

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА  
В АСПИРАНТУРУ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ  
2.2.14 - АНТЕННЫ, СВЧ УСТРОЙСТВА И ИХ ТЕХНОЛОГИИ**

**1. Электродинамика**

Уравнения Максвелла. Материальные уравнения и классы сред. Полная система уравнений электродинамики. Граничные условия. Энергия электромагнитного поля.

Теорема Умова-Пойнтинга.

Постановка задач электродинамики и методы их решения. Внутренние и внешние задачи электродинамики. Теорема единственности.

Свободные электромагнитные волны как решение однородных уравнений электродинамики в разных системах координат. Плоские однородные волны в изотропных диэлектриках, проводниках и гиротропных средах. Вращение плоскости поляризации, резонансное поглощение. Немонохроматические волны в диспергирующих средах. Волны в активных средах; представление о волновых процессах в нелинейных средах.

Падение плоской однородной волны на плоскую границу раздела однородных изотропных сред. Теория скин-эффекта. Двойное преломление на границе раздела с гиротропной средой.

Локально-плоские волны и геометрическая оптика. Уравнения эйконала и переноса.

Уравнение луча. Уравнение для поворота плоскости поляризации. Рефракция в неоднородных средах.

Распространение радиоволн в природных условиях. Влияние земной поверхности, тропо- и ионосферы; радиоволны в космическом пространстве.

Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зоны. Обобщенная задача об излучении. Принцип Гюйгенса и эквивалентные поверхностные источники.

Явления и задачи дифракции. Строгая постановка дифракционных задач. Дифракция на цилиндре, шаре, клине. Приближение Гюйгенса-Кирхгофа. Геометрическая теория дифракции.

Основы вычислительных методов электродинамики. Проекционная схема Бубнова Галеркина.

**2. Направляемые волны и устройства СВЧ**

Теория и классификация свободных волн в продольно-регулярных направляющих системах. Постановка краевых задач для полых металлических волноводов в различных классах волн и для линий передачи с Т- волнами.

Типы направляющих систем. Полые и коаксиальные волноводы. Диэлектрические волноводы и линии поверхностных волн. Полые волноводы с частичным диэлектрическим и гиротропным заполнением. Полосковые и микрополосковые линии, щелевые и компланарные волноводы. Оптические волноводы, световолноводы.

Квазиоптические направляющие системы. Технические характеристики и особенности конструирования фидеров различных

диапазонов. Конструктивно-технологические особенности конструирования фидеров различных диапазонов. Конструктивно технологические особенности микрополосковых линий.

Теория электромагнитных резонаторов. Полые резонаторы. Диэлектрические и ферритовые резонаторы. Резонаторы на основе планарных структур. Открытые квазиоптические резонаторы. Технические характеристики и особенности конструирования резонаторов различных типов.

Теория сплошных волноводных устройств. Многомодовые матрицы рассеяния, проводимость и сопротивление- Основные свойства одномодовых матриц.

Эквивалентные схемы волноводных устройств. Элементы теории цепей СВЧ.

Применение общей теории сложных волноводных устройств и теории цепей СВЧ в

случаях использования различных направляющих систем.  
Фидерные устройства и их элементы. Методы согласования. Узкополосное и широкополосное согласование. Ограничения на полосу согласования. Согласующие элементы для линий разных типов.  
Элементы возбуждения волноводов и резонаторов. Соединения линий передачи; переходные элементы, вращающиеся сочленения.  
Разветвления, мостовые соединения. Направленные ответвители.  
Устройства регулирования амплитудных, фазовых и поляризационных характеристик. Атенюаторы, фазовращатели, поляризаторы, трансформаторы типов волн.  
Устройства с применением ферритов. Волноводные, коаксиальные, полосковые и микрополосковые фазовращатели, вентили, циркуляторы и ограничители.  
Коммутационные устройства. Применение ферритов и полупроводниковых элементов. Антенные переключатели.  
Частотные фильтры; элементы теории и классификация. Реализация фильтров в виде волноводных, коаксиальных, полосковых и микрополосковых конструкций.  
Перестраиваемые фильтры.  
Особенности конструирования и технология интегральных схем СВЧ.  
Принципы построения и методы проектирования приемно-передающих устройств СВЧ диапазона. Активные СВЧ микроэлектронные устройства на основе полупроводниковых и миниатюрных вакуумных приборов: генераторы, умножители частоты, малошумящие усилители.  
Применение биполярных и полевых транзисторов, лавинно-пролетных диодов и диодов Ганна. Режимы работы, схемы построения, конструкции, характеристики и основные параметры.  
Пассивные нелинейные СВЧ устройства на полупроводниковых приборах.  
Транзисторные и диодные преобразователи частоты.  
Вопросы автоматизированного проектирования устройств СВЧ. Принципы построения систем автоматизированного проектирования. Модели базовых элементов разных уровней. Составление модели сложного объекта.

### **3. Антенные устройства**

Элементы теории антенн. Приемная и передающая антенны, их основные параметры и технические характеристики. Соотношения режимов приема и передачи, теорема взаимности. Эффективная поверхность антенны. Обратное излучение приемной антенны. Приближение заданных токов и применение сведений об элементарных излучателях в теории антенн.  
Антенна в реальных условиях. Учет влияния земной поверхности и других факторов. Система однотипных излучателей. Теория перемножения диаграмм. Эквивалентные решетки. Непрерывные распределения. Влияние амплитудно-фазовых законов и конфигурации апертуры на основные характеристики антенн.  
Многоэлементные антенны (решетки). Взаимодействие элементов, метод наводимых э.д.с. в приближении заданных токов.  
Фазированные антенные решетки (ФАР). Частотное, фазовое и фазочастотное сканирование. Дискретный и дискретно-коммутационный методы. Приближение бесконечной решетки, теорема Флоке. Многолучевые антенные решетки. Трактовка зеркальных, рупорных и линзовых антенн и других как апертурных. Вопросы синтеза антенн. Сверхнаправленность. Типы антенн и их реализация в различных диапазонах волн. Антенны длинных, средних и коротких волн. Вибраторные антенны для КВ и УКВ диапазонов. Спиральные, диэлектрические и ребристо-стержневые антенны. Частотно-независимая антенна. Рупорные, зеркальные, линзовые, щелевые и другие антенны СВЧ. Антенные решетки с электрическим сканированием. Системы управления ФАР, применение ферритов и полупроводниковых элементов. Активные решетки. Приемно-передающие модули. Антенные системы с обработкой сигналов. Синтезированные апертуры. Самофокусирующиеся антенные системы. Устройства обработки сигналов в

многоэлементных антенных системах. Антенны с модулируемыми параметрами. Антенны, производящие обработку широкополосных сигналов. Антенные системы с регулируемыми поляризационными характеристиками. Моноимпульсные антенные системы.

### **Литература к разделу 1**

1. Никольский В.В., Никольская Т.Н. Электродинамика и распространение радиоволн. - М.: Либроком, 2015.
2. Петров Б. М. Электродинамика и распространение радиоволн. - М., Горячая Линия - Телеком, 2004

### **Литература к разделу 2**

3. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. - М., Додэка XXI, 2008.
4. Максимов В. М. Линии передачи СВЧ- диапазона М., Science Press, 2002.
5. Нечаев Ю.Б., Николаев В.И.и др. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии ОАО Концерн "Созвездие" 2008
6. Ерохин Г.А. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. - М.: Радио и связь, 1996.

### **Литература к разделу 3**

7. Зырянов Ю., Федюнин П. Антенны - М. Лань, 2015 г.
8. Хансен Р. Фазированные Антенные решетки, -М.: Техносфера, 2012
9. Филиппов В.С. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решеток. - М.: Радио и связь, 1994
10. Воскресенский Д. И., Гостюхин В. И. Устройства СВЧ и антенны. - М., Радиотехника, 2006.
11. Рихтер С. Г. Цифровое радиовещание. - М., Горячая Линия - Телеком, 2007.
12. Айзенберг Г.З., Ямпольский В.Г., Терешин О.Н. Антенны УКВ.-М.: Связь, 1977.
13. Айзенберг Г.З. Коротковолновые антенны.-М: Радио и связь, 1985.

Программу составили:  
д.т.н., проф. Томашевич С.В.  
к.ф.-м.н. Коровин К.О.

**СОГЛАСОВАНО:**

Проректор по научной работе

А.В. Шестаков

Начальник УНРПНК

А.А. Нестеров