной щели. Многощелевая волноводная антенна с синфазным возбуждением щелей. Особенности конструкции, характеристика направленности, коэффициент направленного действия.</p> <p>Несинфазная (нерезонансная) многощелевая волноводная антенна. Особенности конструкции, направленность максимального излучения. Преимущества и недостатки. Полосковые и микрополосковые антенны. Диапазон используемых частот, достоинства. Особенности конструкции. Микрополосковая антенна как объёмный резонатор. Распределение магнитных токов по краям антенны. Диаграммы направленности в плоскости Е и Н. Коэффициент направленного действия, КПД антенны. Логопериодические антенны. Особенности конструкции логопериодических структур. Характеристики геометрии структур. Среднее входное сопротивление плоской логопериодической антенны. Формы диаграммы направленности в плоскости Е и Н.</p>	
<p>Лабораторная работа. Лабораторная работа № 5. Исследование входного сопротивления и диаграммы направленности спиральной антенны. Экспериментальное исследование диаграмм направленности спиральных антенн и определение частотных границ осевого и конического излучения; экспериментальное исследование степени согласования спиральной антенны с питающей линией. Работа в соответствии с методическими указаниями.</p> <p>Лабораторная работа № 6. Исследование характеристик направленности фазированной линейки спиральных облучателей. Экспериментальное исследование влияния на характеристики направленности фазированной линейки расстояний между элементами; исследование влияния на характеристики направленности фазированной линейки разности фазировки элементов. Работа в соответствии с методическими указаниями.</p>	10

Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение курсового проекта/работы		
1). Самостоятельное изучение тем: линейные антенны и решётки, линейные излучающей системы, идеальный линейный излучатель, анализ множителя направленности идеального линейного излучателя, КНД идеального линейного излучателя.		
2). Подготовка к лабораторной работе № 5 «Исследование входного сопротивления и диаграммы направленности спиральной антенны», обработка результатов измерений, оформление отчетов.		
3). Самостоятельное изучение тем: КНД линейной антенной решётки, входная мощность и коэффициент усиления антенной решётки; апертурные антенны, зеркальные параболические антенны, облучатели зеркальных антенн, разновидности зеркальных антенн.		
4). Подготовка к лабораторной работе № 6 «Исследование характеристик направленности фазированной линейки спиральных облучателей», обработка результатов измерений, оформление отчетов.		
5). Курсовая работа "Формирование ПЗ по требованиям ЕСКД, выполнение сборочного чертежа, заполнение спецификации, чертежей деталей"	18	
выполнение курсового проекта/работы	14	
Иная контактная работа: защита курсового проекта/работы	0	
Подготовка к экзамену	30	
Проведение экзамена	6	

## Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины "Устройства сверхвысоких частот и антенны" рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

**Занятия лекционного типа** дают систематизированные знания по дисциплине "Устройства сверхвысоких частот и антенны", концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации.

Подготовка к **занятиям семинарского типа** включает ознакомление с планом лабораторного занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины "Устройства сверхвысоких частот и антенны".

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины "Устройства сверхвысоких частот и антенны", оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины "Устройства сверхвысоких частот и антенны", к

электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины "Устройства сверхвысоких частот и антенны" включает выполнение курсовой работы, выполнение лабораторных работ, обработка и оформление полученных результатов в виде отчета.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине "Устройства сверхвысоких частот и антенны" является экзамен .

## Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
<b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>		
1.	Сазонов, Дмитрий Михайлович. Устройства СВЧ [Текст] : Учеб.пособие для студ.вузов по спец."Радиотехника" / Д.М.Сазонов,А.Н.Гридин,Б.А.Мишустин;Под ред.Д.М.Сазонова. Москва: Высшая школа, 1981. - 294 с. Экземпляры: всего 18.	18
2.	Моделирование и исследование вибраторных антенн [Текст] : методические указания к выполнению курсовой работы : [по направлениям подготовки: 11.03.02, 11.03.01, 11.05.01] / М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "Поволж. гос. технол. ун-т"; [сост. В. В. Павлов]. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. - 31 с. Экземпляры: всего 45.	45 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Pavlov_modelirovanie_2016.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Pavlov_modelirovanie_2016.pdf</a>
3.	Рябова, Наталья Владимировна. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства [Текст] : лаб. практикум / Н. В. Рябова [и др.]. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. - 159 с. Экземпляры: всего 97.	97
4.	Распространение и преобразование сигналов в направляющих системах [Текст] : межвузовский сборник / М-во высш. и среднего спец. образования РСФСР, Куйбышевский гос. ун-т; [редкол.: Г. П. Яровой (отв. ред.) [и др.]. Куйбышев: Куйбышевский гос. ун-т, 1986. - 112 с. Экземпляры: всего 5.	5
5.	Комаров, В. В. Распространение радиоволн в частотно-селективных периодических структурах [Электронный ресурс] / Комаров В. В. Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 168 с. ISBN 978-5-8114-8170-5.	<a href="https://e.lanbook.com/book/178991">https://e.lanbook.com/book/178991</a>
6.	Сомов, Анатолий Михайлович. Антенно-фидерные устройства [Текст] : [учеб. пособие для студентов по специализациям специальности 090302 (090106) "Информ. безопасность телекоммуникац. систем" и специальности 090201 "Противодействие техн.	5

разведкам"] / А. М. Сомов, В. В. Старостин, Р. В. Кабетов ; под ред. А. М. Сомова. М.: Горячая линия - Телеком, 2011. - 404 с. ISBN 978-5-9912-0152-0. Экземпляры: всего 5.	
---	--

## 6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	408 (III)	ИЗМЕРИТ.КСВ РК247 (1), Измеритель комплексных коэффициентов P4-37 (1), Комплект пробников с опцией HZ -16 (1), Лабораторная установка" Исслед. рупорных (1), Лабораторная установка"Исслед. линейной (1), Лабораторная установка"Исслед.зеркальной (1), Лабораторная установка"Исслед.характерис (2), Лабораторная установка"Исследование вход (1), Мобильный антенный комплекс Diamond WD330 (1), Мультиметр APPA (1), Ноутбук Samsung NP -RF 511-S02RU 15,6" (1), Осциллограф DS-1150 С 2 кан. 150 МГц цвет. цифр. с Progr. обеспеч. и доп. порт (1), Осциллограф двухканальный PCSU100 (1), ПК S404,2 400W/Intel Core i3 540/клав.,мышь,монит. 21,5" VA2248-LED (1), Портативный анализатор спектра с опциями FSH-K1, FSH-K3 (1), ПРИБОР P2-86 (1), Широкополосная рамочная приёмная антенна (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач

## Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	отлично

### 7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

### 7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

1. Линия передачи называется однородной, если:

а) выполнена из однородного материала

б) заполнена однородной средой

в) в продольном направлении неизменны поперечное сечение и электромагнитные свойства заполняющих ее сред

2. Линия передачи является регулярной, если:

- а) в продольном направлении неизменны поперечное сечение и электромагнитные свойства заполняющих ее сред
- б) не имеет ответвлений передаваемой энергии на другие направления, кроме основного
- в) регулярно используется для передачи

3. Чем ограничена максимальная пропускаемая мощность в реальной линии передачи:

- а) тепловым пробоем и разрушением диэлектрического материала
- б) геометрическими размерами линии
- в) верны а и б

4. Дисперсией называется:

- а) зависимость скорости распространения от  $\epsilon$  диэлектрика
- б) зависимость длины волны от поляризационных свойств диэлектрика
- в) зависимость фазовой скорости от частоты

5. Согласование чисто активного сопротивления и ЛП сводится к тому, чтобы:

- а) активное сопротивление было равно волновому сопротивлению линии
- б) реактивное сопротивление было равно волновому сопротивлению линии
- в) волновое сопротивление было чисто активным

6. Волновой подход описания режимов в плоскостях отсчета фаз многополюсника заключается:

- а) в описании их в терминах нормированных напряжений падающих и отраженных волн
- б) в описании их в терминах полных нормированных напряжений и токов
- в) оба ответа верны

7. Классический подход описания режимов в плоскостях отсчета фаз многополюсника заключается:

- а) в описании их в терминах нормированных напряжений падающих и отраженных волн
- б) в описании их в терминах полных нормированных напряжений и токов
- в) оба ответа верны

8. Что называется неоднородностью в волноводе?

- а) Область, в которой имеется скачкообразное изменение формы или размера сечения
- б) Область, в которой происходит резкое увеличение потерь
- в) Область, при переходе через которую происходит мгновенное изменение фазы

9. Условием возбуждения и излучения щели является

- а) наличие составляющей вектора плотности поверхностного тока, перпендикулярной оси щели
- б) наличие составляющей вектора плотности поверхностного тока, параллельной оси щели
- в) наличие в данном типе передаваемой волны продольной составляющей электрического поля

10. Назовите физический смысл элементов матрицы рассеяния многополюсника  $S_{mn}$  при  $m$  не равном  $n$ .

- а) коэффициент отражения соответствующего плеча при согласованных нагрузках на других входах
- б) коэффициент передачи по нормированным токам при согласованной нагрузке на других входах
- в) коэффициент передачи по нормированным напряжениям при согласованной нагрузке на других входах

11. Назовите физический смысл элементов матрицы рассеяния многополюсника  $S_{mn}$  при  $m = n$ .

- а) коэффициент отражения соответствующего плеча при согласованных нагрузках на других входах
- б) коэффициент отражения соответствующего плеча при коротком замыкании других входов
- в) коэффициент передачи по нормированным напряжениям при согласованной нагрузке на других входах

12. Какой физический смысл диагональных элементов матрицы сопротивлений  $Z_{ii}$ ?

- а) собственные сопротивления каждого входа при размыкании всех других входов
- б) собственные сопротивления каждого входа при коротком замыкании всех других входов
- в) собственные сопротивления каждого входа при согласованных нагрузках на всех других входах

13. Какой физический смысл диагональных элементов матрицы сопротивлений  $Z_{ii}$ ?

- а) собственные проводимости каждого входа при размыкании всех других входов
- б) собственные проводимости каждого входа при коротком замыкании всех других входов
- в) собственные проводимости каждого входа при согласованных нагрузках на всех других входах

14. Какой вид имеют матрицы параметров для взаимных многополюсников?

- а) все элементы равны нулю, кроме элементов на главной диагонали
- б) все элементы ниже главной диагонали равны нулю
- в) элементы симметричны относительно главной диагонали

15. Какой многополюсник называется недиссипативным?

- а) многополюсник, у которого отсутствуют внутренние потери
- б) многополюсник, у которого матрица рассеяния обладает свойством унитарности



в) оба ответа верны

16. Какой многополюсник называется симметричным?

- а) многополюсник, у которого матрица параметров симметрична относительно главной диагонали
- б) многополюсник, для которого возможна перенумерация входов не приводящая к изменению матрицы параметров
- в) оба условия обязательны

17. Какой из перечисленных типов антенн не относится к апертурным?

- а) линзовые
- б) рупорные
- в) щелевые

18. При расширении главного лепестка диаграммы направленности КНД антенны:

- а) уменьшится
- б) увеличится
- в) не изменится

19. При уменьшении относительного уровня боковых лепестков КНД антенны:

- а) уменьшится
- б) увеличится
- в) не изменится

20. КНД показывает:

- а) во сколько раз следует уменьшить мощность подводимую к направленной антенне по сравнению с абсолютно ненаправленной, чтобы величина вектора Пойнтинга в точке наблюдения оставалась неизменной
- б) во сколько раз следует увеличить излучаемую мощность при замене направленной антенны на абсолютно ненаправленную, при условии сохранения постоянным вектора Пойнтинга в точке наблюдения
- в) отношение КПД абсолютно ненаправленной антенны и направленной антенны

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

**Вопросы к экзаменам по дисциплине «УСВЧ и А»**

1. Линии передачи в радиосистемах и устройствах. Основные типы линий передач, краткие характеристики. Проволочные, коаксиальные, микрополосковые линии передачи.
2. Линии передачи в радиосистемах и устройствах. Основные типы линий передач, краткие

характеристики. Коаксиальные, микрополосковые и волноводные линии передачи.

3. Линии передачи в радиосистемах и устройствах. Основные типы линий передач, краткие характеристики. Микрополосковые, волноводные и волноводно-оптические линии передачи.

4. Математическая модель линии передачи. Понятие падающей и отраженной волн, коэффициент отражения, нормированные токи, напряжения, сопротивления и проводимость.

5. Математическая модель линии передачи. Понятие падающей и отраженной волн, коэффициент отражения. Влияние режима линии передачи на КПД.

6. Трансформация сопротивлений. Значения входного сопротивления и проводимость трансформирующего отрезка передачи. Реактивные шлейфы, четверть волновой трансформатор, полуволновой трансформатор.

7. Круговая номограмма Вольперта. Описание номограммы, методика определения полного сопротивления комплексной нагрузки. Согласование линии передачи и сопротивлений.

8. Матричное описание многополюсников СВЧ. Понятие многополюсников СВЧ. Матрицы многополюсника. Классический и волновой подходы при электрическом описании многополюсника. Матрица проводимостей и сопротивлений.

9. Матричное описание многополюсников СВЧ. Понятие многополюсников СВЧ. Матрицы многополюсника. Классический и волновой подходы при электрическом описании многополюсника. Матрица рассеяния.

10. Матричное описание многополюсников СВЧ. Понятие многополюсников СВЧ. Матрицы многополюсника. Классический и волновой подходы при электрическом описании многополюсника. Связь между матрицами рассеяния, проводимостей и сопротивлений.

11. Нормированные матрицы многополюсника: соотношения нормировки для матрицы сопротивлений и проводимостей. Сдвиг плоскостей отчета фаз на входах многополюсника. Идеальные и реальные матрицы многополюсника.

12. Взаимные многополюсники. Недиссипативные многополюсники. Определения. Недиссипативность в терминах матрицы сопротивлений и матрицы рассеяния.

13. Идеальный циркулятор. Идеальный направленный ответвитель. Матрицы рассеяния, принцип действия, области применений.

14. Симметричные многополюсники. Определение симметричности. Геометрическая и электрическая симметрия. Зависимость матриц от нумерации входов. Симметричное Y-разветвление коаксиальных волноводов, последовательное разветвление двухпроводных линий передач.

15. Симметричные многополюсники. Определение симметричности. Геометрическая и электрическая симметрия. Зависимость матриц от нумерации входов. Двойной волноводный T-мост.

16. Элементы трактов для различных диапазонов волн. Согласованные нагрузки для различных линий передач. Реактивные нагрузки. Изоляторы для коаксиального тракта. Конструкции, особенности.

17. Элементы трактов для различных диапазонов волн. Согласованные нагрузки для различных линий передач. Конструкции, особенности. Разъёмы и сочленения трактов СВЧ: контактные и дроссельные фланцы.

18. Элементы трактов для различных диапазонов волн. Переходы между линиями передачи различных типов: КВП, волноводные вращающиеся сочленения, коаксиально-полосковые переходы. Конструкции, особенности.

19. Составные многополюсные устройства СВЧ. Принцип декомпозиции в анализе многополюсных устройств СВЧ. Условия реактивности четырёхполюсника.

20. Составные многополюсные устройства СВЧ. Условия симметрии и антисимметрии. Метод декомпозиции симметричных восьмиполюсников (метод синфазного и противофазного возбуждения) на примере

волноводного щелевого моста.

21. Направленные ответвители. Типы направленных ответвителей: направленность типа I, типа II. Направленный ответвитель на связанных линиях передачи с Т-волнами.
22. Направленные ответвители. Кольцевые направленные ответвители. Согласованные шестиполосные делители мощности.
23. Управляющие и ферритовые устройства СВЧ. Механические коммутаторы, фазовращатели, аттенюаторы. Антенные переключатели на газовых разрядниках.
24. Коммутационные СВЧ диоды. Дискретные фазовращатели на коммутационных диодах: отражательные фазовращатели, проходные фазовращатели.
25. Ферритовые устройства СВЧ. Невзаимные и управляющие устройства с ферритами: устройство на основе эффекта Фарадея, устройства с поперечно-подмагниченными ферритами.
26. Невзаимные и управляющие устройства с ферритами: резонансный вентиль на полосковой линии передачи, вентиль со смещением поля, ферритовые фазовращатели, тороидальные фазовращатели.
27. Классификация антенн. Структурная схема антенны. Электромагнитные поля излучающих систем: дальняя зона; промежуточная область. Основные соотношения для полей.
28. Классификация антенн. Структурная схема антенны. Электромагнитные поля излучающих систем: промежуточная область; ближняя зона. Основные соотношения для полей.
29. Диаграмма направленности антенны. Способы представления: в прямоугольной системе координат; полярной системе координат; картографическое изображение.
30. Вторичные параметры, характеризующие направленность антенн: Коэффициент направленного действия; ширина луча диаграммы направленности, уровень боковых лепестков.
31. Электрический вибратор: диаграмма направленности, сопротивление излучения и коэффициент направленного действия вибратора.
32. Электрический вибратор: сопротивление излучения и КНД вибратора, расчёт входного сопротивления вибратора методом эквивалентных схем.
33. Симметричный магнитный вибратор. Конструкция, использование принципа перестановочной двойственности для определения поля в дальней зоне, а также проводимости излучения и входной проводимости.
34. Связанные вибраторы. Метод наводимых ЭДС. Система связанных вибраторов. Схема замещения системы связанных вибраторов. Использование метода наводимых ЭДС для определения элементов матрицы сопротивлений.
35. Вибраторные антенны. Конструкции вибраторных антенн: разновидности полуволновых вибраторов; шунтовые вибраторы; несимметричные вибраторы. Способы питания антенн.
36. Частотно-независимые антенны: двухзаходная спираль Архимеда, конструкции частотно-независимых антенн. Автоматическая отсечка излучающих токов, диаграммы направленности.
37. Турникетные антенны. Конструкция. Режим всенаправленного излучения. Амплитудная ДН, фазовая ДН. режим регулируемой поляризации волн.
38. Щелевые антенны. Излучение щели в экране ограниченных размеров. Конструкция, особенности подведения питания, входное сопротивление, диаграмма направленности. Варианты использования щелей в волноводах.
39. Многощелевые волноводные антенны. Антенны с синфазным возбуждением щелей. Конструкции, основные характеристики.
40. Многощелевые волноводные антенны. Несинфазные многощелевые волноводные антенны. Конструкции, основные характеристики.
41. Полосковые и микрополосковые антенны. Конструкции, достоинства и недостатки антенны. Распределение

магнитных токов. Диаграмма направленности в плоскости Е и Н.

42. Логопериодические антенны. Особенности конструкции, входное сопротивление, диаграмма направленности.

43. Апертурные антенны: рупорные антенны. Открытый конец волновода как излучатель. Распределение токов, составляющие поля  $E_y$  и  $H_x$ . Диаграмма направленности.

44. Апертурные антенны: рупорные антенны. Н - секториальный, Е – секториальный, пирамидальный рупоры. Конструкции, понятие оптимальных рупоров.

45. Апертурные антенны: линзовые антенны. Диэлектрическая линза. Форма профиля линзы. Ход лучей в диэлектрической линзе.

46. Апертурные антенны: линзовые антенны. Металлопластинчатые линзы с повышенной фазовой скоростью. Конструкции, уравнение профиля.

47. Апертурные антенны: линзовые антенны. Линзы Люнеберга. Конструкции, принцип действия.

48. Зеркальные параболические антенны. Конструкции антенн, выбор параметров параболической антенны.

49. Зеркальные параболические антенны. Конструкции антенн, точность изготовления зеркала, виды облучателей.

50. Зеркальные параболические антенны: двухзеркальная антенна Кассегрена, двухзеркальная антенна Грегори, квазипараболическая двухзеркальная антенна.