

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**«МЭИ»**

**ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ (ИРЭ)**

---

Направление подготовки: 210400 Радиотехника

Магистерская программа: Прикладная электродинамика, Методы и устройства формирования сигналов, Радиотехнические системы связи и навигации, Радиолокационные и телевизионные системы, Радиотехнические методы и средства в биомедицинской инженерии, Прием и обработка радиосигналов

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**"МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ**  
**УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ"**

Цикл:	общенаучный	
Часть цикла:	базовая	
№ дисциплины по учебному плану:	М 1.1	
Часов (всего) по учебному плану:	144	
Трудоемкость в зачетных единицах:	4	2 семестр
Лекции	36 час.	2 семестр
Практические занятия	18 час.	2 семестр
Лабораторные работы	18 час.	2 семестр
Расчетные задания, рефераты	Учебным планом не предусмотрены	
Объем самостоятельной работы по учебному плану (всего)	72 час	2 семестр
Экзамены	36 часов самост. работы	2 семестр
Курсовые проекты (работы)	Учебным планом не предусмотрены	

Москва – 2014

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью дисциплины** является освоение методов моделирования радиотехнических устройств и систем и развитие навыков использования средств моделирования.

**Задачами дисциплины являются:**

- привести понятие модели, классификацию моделей;
- дать базовые знания о модельно-ориентированном проектировании, разработке через тестирование;
- определить процедуру компьютерного моделирования;
- привести классификацию радиотехнических систем, составить их обобщенную модель;
- привести формальную постановку задачи моделирования системы;
- привести классификацию методов моделирования сигналов и процессов;
- научить использованию БПФ в задачах моделирования;
- научить использовать метод несущей для моделирования устройств, систем и сигналов;
- научить использовать метод комплексных амплитуд для моделирования устройств, систем и сигналов;
- научить использовать метод статистических эквивалентов для моделирования устройств, систем и сигналов;
- научить использовать метод информационных параметров для моделирования устройств, систем и сигналов;
- сформировать навыки составления компьютерных моделей в среде MATLAB, Octave.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина относится к базовой части общенаучного цикла М.1 основной образовательной программы подготовки магистров по направлению **210400 Радиотехника**.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математика», «Численные методы», «Основы теории цепей», «Радиотехнические цепи и сигналы», «Радиотехнические системы», «Радиоавтоматика».

Знания, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении магистерской диссертации. Освоение дисциплины позволяет студентам применять моделирование при разработке новых радиотехнических систем и комплексов и решении прочих инженерных задач.

## 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения учебной дисциплины обучающиеся должны демонстрировать следующие результаты образования:

**Знать:** процедуру моделирования, методы моделирования радиосистем, принципы формирования компьютерных моделей процессов с заданными свойствами и устройств их обработки.

**Уметь:** выполнять основные этапы процедуры моделирования.

По завершению освоения данной дисциплины студент обладает следующими компетенциями:

### **а) общекультурными (ОК)**

- способностью совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень (ОК-1);

- способностью адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности (ОК-7);
- способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

#### **б) профессиональными (ПК)**

- способностью использовать результаты освоения фундаментальных и прикладных дисциплин магистерской программы (ПК-1);
- способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения (ПК-3);
- способностью собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки и техники.

### **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **4.1 Структура дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа учебных занятий.

№ п/п	Раздел дисциплины.	раздел Всего часов на	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по разделам)
				лк	пр	лаб	сам.	
1	Методологические основы моделирования	4	2	2			2	
2	Основы использования MATLAB	10	2	2	2		6	
3	Математическое моделирование радиоустройств и систем	6	2	2	2		2	
4	Моделирование сигналов	6	2	2	2		2	
5	Представление сигналов в частотной области	6	2	2	2		2	
6	Метод несущей при моделировании радиосистем	9	2	2		5	2	Устный опрос
7	Моделирование линейных звеньев	6	2	2	2		2	
8	Проектирование цифровых фильтров	10	2	4	4		2	
9	Моделирование нелинейных звеньев	4	2	2			2	
10	Метод комплексной огибающей при моделировании радиосистем	8	2	2		4	2	Устный опрос
11	Метод статистических эквивалентов при моделировании радиосистем	13	2	4	2	5	2	Устный опрос

№ п/п	Раздел дисциплины.	Всего часов на	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по разделам)
				лк	пр	лаб	сам.	
12	Формирование случайных величин с заданным законом распределения	4	2	2			2	
13	Формирование случайных процессов с заданными свойствами	6	2	2	2		2	
14	Обработка результатов статистических экспериментов	4	2	2			2	
15	Метод информационного параметра при моделировании радиосистем	8	2	2		4	2	Устный опрос
16	Специализированные средства моделирования и проектирования	4	2	2			2	
	Экзамен	36		–	–	–	36	Устный
	Итого:	144		36	18	18	72	

## 4.2 Содержание лекционно-практических форм обучения

### 4.2.1. Лекции

#### Методологические основы моделирования

Понятие модели и моделирования. Математическая модель. Классификация методов моделирования: математическое, имитационное, компьютерное моделирование. Процедура математического моделирования (общая последовательность этапов моделирования). Модельно ориентированное проектирование. Разработка через тестирование.

#### Основы использования MATLAB

Математические выражения (отображение математических объектов в память ПК, числа целые, вещественные, отрицательные, экспоненциальная форма, комплексные, функции для работы с комплексными числами, символьные вычисления). Переменные (динамическая типизация, допустимые имена переменных, строки символов, встроенные переменные, переменная ans, удаление переменных). Векторы, матрицы, ячейки. Элементы для группировки: структуры, ячейки, объекты. Обзор среды (Command Window, Command History, Workspace, Variable Editor, Plot, сохранение и загрузка Workspace, меню MATLAB). Операторы и функции (матричные и поэлементные операторы, help ops, использование функций). Операции с матрицами (оператор : , транспонирование с и без сопряжения, объединение матриц, обращение к элементу, функции eye, ones, zeros, nan, cross, sum, max). Сообщения об ошибках. Обработка ошибок. Работа с help'ом (команда help, help fun, which, Help через GUI, Demo). Работа со строками (организация строк в Си и MATLAB, функции вычленения пробелов, смены регистра, копирования, сравнения, объединения строк, преобразования типов, eval). Множества (функции intersect, setdiff, union, unique). Построение двумерных графиков. Настройка графиков через GUI. Добавление элементов на график. Трехмерная графика (задание сетки, mesh, meshc, meshz, surf, surfl, waterfall, управление светом). Численные методы (решение линейных уравнений, fminbnd, fsolve). Анализ данных (max, mean, std, fft). Созда-

ние программ (создание скриптов, преобразование в функцию, операторы ветвления и цикла). Simulink (типовая структура программы модели, Simulink как цикл по времени).

### Математическое моделирование радиоустройств и систем

Определения: радиотехническая система, сигнал, информационный процесс. Классификация радиотехнических систем (системы передачи информации, радиолокационные системы, системы радиоразведки, системы радиоуправления, системы радиоэлектронной борьбы, радионавигационные системы). Их обобщенные схемы. История и перспективы развития РТС различных типов. Обобщенная схема РТС. Формализация задачи моделирования РТС (операторное описание, параметры, показатели качества). Общий алгоритм моделирования РТС.

### Моделирование сигналов

Классификация сигналов в РТС. Преобразование цифровых сигналов. Описание сигналов АЦП. Описание сигналов при использовании метода несущей. Описание сигналов при использовании метода комплексных амплитуд. Описание сигналов при использовании метода статистических эквивалентов. Описание сигналов при использовании метода информационного параметра.

### Представление сигналов в частотной области

Преобразование Фурье для непрерывных сигналов. Дискретное преобразование Фурье. Интерпретация результатов дискретного преобразования Фурье. Антиалиасинг. Оконные функции.

### Метод несущей при моделировании радиосистем

Представление сигнала при использовании метода несущей. Математические модели типовых электрических элементов по методу несущей. Квазистатистический метод упрощения. Метод малых нелинейностей. Математические модели функциональных элементов по методу несущей.

### Моделирование линейных звеньев

Метод инвариантности импульсной характеристики. Метод билинейного преобразования. Метод замены дифференциалов.

### Проектирование цифровых фильтров

Задача проектирования фильтра. Проектирование по аналоговому прототипу. Прямые методы синтеза фильтров.

### Моделирование нелинейных звеньев

Моделирование безынерционных нелинейных звеньев. Моделирование замкнутых инерционных нелинейных звеньев. Моделирование звеньев, заданных нелинейными дифференциальными уравнениями.

### Метод комплексной огибающей при моделировании радиосистем

Математическое описание линейных стационарных радиозвеньев. Математическое описание линейных нестационарных радиозвеньев. Математическое описание нелинейных радиозвеньев. Базис функциональных элементов.

### Метод статистических эквивалентов при моделировании радиосистем

Построение эквивалентов методом статистической линеаризации. Построение статистических эквивалентов методом фильтрации информационного параметра. Статистический эквивалент коррелятора. Статистический эквивалент дискриминаторов. Статистический эквивалент следящих систем.

### Формирование случайных величин с заданным законом распределения

Методы генерации случайных величин с равномерным законом распределения. Методы генерации случайных величин с нормальным законом распределения. Методы генерации случайных величин с произвольным законом распределения. Методы генерации случайных векторов.

### Формирование случайных процессов с заданными свойствами

Случайные процессы, их типы, свойства, описание. Моделирование гауссовых случайных процессов с заданными корреляционными свойствами. Моделирование марковских случайных процессов. Моделирование стационарных негауссовых процессов.

### Обработка результатов статистических экспериментов

Оценка закона распределения вероятностей. Проверка соответствия выбранной модели распределения данным эксперимента. Оценка моментов распределения. Оценка корреляционной функции случайного процесса. Оценка спектральной плотности мощности случайного процесса.

### Метод информационного параметра при моделировании радиосистем

Задачи, решаемые методом информационного параметра. Использование метода информационного параметра при моделировании следящих систем.

### Специализированные средства моделирования и проектирования

Электродинамический расчет в Microwave Office. Составление и использование *tast-banche* ей при разработке алгоритмов на базе ПЛИС. Использование SolidWorks для моделирования конструкции радиоэлектронной аппаратуры.

## **4.2.2. Практические занятия**

1. Системы контроля версий. Моделирование RC-цепи.
2. Доплеровский сдвиг навигационного сигнала.
3. Описание сигналов антенной решетки.
4. Быстрое преобразование Фурье. Режектор узкополосных помех.
5. Моделирование линейных звеньев.
6. Проектирование цифрового фильтра.
7. Статистический эквивалент коррелятора.
8. Формирование реализаций случайных величин.

## **4.3. Лабораторные работы**

1. Моделирование электрических цепей методом несущей.
2. Управление диаграммой направленности антенной решетки.
3. Моделирование системы обнаружения сигнала методом статистических эквивалентов.
4. Моделирование следящей системы методом информационного параметра.

## **4.4. Расчетные задания учебным планом не предусмотрены**

## **4.5. Курсовые проекты и курсовые работы учебным планом не предусмотрены**

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Лекции** проводятся в традиционной форме.

**Практические занятия** проводятся в традиционной форме в компьютерном классе.

**Лабораторные занятия** проводятся в традиционной форме в компьютерном классе.

**Самостоятельная работа** включает подготовку к лабораторным работам, подготовку к зачету и экзамену.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос на практических занятиях и лабораторных занятиях.

Аттестация по дисциплине – экзамен.

Оценка за освоение дисциплины – это оценка, полученная студентом на экзамене.

В матрикул по окончании магистратуры вносится оценка за 2 семестр.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Литература:

#### а) основная литература:

1. Монаков А.А. Основы математического моделирования радиотехнических систем. Учебное пособие. – СПб.: ГУАП, 2005. – 100с.

2. Дьяконов В. П. MATLAB 7.\*/R2006/R2007: Самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 768 с.: ил.

3. Борисов Ю.П., Цветнов В.В. Математическое моделирование радиотехнических систем и устройств. - М.: Радио и связь, 1985. 176 с.

#### б) дополнительная литература:

1. Борисов Ю.П., Валуев А.А., Евсиков Ю.А. Моделирование радиоустройств и систем методом комплексных амплитуд. – М.: Издательство МЭИ, 1991.

### 7.2. Электронные образовательные ресурсы:

Учебные и методические материалы представлены на сайте кафедры ([www.srns.ru](http://www.srns.ru)).

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения освоения дисциплины при проведении лабораторных работ используется компьютерный класс.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и с учетом рекомендаций ПрООП ВПО по направлению подготовки **210400 Радиотехника**.

### ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

к.т.н., доцент

Корогодин И.В.

### «УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой РТС

д.т.н., профессор

Перов А.И.

### «СОГЛАСОВАНО»

Директор ИРЭ

д.т.н., профессор

Мирошникова И.Н.