



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МИРЭА – Российский технологический университет»

**Общий факультет (Фрязино)**

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала РТУ МИРЭА в г.  
Фрязино

\_\_\_\_\_ Макарова Л.А.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)  
Приборы и техника сверхвысоких частот**

Читающее подразделение	<b>кафедра общенаучных дисциплин</b>
Направление	<b>11.03.03 Конструирование и технология электронных средств</b>
Направленность	<b>Проектирование и технология радиоэлектронных средств</b>
Квалификация	<b>бакалавр</b>
Форма обучения	<b>очно-заочная</b>
Общая трудоемкость	<b>4 з.е.</b>

**Распределение часов дисциплины и форм промежуточной аттестации по семестрам**

Семестр	Зачётные единицы	Распределение часов							Формы промежуточной аттестации
		Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	Самостоятельная работа	Контактная работа в период практики и (или) аттестации	Контроль	
7	4	144	8	8	8	84	2,35	33,65	Экзамен

Программу составил(и):

канд. техн. наук, *Заведующий кафедрой, Щучкин Григорий Григорьевич* \_\_\_\_\_

канд. техн. наук, *доцент, Демшиевский Валерий Витальевич* \_\_\_\_\_

*старший преподаватель, Цитович Алексей Александрович* \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

**Приборы и техника сверхвысоких частот**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 928)

составлена на основании учебного плана:

направление: 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

направленность: «Проектирование и технология радиоэлектронных средств»

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**кафедра общенаучных дисциплин**

Протокол от 30.08.2021 № 1

Зав. кафедрой Щучкин Григорий Григорьевич \_\_\_\_\_



## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина «Приборы и техника сверхвысоких частот» имеет своей целью способствовать формированию у обучающихся компетенций, предусмотренных данной рабочей программой в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств с учетом специфики направленности подготовки – «Проектирование и технология радиоэлектронных средств».

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Направление:	11.03.03 Конструирование и технология электронных средств
Направленность:	Проектирование и технология радиоэлектронных средств
Блок:	Дисциплины (модули)
Часть:	Обязательная часть
Общая трудоемкость:	4 з.е. (144 акад. час.).

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть компетенциями:

**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

### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

**ОПК-1** : Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

**ОПК-1.1** : Осваивает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы

#### **Знать:**

- принципы работы приборов и техники сверхвысокого диапазона частот

#### **Уметь:**

- читать функциональные, структурные схемы приборов и техники сверхвысокого диапазона частот

#### **Владеть:**

- составления функциональных, структурных схем приборов и техники сверхвысокого диапазона частот

**ОПК-1.2** : Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

#### **Знать:**

- методы расчета СВЧ модулей

#### **Уметь:**

- применять методы для расчета СВЧ модулей

#### **Владеть:**

- навыками расчета СВЧ модулей

**ОПК-1.3** : Использует навыки применения знаний физики и математики при решении практических задач

**Знать:**

- методы математики и физики для решения практических задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот

**Уметь:**

- применять методы математики и физики для решения практических задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот

**Владеть:**

- навыками применения методов математики и физики для решения практических задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот

**ОПК-2 : Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных****ОПК-2.1 : Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи****Знать:**

- методами поиска и анализа информации по проектированию приборов и техники сверхвысоких частот

**Уметь:**

- применять методы поиска и анализа информации при проектировании приборов и техники сверхвысоких частот

**Владеть:**

- навыками проектирования приборов и техники сверхвысоких частот при с применением методов поиска и анализа информации

**ОПК-2.2 : Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки****Знать:**

- методами анализа исходных данных при проектировании приборов и техники сверхвысоких частот

**Уметь:**

- применять методы анализа исходных данных при решении задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот, оценивая достоинства и недостатки

**Владеть:**

- навыками применения методов анализа исходных данных при решении задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот, оценивая достоинства и недостатки

**ОПК-2.3 : Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение****Знать:**

- формулировки и взаимосвязи задач, обеспечивающие достижение поставленных целей

**Уметь:**

- формулировать взаимосвязанные задачи, обеспечивающие достижение поставленных целей

**Владеть:**

- навыками решения сформулированных взаимосвязанных задач, обеспечивающие достижение поставленных целей

**ОПК-2.4 : Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач****Знать:**

- методики определения ожидаемых результатов решения выделенных задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот

**Уметь:**

- применять методики определения ожидаемых результатов решения выделенных задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот

**Владеть:**

- навыками использования методик определения ожидаемых результатов решения выделенных задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот

**ОПК-2.5 : Осваивает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации****Знать:**

- основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации в области проектирования приборов и техники сверхвысоких частот

**Уметь:**

- применять основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации при проектировании приборов и техники сверхвысоких частот

**Владеть:**

- основными методами и средствами проведения экспериментальных исследований, системами стандартизации и сертификации при проектировании приборов и техники сверхвысоких частот

**ОПК-2.6 : Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования****Знать:**

- способы и средства измерений и методики проведения экспериментальных исследований приборов и техники сверхвысоких частот

**Уметь:**

- выбирать способы и средства измерений и методики проведения экспериментальных исследований приборов и техники сверхвысоких частот

**Владеть:**

- навыками выбора способов и средств измерений и методик проведения экспериментальных исследований приборов и техники сверхвысоких частот

**ОПК-2.7 : Использует способы обработки и представления полученных данных и способы оценки погрешности результатов измерений****Знать:**

- способы обработки и представления полученных данных измерения приборов и техники сверхвысоких частот
- способы оценки погрешности результатов измерения приборов и техники сверхвысоких частот

**Уметь:**

- обрабатывать и представлять полученные данные измерений приборов и техники сверхвысоких частот
- оценивать погрешность результатов измерений приборов и техники сверхвысоких частот

**Владеть:**

- навыками обработки и представления полученных данных измерения приборов и техники сверхвысоких частот
- навыками оценки погрешности результатов измерения приборов и техники сверхвысоких частот

**В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ОБУЧАЮЩИЙСЯ ДОЛЖЕН****Знать:**

- методами поиска и анализа информации по проектированию приборов и техники сверхвысоких частот
- способы и средства измерений и методики проведения экспериментальных исследований приборов и техники сверхвысоких частот

- формулировки и взаимосвязи задач, обеспечивающие достижения поставленных целей
- методики определения ожидаемых результатов решения выделенных задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот
- методами анализа исходных данных при проектировании приборов и техники сверхвысоких частот
- основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации в области проектирования приборов и техники сверхвысоких частот
- методы математики и физики для решения практических задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот
- методы расчета СВЧ модулей
- принципы работы приборов и техники сверхвысокого диапазона частот
- способы обработки и представления полученных данных измерения приборов и техники сверхвысоких частот
- способы оценки погрешности результатов измерения приборов и техники сверхвысоких частот

**Уметь:**

- применять методики определения ожидаемых результатов решения выделенных задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот
- выбирать способы и средства измерений и методики проведения экспериментальных исследований приборов и техники сверхвысоких частот
- применять основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации при проектировании приборов и техники сверхвысоких частот
- обрабатывать и представлять полученные данные измерений приборов и техники сверхвысоких частот
- оценивать погрешность результатов измерений приборов и техники сверхвысоких частот
- формулировать взаимосвязанные задачи, обеспечивающие достижения поставленных целей
- читать функциональные, структурные схемы приборов и техники сверхвысокого диапазона частот
- применять методы поиска и анализа информации при проектировании приборов и техники сверхвысоких частот
- применять методы для расчета СВЧ модулей
- применять методы математики и физики для решения практических задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот
- применять методы анализа исходных данных при решении задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот, оценивая достоинства и недостатки

**Владеть:**

- навыками расчета СВЧ модулей
- навыками оценки погрешности результатов измерения приборов и техники сверхвысоких частот
- навыками обработки и представления полученных данных измерения приборов и техники сверхвысоких частот
- составления функциональных, структурных схем приборов и техники сверхвысокого диапазона частот
- навыками выбора способов и средств измерений и методик проведения экспериментальных исследований приборов и техники сверхвысоких частот
- навыками использования методик определения ожидаемых результатов решения выделенных задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот
- навыками применения методов анализа исходных данных при решении задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот, оценивая достоинства и недостатки
- навыками решения сформулированных взаимосвязанных задач, обеспечивающие достижения поставленных целей

- навыками применения методов математики и физики для решения практических задач проектирования приборов и техники сверхвысоких частот
- основными методами и средствами проведения экспериментальных исследований, системами стандартизации и сертификации при проектировании приборов и техники сверхвысоких частот
- навыками проектирования приборов и техники сверхвысоких частот с применением методов поиска и анализа информации

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

При проведении учебных занятий организация обеспечивает развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Сем.	Часов	Компетенции
<b>1. Введение</b>				
1.1	<b>Особенности техники сверхвысоких частот (Лек).</b> Особенности техники сверхвысоких частот (СВЧ); диапазон СВЧ, его верхняя и нижняя границы; оптический диапазон; отличительные свойства колебаний СВЧ; значение СВЧ техники, основанной на принципах электродинамики, для развития науки и ее применение при разработке РЭС;	7	1	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2
1.2	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Согласование линий передачи Входное сопротивление нагруженного отрезка линии передачи. Случаи короткозамкнутого и разомкнутого отрезков линии передачи. Четвертьволновый трансформатор. Волновые сопротивления различных линий передачи.	7	1	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
1.3	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала.	7	10,5	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
1.4	<b>Особенности методов проектирования СВЧ устройств (Лек).</b> Методы проектирования приборов и техники СВЧ; особенности методов проектирования СВЧ устройств; основные исторические сведения и тенденции развития техники СВЧ.	7	1	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
1.5	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Согласование линий передачи Входное сопротивление нагруженного отрезка линии передачи. Случаи короткозамкнутого и разомкнутого отрезков линии передачи. Четвертьволновый трансформатор. Волновые сопротивления различных линий передачи.	7	1	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4



1.6	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала.	7	10,5	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
1.7	<b>Лабораторная работа №1 (Лаб).</b> Ознакомление с набором ME 1300	7	1	ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
1.8	<b>Лабораторная работа №1 (Лаб).</b> Ознакомление с набором ME 1300	7	1	ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
<b>2. Техника СВЧ</b>				
2.1	<b>Элементы СВЧ трактов. Согласование СВЧ цепей. Согласующие устройства. Направленные ответвители и делители мощности (Лек).</b> Пассивные элементы и узлы волноводных и микрополосковых трактов; общие вопросы компоновки СВЧ трактов; модульный принцип конструирования СВЧ интегральных схем; основы теории цепей с распределенными параметрами, входное сопротивление линии передачи, элементы теории многополюсников; общие принципы согласования СВЧ цепей, согласующие переходы и трансформаторы, согласованные нагрузки; направленные ответвители и делители мощности, принцип действия, основные характеристики и реализация.	7	1	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
2.2	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Устройства СВЧ. Объемные резонаторы на различных линиях передачи; собственная, нагруженная и внешняя добротности, резонансная длина волны. Собственная добротность микрополосковой линии. Резонансная диафрагма в волноводах. Фильтры СВЧ. Направленные ответвители.	7	1	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
2.3	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала. Написание отчета по лабораторным работам. Подготовка к защите лабораторной работы.	7	10,5	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
2.4	<b>Резонаторы. СВЧ фильтры. Ферритовые устройства (Лек).</b> Объемные резонаторы, принципы работы и возбуждения, основные параметры и конструкции; классы и типы частотных фильтров СВЧ, методы расчета; аттенюаторы, фазовращатели, вентили, Y-циркуляторы.	7	1	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4

2.5	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Устройства СВЧ. Объемные резонаторы на различных линиях передачи; собственная, нагруженная и внешняя добротности, резонансная длина волны. Собственная добротность микрополосковой линии. Резонансная диафрагма в волноводах. Фильтры СВЧ. Направленные ответвители.	7	1	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
2.6	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала. Написание отчета по лабораторным работам. Подготовка к защите лабораторной работы.	7	10,5	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
2.7	<b>Лабораторная работа №2 (Лаб).</b> Измерение импеданса нагрузки	7	1	ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
2.8	<b>Лабораторная работа №2 (Лаб).</b> Измерение импеданса нагрузки	7	1	ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
<b>3. Приборы СВЧ</b>				
3.1	<b>Электровакуумные приборы (Лек).</b> Электровакуумные приборы (магнетроны, клистроны, лампы бегущей и обратной волны). СВЧ полупроводниковые приборы (транзисторы и усилители).	7	1	ОПК-1.1
3.2	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Приборы СВЧ. Электровакуумные приборы. СВЧ полупроводниковые приборы. Генераторы, частотомеры.	7	1	ОПК-1.1
3.3	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала. Написание отчета по лабораторным работам. Подготовка к защите лабораторной работы.	7	10,5	ОПК-1.1, ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
3.4	<b>Генераторы. Измерительные приборы (Лек).</b> Генераторы, частотомеры, измерительные линии и паннорамные измерители КСВ, измерители мощности, приемники СВЧ сигналов	7	1	ОПК-1.1
3.5	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Приборы СВЧ. Электровакуумные приборы. СВЧ полупроводниковые приборы. Генераторы, частотомеры.	7	1	ОПК-1.1
3.6	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала. Написание отчета по лабораторным работам. Подготовка к защите лабораторной работы.	7	10,5	ОПК-1.1, ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
3.7	<b>Лабораторная работа №3 (Лаб).</b> Измерение коэффициента передачи	7	1	ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
3.8	<b>Лабораторная работа №3 (Лаб).</b> Измерение коэффициента передачи	7	1	ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7

<b>4. Вопросы электромагнитной совместимости. Методы исследования и</b>				
<b>4.1</b>	<b>Задачи экранирования на СВЧ (Лек).</b> Задачи экранирования на СВЧ и проблемы электромагнитной совместимости, основные конструкторские задачи, использование различных материалов для экранирования, защитные экраны антенн.	7	1	ОПК-1.1, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
<b>4.2</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Электромагнитная совместимость. Основные задачи экранирования, различные типы экранов.	7	1	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
<b>4.3</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала. Написание отчета по лабораторным работам. Подготовка к защите лабораторной работы.	7	10,5	ОПК-1.1, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
<b>4.4</b>	<b>Измерения параметров СВЧ устройств (Лек).</b> Измерение коэффициентов отражения и передачи, полного сопротивления, определение эффективности экранирования.	7	1	ОПК-2.6, ОПК-2.7
<b>4.5</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Электромагнитная совместимость. Основные задачи экранирования, различные типы экранов.	7	1	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
<b>4.6</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала. Написание отчета по лабораторным работам. Подготовка к защите лабораторной работы.	7	10,5	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
<b>4.7</b>	<b>Лабораторная работа №4 (Лаб).</b> Измерение коэффициентов отражения и передачи, полного сопротивления, определение эффективности экранирования.	7	1	ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
<b>4.8</b>	<b>Лабораторная работа №4 (Лаб).</b> Измерение коэффициентов отражения и передачи, полного сопротивления, определение эффективности экранирования.	7	1	ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
<b>5. Промежуточная аттестация (экзамен)</b>				
<b>5.1</b>	<b>Подготовка к сдаче промежуточной аттестации (Экзамен).</b>	7	33,65	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7

5.2	<b>Контактная работа с преподавателем в период промежуточной аттестации (КрПА).</b>	7	2,35	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7
-----	---	---	------	--

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### 5.1. Перечень компетенций

Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Приборы и техника сверхвысоких частот», с указанием результатов их формирования в процессе освоения образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы

### 5.2. Типовые контрольные вопросы и задания

1. Особенности техники сверхвысоких частот (СВЧ) и методов проектирования СВЧ устройств.
  2. Математическая модель регулярной линии передачи.
  3. Понятие об эквивалентной схеме цепи СВЧ, полное эквивалентное сопротивление линии передачи.
  4. Круговая диаграмма полных сопротивлений.
  5. Общие принципы согласования СВЧ цепей, узкополосное согласование.
  6. Широкополосное согласование нагрузки с линией.
  7. Матричное описание цепей СВЧ, матрица рассеяния.
  8. Элементы теории многополюсников, матрицы сопротивлений и проводимостей, основные свойства характеристических матриц.
  9. Метод декомпозиции и матричное описание сложных цепей СВЧ, матрица передачи.
  10. Характеристические матрицы основных базовых элементов.
  11. Анализ произвольной цепи СВЧ.
  12. Построение эквивалентных схем простейших цепей СВЧ.
  13. Реактивные элементы и их эквивалентные схемы.
  14. Структурный и параметрический синтез, автоматизация проектирования.
  15. Метод конечных разностей расчета устройств СВЧ и антенн.
  16. Метод интегральных уравнений.
  17. Условия реактивности, симметрии и антисимметрии четырехполюсников.
- Одноступенчатый трансформатор.
18. Согласующие переходы и трансформаторы.
  19. Трансформаторы полных сопротивлений.
  20. Метод декомпозиции симметричных восьмиполюсников. Типы направленности ответвителей.
  21. Основные характеристики направленных ответвителей (НО). Идеальный НО как согласованный по всем входам реактивный восьмиполюсник.
  22. Принцип действия НО и их реализация.
  23. Закрытые резонаторы, принцип построения и основные параметры.
  24. Закрытые резонаторы, основные параметры и виды резонаторов на прямоугольном волноводе.
  25. Закрытые резонаторы, основные параметры и виды резонаторов на круглом волноводе.
  26. Закрытые резонаторы, основные параметры и виды резонаторов на коаксиальном волноводе.
  27. Открытые резонаторы.
  28. Классы и типы частотных фильтров СВЧ, синтез эквивалентных схем фильтров.
  29. Реализация эквивалентных схем фильтров.
  30. Методы расчета АЧХ фильтров с использованием фильтра прототипа.

31. Атенюаторы.
32. Фазовращатели.
33. Развязывающие ферритовые устройства (вентили, циркуляторы). Принцип построения и характеристики.
34. Развязывающие ферритовые устройства на эффекте Фарадея.
35. Вентили с поперечно намагниченным ферритом.
36. Ферритовые Y-циркуляторы.
37. Электровакуумные приборы (лампа бегущей волны, лампа обратной волны, клистрон, магнетрон).
38. СВЧ полупроводниковые приборы.
39. Генераторы СВЧ сигналов.
40. Частотомеры, измерительные линии и панорамные измерители КСВ, измерители мощности.
41. Приемники СВЧ сигналов.
42. Экспериментальное исследование приборов СВЧ.
43. Проблемы электромагнитной совместимости.
44. Экранирование на СВЧ (принципы работы экранов различных типов, конструкции, материалы).
45. Основные характеристики отражающих и поглощающих экранов.

#### Типовые задачи

1. Рассчитать фазовращатель со сдвигом фаз 120 градусов для прямоугольного волновода размером 25x12мм<sup>2</sup> на частоте 10ГГц, если пластина из фторопласта имеет поперечные размеры 10x2мм<sup>2</sup> и установлена на расстоянии 6мм от узкой стенки волновода. Определить длину пластины и составить график для пересчета сдвига фаз в функции частоты (диапазон от 8 до 12 ГГц).
2. Известно, что нормированное полное сопротивление нагрузки составляет  $0,5+j0,4$ . Определить полное сопротивление нагрузки, если нагруженная линия представляет собой прямоугольный металлический волновод размерами 23x10мм<sup>2</sup>, работающий на основном типе волны, а длина волны генератора составляет 3см.
3. Определить радиус циркуляции полоскового Y-циркулятора, работающего в дорезонансном режиме на частоте 5ГГц, если относительная диэлектрическая проницаемость феррита 6,5, намагниченность насыщения 66,5кА/м, магнитная индукция  $0,055\text{Тл}$  ( $\mu=35,17\text{ МГц}\cdot\text{м/кА}$ , Гн/м).
4. Найти пределы изменения ослабления мощности в запердельном аттенюаторе, работающем на круглом волноводе радиуса  $R=1\text{см}$ , если его дли-на регулируется от 2мм до 10см.
5. Определить, чему должно быть равно входное сопротивление нагруженного отрезка линии передачи для обеспечения в согласуемой линии передачи (с волновым сопротивлением 50 Ом) коэффициента стоячей волны  $K_{ст} = 1,5$ .
6. Определить входное сопротивление нагруженного отрезка линии передачи длиной 2,5см, если ее волновое сопротивление 50 Ом, ее длина волны 10 см, а коэффициент отражения (по напряженности) от нагрузки равен 1.
7. Рассчитать на длине волны 3см четвертьволновый трансформатор, согласующий по узкой стенке два прямоугольных волновода (работающих на волне основного типа) размерами 23x10 мм<sup>2</sup> и 23x5 мм<sup>2</sup>.
8. Определить значение собственной добротности для полого резонатора, если его нагруженная добротность равна 100, а внешняя добротность 200. Определить полосу пропускания этого резонатора, если резонансная частота 10 ГГц.
9. Определить волновое сопротивление и диаметр внутреннего проводника четвертьволнового трансформатора, согласующего две коаксиальные линии с волновыми сопротивлениями 75 и 50 Ом (диаметр внешнего проводника 30мм).
10. Определить длину четвертьволнового трансформатора на МПЛ, обеспечивающего согласование на длине волны 10см (высота подложки 0,5мм, относительная диэлектрическая проницаемость 9,6 и ширина полоска отрезка согласующей линии 2,5мм).
11. Определить резонансную длину волны полого резонатора призматического типа с

колебаниями Н101 размерами 23x10x23 мм<sup>3</sup>. Привести его конструкцию с элементом возбуждения.

12. Определить длину шлейфа в двухшлейфовом направленном ответвителе, выполненном на МПЛ и работающем на длине волны 10см (высота подложки 0,5мм, относительная диэлектрическая проницаемость 9,6 и ширина полоскового проводника 2мм).

13. Определить величину затухания (в дБ) на центральной частоте 3-х звенного полосового фильтра с максимально плоской характеристикой при полосе пропускания 200 МГц, если на частоте среза 10 ГГц оно составляет 3дБ.

14. Определить резонансную длину волны окна прямоугольной формы размерами 5x18 мм<sup>2</sup>, установленного в прямоугольном волноводе размерами 23x10 мм<sup>2</sup>.

15. Определить приближенно собственную добротность медного призматического резонатора с колебаниями Н101 размерами 23x10x23 мм<sup>3</sup>, если удельная проводимость меди  $5,68 \times 10^7$  Ом<sup>-1</sup>м<sup>-1</sup> (магнитная проницаемость вакуума  $1,256 \times 10^{-6}$  Гн/м).

### 5.3. Фонд оценочных материалов

Полный перечень оценочных материалов представлен в приложении 1.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование помещения	Перечень основного оборудования
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.
Учебная лаборатория СВЧ	Учебный набор ME1300, ВЧ анализатор цепей, механический калибровочный набор, пара 915 МГц дипольных антенн, 2.4 ГГц антенн Яги, 915 МГц/ 2.4 ГГц двухдиапазонная антенна, 2.4 ГГц микрополосковая антенна, пара монополей (несимметричных мультивибраторных антенн), пара диполей (полуволновых симметричных мультивибраторных антенн), ВАЦ- двухпортовый векторный анализатор цепей, КВП-коаксиально-волноводный переходник, панорамный измеритель ослабления и КСВН состоящий из индикатора КСВН и ослабления Я2Р-67 и генератора качающейся частоты 52

### 6.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1. Microsoft Windows. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.
2. Microsoft Office. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.

### 6.3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### 6.3.1. Основная литература

1. Костин М. С., Ярлыков А. Д., Воруничев Д. С., Полевода Ю. А., Чистяков Е. А. Модули и техника сверхвысоких частот [Электронный ресурс]: учебное пособие. - М.: РТУ МИРЭА, 2020. - – Режим доступа: <https://library.mirea.ru/secret/16022021/2555.iso>

2. Григорьев А. Д., Иванов В. А., Молоковский С. И. Микроволновая электроника [Электронный ресурс]: учебник для вузов. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 496 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/145840>
3. Сушков А. Д. Вакуумная электроника. Физико-технические основы [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 464 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/167723>
4. Схемотехника электронных средств измерений авиационно-технических изделий. В 2 частях. Часть 2 [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - Ульяновск: УИ ГА, 2020. - 124 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/162554>
5. Схемотехника электронных средств измерений авиационно-технических изделий. В 2 частях. Часть 1 [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - Ульяновск: УИ ГА, 2020. - 120 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/162553>

#### **6.4. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>
2. Электроника НТБ - научно-технический журнал

<http://www.electronics.ru>

#### **6.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Самостоятельная работа студента направлена на подготовку к учебным занятиям и на развитие знаний, умений и навыков, предусмотренных программой дисциплины.

В соответствии с учебным планом дисциплина может предусматривать лекции, практические занятия и лабораторные работы, а также выполнение и защиту курсового проекта (работы). Успешное изучение дисциплины требует посещения всех видов занятий, выполнение заданий преподавателя и ознакомления с основной и дополнительной литературой. В зависимости от мероприятий, предусмотренных учебным планом и разделом 4, данной программы, студент выбирает методические указания для самостоятельной работы из приведённых ниже.

При подготовке к лекционным занятиям студентам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине. При подготовке к практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо: приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию; до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия; в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения; в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов; на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившихся к данному практическому занятию, рекомендуется не

позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изученную на занятии.

Методические указания, необходимые для изучения и прохождения дисциплины приведены в составе образовательной программы.

## **6.6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБУЧЕНИЮ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Медиа материалы также следует использовать и адаптировать с учетом индивидуальных особенностей обучения лиц с ОВЗ.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

