



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник ОПКВК

 В.П. Драгунов

« 27 »  2014



### ПРОГРАММА

вступительных испытаний в аспирантуру по направлению  
11.06.01 – «Электроника, радиотехника и системы связи»,  
профиль – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»

Новосибирск

2014

## 1. Электродинамика

### 1.1. Основные уравнения электромагнитного поля, свободные электромагнитные волны

Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Уравнение непрерывности полного тока. Система уравнений Максвелла при наличии сторонних источников. Уравнения Максвелла для монохроматического поля в комплексной форме. Проводники и диэлектрики, магнитная и диэлектрическая проницаемости среды. Энергия электромагнитного поля, вектор Пойнтинга, поток энергии. Характеристическое сопротивление среды. Уравнение плоской электромагнитной волны. Плоские волны в диэлектрике и в среде с потерями. Поверхностный эффект. Граничные условия для векторов электрического и магнитного полей в терминах мгновенных значений и комплексных амплитуд. Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела двух сред, угол полного отражения. Структура и свойства электромагнитных волн над и под границей раздела.

### 1.2. Электромагнитные волны в регулярных волноводах и линиях передачи.

Классификация направляемых волн, поперечные и продольные составляющие поля, их взаимосвязь. Критическая частота, дисперсия, фазовая и групповая скорости. Волны ТЕ (Н-типа), ТМ (Е-типа) и ТЕМ (Т-типа). Классификация волноводов и линий передачи. Полосковые и микрополосковые линии, щелевые и копланарные волноводы.

## 2. Устройства СВЧ

### 2.1. Основы теории цепей СВЧ.

Матричное описание элементов и узлов СВЧ. Падающие и отраженные волны на входах/выходах устройства, матрицы рассеяния, передачи, сопротивлений и проводимостей. Взаимосвязь между матрицами. Симметрия, обратимость и реактивность многополюсников. Принципы декомпозиции и рекомпозиции, алгоритмы анализа сложных волноводных узлов.

## 2.2. Базовые элементы и узлы антенно-фидерных трактов.

Согласующие устройства, ступенчатые и плавные переходы для согласования линий передачи и вещественных нагрузок. Ограничения на полосу согласования. Частотные фильтры и их классификация. Элементная база волноводных и полосковых фильтров. Особенности реализации микрополосковых узлов на керамике и полупроводниковых подложках. Электромагнитные резонаторы, собственная и нагруженная добротности. Полые резонаторы и резонирующие планарные структуры. Атенюаторы и фазовращатели. Понятие мостового восьмиполосника (4-плечего устройства). Волноводные тройники, кольцевые синфазные, противофазные и квадратурные делители мощности. Направленные ответвители, микрополосковые тандемные ответвители и мост Ланге. Технология реализации полосковых и микрополосковых узлов, гибридные интегральные микросхемы СВЧ. Сборка и герметизация СВЧ блоков, предотвращение растрескивания керамических подложек. Коммутационные устройства, применение ферритов, полупроводниковых диодов и газовых разрядников. Активные СВЧ микроэлектронные устройства на основе полупроводниковых приборов. Усилители, генераторы, умножители частоты. Применение биполярных и полевых транзисторов. Схемы построения, режимы работы, конструктивное исполнение и характеристики.

## 3. Антенные системы.

Параметры антенн в передающем режиме: диаграмма направленности, поляризационные характеристики, коэффициент усиления антенны, коэффициент полезного действия, коэффициент направленного действия, входное сопротивление, сопротивление излучения, рабочая полоса частот и предельная излучаемая мощность, способы измерения характеристик антенн. Параметры антенн в режиме приема: эффективная поверхность, шумовая температура. Согласование приемной антенны со входом приемника.

Электромагнитное поле элементарного диполя Герца, элементарной электрической рамки, элементарного турникетного и кардиоидного излучателей. Понятие элементарного магнитного диполя, принцип взаимозаменяемости полей в теории антенн.

Дипольная антенна, распределение тока по диполю, уравнение Халлена. Мощность и сопротивление излучения диполя, его входное сопротивление. Границы зон пространства, окружающего диполь, структура поля в разных зонах пространства. Питание диполя симметричными (балансными) линиями передачи. Петлевой диполь, его свойства. Питание

диполя несимметричными источниками, симметрирующие устройства, схемы Марчанда. Печатное исполнение дипольных антенн, особенности реализации.

Турникетные и кардиоидные антенны. Директорные антенны. Логопериодические дипольные антенны. Волноводно-дипольные антенны. Понятие магнитного (щелевого) излучателя, ток замещения и виртуальный магнитный ток в щели.

Излучение двух диполей, теорема перемножения, линейная система из произвольного числа диполей, правило формирования боковых лепестков. Понятие о распределении амплитуд и фаз излучающих токов по полотну антенной решетки, сканирование лучом ФАР. Многолучевые ФАР, диаграммообразующие устройства (матрицы) Бласса, Батлера и Нолена.

Основная волна прямоугольного волновода, токи проводимости и замещения в волноводе, места фрезерования излучающих щелей. Волноводно-щелевая антенная решетка со щелями на широкой стенке волновода, диаграмма направленности, поляризация, согласование с питающим волноводом и коаксиальным кабелем. Волноводно-щелевая антенная решетка со щелями на узкой стенке волновода, резонансные и нерезонансные волноводно-щелевые антенны.

Рупорные антенны, принцип действия, направленность и поляризация, получение вращающейся поляризации. Диэлектрические стержневые антенны. Объемные спиральные антенны, плоские спирали Архимеда. Печатные резонаторные антенны с линейной и вращающейся поляризацией, согласование и направленность. Линзовые диэлектрические антенны, зонирование линзы. Металлопластинчатые ускоряющие линзы. Антенны на основе замедляющих структур.

Зеркальные параболические антенны, принцип действия, направленность, поляризация и согласование. Облучатели зеркальных антенн, компенсация реакции зеркала на облучатель. Зеркальные антенны со специальной формой диаграммы направленности, двузеркальные антенны.

Антенны для системы ГЛОНАСС, приемные антенны систем позиционирования на местности. Антенны систем сотовой связи, локального доступа в Интернет, охранных систем и систем цифрового телевидения и радиовещания.

Автоматизированное проектирование антенн и микроволновых устройств. Принципы формирования стартового (начального) облика проектируемого устройства, оптимизация его параметров. Основные этапы проектирования с использованием системы “CST Microwave Studio”, анализ результатов проектирования, трехмерные, двумерные и анимационные характеристики полей и токов проводимости.

## Литература

1. Шелухин О. И., Румянцев К. Е. Радиоэлектронные средства бытового назначения / Под ред. К.Е.Румянцева. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 480 с.: ил.
2. «Устройства СВЧ и антенны»/ Под ред. Д.И.Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2006. – 375 с.: ил.
3. «Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн»/ Под ред. Г.А.Ерохина. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 491 с.: ил.
4. «Устройства СВЧ и антенны. Проектирование ФАР»/ Под ред. Д.И.Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2003. – 630 с.: ил.
5. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.
6. CST Microwave Studio v. 5// [www.ABBYY.com](http://www.ABBYY.com). См. также на русском языке: терминальный класс кафедры РПИРПУ 4-522, кафедральный сервер.

Программа разработана д.т.н., профессором Горбачевым А.П., д.т.н., профессором Девятковым Г.Н., д.т.н., профессором Разинкиным В.П.

\_\_\_\_\_ / Горбачев А.П./

\_\_\_\_\_ /Девятков Г.Н./

\_\_\_\_\_ / Разинкин В.П./

Программа утверждена на заседании Ученого Совета факультета «Радиотехника и электроника» « 21 » « мая » 2014 года, протокол № 5.

Председатель Совета

д.т.н., проф.

В.А.Хрусталеv

Ученый секретарь

к.т.н., доц.

П.С.Вовченко