

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
**ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»**

**Кафедра РТиМ**

**УТВЕРЖДАЮ**  
**Ректор ФГБОУ ВО «ДГТУ»**  
**к.э.н., доцент Баламирзоев Н.Л.**



«          »            2025г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**  
**в аспирантуру**  
по научной специальности **2.2.14 Антенны, СВЧ-устройства и их**  
**технологии**

Одобрена на заседании кафедры РТиМ  
(протокол №9 от 06 мая 2025 г.)  
Заведующий кафедрой РТиМ,

к.т.н., доцент  Гаджиев Х.М.

**Махачкала - 2025**

**Вопросы к вступительному испытанию в аспирантуру по научной специальности 2.2.14 Антенны, СВЧ-устройства и их технологии**

**1 ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН**

**1.1. Уравнения Максвелла**

Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме. Граничные условия. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Электродинамические потенциалы. Волновые уравнения и уравнения Гельмгольца.

Геометрическая оптика. Уравнение эйконала. Уравнения лучей. Принцип Ферма.

**1.2. Основные принципы теории электромагнитного поля**

Теорема Пойнтинга. Условия излучения на бесконечности. Единственность решений граничных задач для уравнений Максвелла. Лемма Лоренца. Принцип эквивалентности. Теорема взаимности. Принцип двойственности.

**1.3. Направляемые волны**

Уравнения электродинамики для направляемых волн. Теория и классификация свободных волн в продольно-регулярных направляющих системах. Типы направляющих систем. Полые и коаксиальные волноводы. Диэлектрические волноводы и линии поверхностных волн.

**1.4. Элементарные источники**

Поле элементарных источников (электрических и магнитных вибраторов, рамок) в свободном пространстве. Сопротивление и проводимость излучения элементарных излучателей. Щели в экране как магнитные излучатели. Проводимость излучения односторонней и двусторонней щелей в экране. Элемент Гюйгенса. Вращающееся поле и простейший способ его создания. Коэффициент поляризации.

**1.5. Распространение, отражение и преломление радиоволн**

Распространение радиоволн (РРВ) в однородных поглощающих средах. Отражение и преломление плоской волны при падении на плоскую границу раздела двух сред. Скин-эффект. Полное внутреннее отражение. Влияние параметров сред на коэффициент отражения.



### **1.6. РРВ около земной поверхности и в тропосфере**

Излучение элементарного вибратора над плоской поверхностью. Интерференционная формула. Расстояние прямой видимости. Влияние свойств и кривизны земли на РРВ. Рефракция радиоволн в тропосфере. РРВ в атмосферном волноводе.

### **1.7. Влияние ионосферы на РРВ**

Причины ионизации верхних слоев атмосферы. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Особенности РРВ в плазме, фазовая и групповая скорости РРВ. Поглощение, преломление и отражение радиоволн, влияние магнитного поля на РРВ в ионосфере.

## **2 УСТРОЙСТВА СВЧ**

### **2.1. Линии передачи и методы их согласования с нагрузкой на СВЧ**

Нормированное описание режима в линиях СВЧ. Режимы работы длинной линии. Круговая диаграмма нормированных сопротивлений и проводимостей. Узкополосное и широкополосное согласование линии передачи с нагрузкой.

### **2.2. Элементы и узлы фидерного тракта**

Классификация линий передачи по диапазонам частот и типам колебаний. Волноводы, коаксиальные линии, микрополосковые линии, диэлектрические и квазиоптические линии передачи. Элементы линий передачи: разъемы, вращающиеся сочленения, возбуждители и пр.

### **2.3. Матричная теория цепей СВЧ**

Описание свойств линейных четырехполюсников с помощью нормированных классических матриц передачи и матриц рассеяния. Матрицы простейших четырехполюсников. Способы декомпозиции сложных устройств СВЧ. Описание многополюсников СВЧ с помощью нормированных матриц рассеяния, сопротивлений и проводимостей. Свойства матриц многополюсников при подключении нагрузок и объединении нескольких узлов в общую схему.

## **2.4. Делители мощности, балансные коммутирующие и фазирующие устройства СВЧ**

Тройники и их матрицы рассеяния, делители мощности. Балансные восьмиполусные устройства СВЧ, их свойства, особенности расчета и применения. Коммутаторы СВЧ, фазовращатели. Полупроводниковые PIN-диоды и их применение.

Свойства подмагниченных ферритов на СВЧ: феррорезонанс, эффект Фарадея, эффект смещения поля и другие эффекты. Ферритовые вентили, фазовращатели, циркуляторы и переключатели на линиях передачи различных типов.

## **3 АНТЕННЫ**

### **3.1. Параметры передающих и приемных антенн**

Амплитудная, фазовая и поляризационная характеристики антенн. Коэффициент направленного действия (КНД). КПД. Коэффициент усиления. Рабочая полоса частот и предельная мощность. Применение теоремы взаимности к анализу свойств антенны в приемном режиме. Мощность в нагрузке приемной антенны. Эффективная поверхность и шумовая температура приемной антенны.

### **3.2. Вибраторные и щелевые антенны**

Симметричный вибратор в свободном пространстве. Распространение тока и заряда вдоль вибратора. Диаграмма направленности, сопротивление излучения, входное сопротивление вибратора. Разновидности вибраторных антенн. Щелевые антенны.

### **3.3. Линейные излучающие системы**

Диаграмма направленности системы идентичных и одинаково ориентированных в пространстве излучателей. Поле линейной равномерной эквидистантной решетки излучателей. Анализ множителя направленности. Режимы излучения. Зоны видимости, ширина луча, уровень боковых лепестков. Побочные главные максимумы и способы их подавления. Линейные непрерывные излучающие антенны. Зависимость КПД, ширины главного лепестка и уровня боковых лепестков от величины коэффициента замедления. Оптимальное замедление и оптимальная длина антенны в режиме осевого излучения. Влияние амплитудного и фазового распределения на параметры линейной антенны.



### **3.4. Апертурные антенны**

Теория апертурных антенн. Применение принципа эквивалентных поверхностных токов к расчету характеристик излучения антенн. Характеристика направленности плоского раскрыва. КНД плоского раскрыва. Коэффициент использования поверхности (КИП). Примеры апертурных антенн: рупорные и линзовые антенны. Зеркальные антенны. Параболические антенны. Влияние различных факторов на величину КИП. Типы и конструкции облучателей зеркальных антенн. Двухзеркальные и другие разновидности зеркальных антенн.

### **3.5. Фазированные антенные решетки**

Плоские фазированные антенные решетки (ФАР). Различные законы размещения элементов. Условия отсутствия побочных главных максимумов. Ограничения на величину сектора сканирования. Разновидности схемы питания элементов ФАР.

## Литература

1. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн. - М. Высшая школа. 1992.
2. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. - М.: Радио и связь, 2000.
3. Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. Техническая электродинамика. Под ред. Пименова Ю.В. - М.: Радио и связь, 2000.
4. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. - М.: Высшая школа. 1988.
5. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов. Под ред. Воскресенского Д.И. - М: МАИ, 1999.
6. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решёток. Под ред. Воскресенского Д.И. - М.: Радиотехника, 2012.
7. Устройства СВЧ и антенны: учебник / А.А.Филонов, А.Н.Фомин, Д.Д.Дмитриев; ред. А.А.Филонов. – Красноярск: Сиб. федер. унив-т, 2014. – 492 с.
8. Антенны и устройства (СВЧ): расчет и измерение характеристик: учеб. пособие для вузов / Ю.Е.Мительман, Р.Р.Абдуллин, С.С.Сычугов, С.С.Шабунин: под общ. ред. Ю.Е.Мительмана. – М.: Издательство Юрайт, 2017; Екатеринбург : Издат. Урал. ун-та. – 138 с. – Серия: Университеты России.
9. Волноводные антенные решетки и устройства СВЧ: монография / М.Б.Мануилов; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог; Издательство Южного федерального университета, 2021. – 314 с.
10. Исследование характеристик устройств СВЧ и антенн: учебно-методическое пособие / В.Л.Хандамиров и др. – 2-е изд., испр. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2021. – 74 с.
11. Основы компьютерного моделирования антенн и СВЧ-устройств в программе HFSS ANSYS: учебное пособие / Н.Н.Кисель, К.В.Марков; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог; Издательство Южного федерального университета, 2021. – 166 с.