

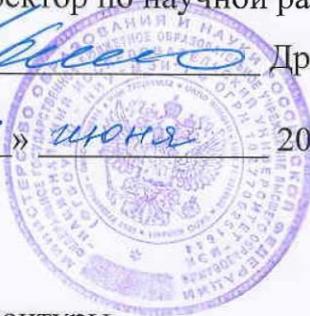
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

 Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность (специальность) 05.12.14 Радиолокация и радионавигация

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Автоматизированное проектирование и оптимизация антенн и СВЧ-устройств»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.4.1

Всего: 108 часов

Семестр 7, в том числе

6 часов – контактная работа,  
84 часа – самостоятельная работа,  
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. № 876, и паспорта специальности, указанной в номенклатуре специальностей научных работников 05.12.14 Радиолокация и радионавигация, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** изучения дисциплины является углубленное изучение методов и программных продуктов для автоматизированного проектирования и оптимизация антенных и СВЧ-устройств.

**Задачами** дисциплины являются:

- изучение математических моделей антенн и СВЧ-устройств;
- изучение современных программных продуктов для расчета антенн и СВЧ-устройств;
- изучение численных методов расчета антенн и СВЧ-устройств.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- способность разрабатывать эффективные алгоритмы решения научных задач (ПК-1);

– способность реализовать разработанные алгоритмы решения научных задач с использованием современных языков программирования (ПК-2).

## **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### **знать:**

– современные универсальные программные продукты электродинамического моделирования антенн и устройств СВЧ (УК-1);

– методы решения электродинамических задач, реализованные в программных комплексах, их особенности и пригодность для решения конкретных задач (УК-2);

### **уметь:**

– сформулировать постановку электродинамической задачи, возникающей при выполнении конкретной работы (ОПК-1);

– выбрать программный продукт, наиболее подходящий для решения поставленной задачи (ОПК-2);

### **владеть:**

– применением современных универсальных программных продуктов электродинамики к решению прикладных задач расчета антенн и СВЧ устройств (ОПК-3);

– методами расчета характеристик антенн радиолокационных, радионавигационных и радиосвязных систем и комплексов с помощью современных математических пакетов (ПК-1);

– способами расчетов геометрических параметров и электрических характеристик антенн и СВЧ устройств (ПК-2);

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

### *1. Численные методы электродинамики*

Метод интегральных уравнений (метод моментов) в задачах дифракции и возбуждения электромагнитных волн на объектах сложной формы. Проекционные методы, метод прямых, методы конечных разностей и конечных элементов. Методы интегрирования уравнений Максвелла во временной области

### *2. Автоматизированное проектирование антенн на базе современных математических пакетов*

Обзор современного программного обеспечения расчета и проектирования антенн и устройств СВЧ. Сравнение метода моментов, метода конечных элементов и метода интегрирования во временной области.

Моделирование вибратора, стоящего перед плоскостью конечной толщины с помощью программы FEKO. Методы расчета в программах FEKO и CST. Вывод лучей, падающих на ребра плоскости.

Моделирование зеркальной и двухзеркальной параболической антенны в системе FEKO. Замена источников поверхностями с ближними полями. Решение задач моделирования антенн с помощью Antenna Magus.

Анализ антенной решетки с помощью каналов Флоке. Анализ антенной решетки в единой конструкции. Черчение антенны из двух излучающих элементов. Оптимизация диаграммы направленности.

Черчение одного элемента излучения в виде сечения волновода.

Применение периодических граничных условий для создания антенной решетки. Расчет диаграммы направленности и диаграммы сканирования антенной решетки

*3. Автоматизированное проектирование устройств СВЧ на базе современных математических пакетов*

Расчет нагрева СВЧ конструкций, работающих в условиях высоких мощностей. Черчение микрополоскового фильтра и расчет поля распределения потерь в конструкции фильтра и температуры нагрева

Анализ анизотропных сред и устройств с использованием сложных радиоматериалов. Черчение и анализ циркулятора (без смещения). Черчение и анализ ферритового вентиля со смещением постоянным магнитным полем

Решение задачи пробоя СВЧ устройств, работающих в условиях космоса. Черчение волноводного фильтра и расчет мультипактного режима его работы в условиях космоса

*4. Решение специальных задач дифракции электромагнитных волн*

Решение оптических задач с помощью программ электродинамического моделирования. Модели диэлектрика в оптическом диапазоне. Метаматериалы. Модель Друде для описания свойств металла. Решение задачи о падении плоской волны на слоистую структуру.

Решение задачи дифракции электромагнитных волн на неоднородных структурах. Падение плоской волны на структуру с коническими окончаниями, с цилиндрическими выступами и резонансными впадинами

Анализ частотно-селективной поверхности

Биологические задачи, решаемые с помощью современного программного обеспечения. Решение задачи поглощения мощности в голове пользователя сотового телефона. Черчение и импорт биологического объекта. Расчет температуры нагрева. Оптимизация конструкции антенной системы. Ближнее и дальнее поле вблизи биологического объекта.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 7 семестр - дифференцированный зачет.

**Вопросы для самоконтроля и проведения зачета**

1. Численные методы, применяемые в универсальных программах электродинамического моделирования, их сравнительные различия и особенности применения
2. Каким образом в в универсальных программах электродинамического моделирования решаются задачи излучения антенн в бесконечном пространстве?
3. Возможности моделирования зеркальных антенн в программе FEKO/
4. Как используется теорема Флоке для моделирования фазированных антенных решеток. Можно ли ее применить для решеток с конечным числом элементов?
5. Моделирование фильтров различных конструкций
6. Возможности решения задач дифракции в универсальных программах электродинамического моделирования

Примеры вопросов в билетах для проведения зачета

1. Сравнение метода моментов, метода конечных элементов и метода интегрирования во временной области
2. Решение задачи проектирования зеркальной антенны в программе FEKO
3. Моделирование ферритового вентиля
4. Решение задачи поглощения мощности в голове пользователя сотового телефона

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная литература**

1. Курушин А.А., Пластиков А.Н. Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio. –М. Издательский дом МЭИ, 2012.

2. Гринев А.Ю. Численные методы решения задач прикладной электродинамики. –М.: Радиотехника, 2012.

### **Дополнительная литература**

1. Банков С.Е., Грибанов А.Н., Курушин А.А. Электродинамическое моделирование антенных и СВЧ структур с помощью FEKO.-М.: OneBook, 2013.
2. Банков С.Е., Курушин А.А. Электродинамика для пользователей САПР". –М.: МЭИ. (В печати)