

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель председателя  
приемной комиссии,  
ректор по учебной работе

М.В. Румянцев

**ПРОГРАММА**  
**вступительного испытания в аспирантуру**  
**по направлению 11.06.01 Электроника, радиотехника**  
**и системы связи**  
**программа (профиль) 05.12.07 Антенны,**  
**СВЧ-устройства и их технологии**

Красноярск 2017

## **Введение**

Настоящая программа базируется на кратком паспорте специальности 05.12.07 и на вузовских дисциплинах, соответствующих государственному образовательному стандарту по направлению «Радиотехника»: электродинамика и распространение радиоволн; устройства СВЧ и антенны; радиотехнические цепи и сигналы.

### **1. Общая теория антенн и СВЧ-устройств**

Уравнения Максвелла для нестационарных и монохроматических полей. Материальные уравнения и типы сред. Векторные и скалярные потенциалы электромагнитного поля. Волновые уравнения и уравнения Гельмгольца. Граничные условия. Энергия электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга.

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

Свободные электромагнитные волны как решения однородных уравнений электродинамики в разных системах координат. Плоские однородные волны в изотропных средах с потерями и без потерь и в гиротропных средах (плазма и феррит при наличии подмагничивания). 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. Двойное преломление на границе раздела с гиротропной средой.

Локально-плоские волны и геометрическая оптика. Влияние неоднородности среды на распространение радиоволн. Уравнения эйконала и переноса. Уравнение луча. Сопровождающий трехгранник Френеля па луче. Изменение поляризации вдоль луча. Возникновение каустик. Рефракция в неоднородных средах.

Распространение радиоволн в природных условиях. Влияние земной поверхности, тропосферы, ионосферы, космического пространства на распространение радиоволн.

Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зоны. Теорема эквивалентности, эквивалентные поверхностные источники.

Электромагнитное поле заданного распределения возбуждающих токов в свободном пространстве. Принципы взаимозаменяемости полей, электрических и магнитных токов, принцип двойственности. Принцип электродинамического подобия.

Явления и задачи дифракции. Строгая постановка дифракционных задач. Дифракция на цилиндре, шаре и клине. Интегральные уравнения в задачах дифракции и возбуждения тел сложной формы. Асимптотические методы в квазиоптической области: приближение Гюйгенса-Кирхгофа и геомет-

рическая теория дифракции.

## **2. Теория и техника СВЧ-устройств**

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. Полые волноводы с частичным диэлектрическим и гиротропным заполнением. Полосковые и микрополосковые линии, щелевые и копланарные волноводы. Оптические волноводы, световоды. Замедляющие структуры. Квазиоптические направляющие системы.

Технические характеристики и особенности конструирования фидеров различных диапазонов. Конструктивно-технологические особенности микрополосковых линий.

Теория электромагнитных резонаторов. Полые резонаторы. Диэлектрические и ферритовые резонаторы. Резонаторы на основе планарных структур.

Эквивалентные схемы волноводных устройств. Элементы теории цепей СВЧ. Круговые диаграммы полных сопротивлений и проводимостей.

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.

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.

## **3. Теория и техника антенных устройств и систем**

Теория антенн. Приёмная и передающая антенны, их основные параметры и технические характеристики. Соотношение режимов приёма и передачи, теорема взаимности. Эффективная поверхность антенны. Обратное излучение приемной антенны. Приближение заданных токов и применение сведений об элементарных излучателях в теории антенн.

Система однотипных излучателей. Теорема перемножения диаграмм.

Эквивалентные решётки. Непрерывные распределения. Влияние амплитудно-фазового распределения поля и конфигурации апертуры на основные характеристики антенн.

Многоэлементные антенны (решётки). 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.

Вопросы синтеза антенн. Типы антенн и их реализация в различных диапазонах волн.

Антенны длинных, средних и коротких волн. Вибраторные антенны для диапазонов КВ и УКВ. Антенны бегущей волны дискретного и непрерывного типов.

Спиральные, диэлектрические и ребристо-стержневые антенны. Частотно-независимые антенны. Рупорные, зеркальные, линзовые, щелевые и другие антенны СВЧ.

Антенные решётки с электронным сканированием. Системы управления ФАР, применение ферритов и полупроводниковых элементов. Активные решётки (АФАР). Приемопередающие модули.

#### **4. Проектирование и оптимизация антенн и СВЧ-устройств, а также технология их производства**

Современные компьютерные технологии проектирования, расчёта и оптимизации антенных и СВЧ-устройств широкого применения. Модели базовых элементов разных уровней. Составление модели сложного объекта.

Технология изготовления антенн и СВЧ-устройств.

#### **Список рекомендованных источников**

1. Морозов А. В., Наумов П. Н., Нырцов А. Н. Устройства СВЧ и антенны. Учебник для вузов. – М.: Радиотехника, 2009.
2. Неганов В. А., Осипов О. В., Раевский С. Б., Яровой Г. П. Электродинамика и распространение радиоволн. Учебник / Под ред. В. А. Неганова и С. Б. Раевского. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2009.
3. Баскаков СИ. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Высш. шк., 1992.
4. Никольский В.В., Никольская Т.Н. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Наука, 1989.
5. Григорьев А. Д. Электродинамика и техника СВЧ. – М.: Высш. шк., 1990.
6. Черенкова Е.Л., Чернышев О.В. Распространение радиоволн. – М.: Радио и связь, 1988.
7. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решёток / Под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радио и связь, 1994.
8. Воскресенский Д. И., Гостюхин В. Л., Максимов В. М., Понома-

рев Л. И. / Устройства СВЧ и антенны / Под. ред. Д. И. Воскресенского. Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Радиотехника, 2008.

9. Сазонов Д.С., Гридин А.Н., Мишустин Б.А. Устройства СВЧ. – М.: Высш. школа, 1981. -295 с.

10. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. – М.: Высш. школа, 1988. - 432 с.

11. Неганов В.А., Яровой Г.П. Теория и применение устройств СВЧ. – М.: Радио и связь, 2006. - 720 с.

12. Устройства СВЧ и антенны / Д.И. Воскресенский, В.Л. Гостюхин, В.М. Максимов, Л.И. Пономарёв. – М.: Радиотехника, 2008. - 384 с.

13. Техническая электродинамика / Воскресенский Д.И., Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. – М.: Радио и связь, 2002. - 536 с.

14. Техническая электродинамика : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Е. И. Нефедов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 416 с.

15. Черный Ф.Б. Распространение радиоволн. – М.: Сов. радио, 1972. - 464 с.

16. Семенов А.И. Распространение радиоволн по естественным трассам. - М.: САЙН-ПРЕСС, 2005г. - 80 с.

17. Макаров Г.И. Новиков В.В. Рыбачек С.Т. Распространение электромагнитных волн над земной поверхностью. – М.: Наука, 1991. - 196 с.

18. Фейнберг Е.Л. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. – М.: Наука, 1999. - 495 с.

19. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. - 558 с.

Составитель программы:

Ю. П. Саломатов, канд. техн. наук, профессор.

Программа соответствует паспорту номенклатуры специальностей научных работников.