

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
**МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**  
**(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

**ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ (ИЭТ)**

---

Направление подготовки: 140400 Электроэнергетика и электротехника

Программа магистратуры: Электротехнологические процессы и установки с системами питания и управления

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**"МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ"**

Цикл:	профессиональный	
Часть цикла:	Вариативная, по выбору	
№ дисциплины по учебному плану:	ИЭТ; М.2.10.1	
Часов (всего) по учебному плану:	216	
Трудоемкость в зачетных единицах:	6	1 семестр – 6
Лекции	36 час	1 семестр – 36
Практические занятия	18 час	1 семестр – 18
Лабораторные работы	–	
Расчетные задания, рефераты	–	
Объем самостоятельной работы по учебному плану (всего)	162 час	
Экзамены		1 семестр
Курсовые проекты (работы)	–	

Москва - 2011

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью дисциплины является** изучение принципов и подходов к моделированию электро-технологических процессов, установок и систем, в том числе с применением специализированных прикладных программных пакетов.

По завершении освоения данной дисциплины студент способен и готов:

- самостоятельно обучаться новым методам исследования, изменять научный и научно-производственный профиль своей профессиональной деятельности в изменяющихся социокультурных и социальных условиях деятельности (ОК-2);
- самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение, в том числе с помощью информационных технологий (ОК-6);
- использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки (ОК-8);
- использовать углубленные знания в области естественнонаучных и гуманитарных дисциплин в профессиональной деятельности (ПК-1);
- использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности (ПК-2);
- находить творческие решения профессиональных задач, готовностью принимать нестандартные решения (ПК-4);
- анализировать естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности (ПК-5);
- применять современные методы исследования проводить технические испытания и (или) научные эксперименты, оценивать результаты выполненной работы (ПК-6);
- оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы (ПК-8);
- использовать современные и перспективные компьютерные и информационные технологии (ПК-9);
- применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности (ПК-13);
- использовать прикладное программное обеспечение для расчета параметров и выбора устройств электротехнологического оборудования (ПК-14);
- использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах (ПК-36);
- планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований (ПК-37);
- составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований (ПК-40);
- представлять результаты исследования в виде отчетов, рефератов, научных публикаций и на публичных обсуждениях (ПК-41);
- реализовывать различные формы учебной работы (ПК-51).

### **Задачами дисциплины являются:**

- познакомить обучающихся с принципами и подходами к моделированию электротехнологических процессов, установок и систем;
- научить использовать методы математического моделирования и интерпретировать результаты моделирования применительно к исследованию электротехнологических процессов, установок и систем различных классов;
- научить использовать прикладные программные средства математического моделирования, включая современные программные средства решения полевых задач и структурного моделирования динамических систем.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО**

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла М.2 основной образовательной программы подготовки магистров по программе "Электротехнологические процессы и установки с системами питания и управления" направления 140400 Электроэнергетика и электротехника.

Дисциплина базируется на дисциплинах естественнонаучного и математического цикла бакалаврской подготовки, дисциплинах бакалаврской подготовки «Моделирование в технике» и «Электротехнологические установки и системы».

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при изучении дисциплин «Установки индукционного и диэлектрического нагрева», «Дуговые печи и установки спецнагрева», «Плазменные, электронно-лучевые и лазерные установки», «Автоматическое управление электротехнологическими установками», «Конструкции электропечей», «Компьютерное проектирование электротехнологических установок», при прохождении научно-производственной и научно-исследовательской практики и подготовке выпускной квалификационной работы.

## **3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

### **Знать:**

- современные естественнонаучные и прикладные задачи электротехники и энергетики, методы и средства их решения в профессиональной деятельности (УК-7, ПК-20, ПК-21);
- основные источники научно-технической информации по математическому моделированию электротехнологических систем и программным средствам моделирования (УК-2, УК-5);
- программные средства, используемые для моделирования электротехнологических систем (УК-9, ПК-3, ПСК-2, ПСК-4).

### **Уметь:**

- применять современные средства и методы моделирования электротехнологических систем (ПК-20, ПК-21, ПК-31);
- составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований (ПК-23);
- представлять результаты исследования в виде отчетов, рефератов, научных публикаций и на публичных обсуждениях (ПК-24);

- использовать прикладные программные средства для моделирования электротехнологических процессов и систем (УК-9, ПК-3, ПК-31, ПСК-2);
- осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы (УК-2, ПК-20).

**Владеть:**

- навыками применения математических методов конечных разностей и конечных элементов к решению задач моделирования электротехнологических систем (УК-7, ПК-31, ПК-20, ПСК-4);
- навыками использования современных программных средств решения полевых задач и структурного моделирования динамических систем (УК-9, ПК-3, ПК-20, ПСК-2);
- навыками планирования и постановки задач исследования, интерпретации и представления результатов исследований (ПК-20, ПК-24).

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по разделам)
				лк	пр	лаб	сам.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Основные понятия моделирования. Особенности задач моделирования электротехнологических систем различных классов	6	1	2	—	—	4	Тест: основные понятия моделирования
2	Математическое моделирование. Применение метода конечных разностей к моделированию электротехнологических систем	26	1	6	2	—	18	Контрольная работа
3	Математические основы метода конечных элементов (МКЭ)	26	1	6	2	—	18	Тест: математические основы МКЭ
4	Особенности применения численных методов к решению задач конвективного теплообмена и теплообмена излучением	26	1	6	2	—	18	Контрольная работа
5	Применение МКЭ к моделированию электромагнитных, тепловых и газогидродинамических процессов в электротехнологических системах. Пакеты прикладных программ, реализующие МКЭ. Моделирование электротехнологических процессов в ELCUT	48	1	8	6	—	34	Тест: применение МКЭ к моделированию процессов в электротехнологических системах
6	Структурное моделирование систем автоматического управления, источников питания и механизмов электротехнологических уста-	28	1	4	4	—	20	Тест: структурное математическое моделирование в электротехнологических системах

	новок в SIMULINK							
7	Модели надежности электротехнологических систем	20	1	4	2	—	14	Тест: модели надежности
	Экзамен	36	1				36	Устный
	Итого:	216		36	18		162	

## 4.2 Содержание лекционно-практических форм обучения

### 4.2.1. Лекции

#### 1. Основные понятия моделирования. Особенности задач моделирования электротехнологических систем различных классов

Основные понятия моделирования, классификация моделей. Математическое моделирование. Характеристика электротехнологических установок и систем различных классов (электродвигатели, электротеплообменники, установки индукционного, диэлектрического, дугового, плазменного, электронно-лучевого нагрева, рудно-термические печи, установки электрошлакового переплава и др.) как объектов моделирования. Особенности задач математического моделирования ряда электротехнологических систем, связанные с нелинейностью, распределенностью параметров, вероятностным характером процессов. Объекты электротехнологии как комплексные системы.

#### 2. Математическое моделирование. Применение метода конечных разностей к моделированию электротехнологических систем

Математическое моделирование. Метод конечных разностей (МКР). Применение метода конечных разностей к моделированию электротехнологических процессов, включая многомерные задачи теплопроводности, совместное решение электромагнитных и тепловых задач (индукционный и другие виды нагрева), в том числе в нелинейной постановке. Примеры.

#### 3. Математические основы метода конечных элементов (МКЭ)

Основные концепции МКЭ. Построение дискретной модели и функций формы элементов. Система уравнений МКЭ. Локальная и глобальная матрицы. Решение системы уравнений МКЭ. Особенности программной реализации МКЭ.

#### 4. Особенности применения численных методов к решению задач конвективного теплообмена и теплообмена излучением

Численные методы решения задач конвективного теплообмена. Конечно-разностные схемы для уравнения энергии. Применимость МКР и МКЭ к решению задач конвективного теплообмена.

Численные методы решения задач теплообмена излучением. Задачи расчета теплообмена в системе серых тел с диффузным отражением. Расчет угловых коэффициентов с использованием численного вычисления кратных интегралов. Расчет угловых коэффициентов методом статистической имитации. Моделирование теплообмена в поглощающих, излучающих и рассеивающих средах.

#### 5. Применение МКЭ к моделированию электромагнитных, тепловых и газогидродинамических процессов в электротехнологических системах. Пакеты прикладных программ, реализующие МКЭ. Моделирование электротехнологических процессов в ELCUT

Пакеты прикладных программ, реализующих МКЭ. Введение в моделирование электромагнитных, тепловых и газогидродинамических процессов в электротехнологических системах с использованием пакета ELCUT. Задание геометрии системы, граничных условий, выбор

дискретизации расчетной области. Примеры. Характеристика возможностей программных пакетов ANSYS, MAXWELL.

6. Структурное моделирование систем автоматического управления, источников питания и механизмов электротехнологических установок в SIMULINK

Применение MATLAB/SIMULINK к структурному моделированию систем автоматического управления, источников питания и механизмов электротехнологических установок. Примеры.

7. Модели надежности электротехнологических систем

Понятие надежности. Модели надежности электротехнологических систем. Надежность резервированных и нерезервированных систем.

**4.2.2. Практические занятия**

Совместное решение электромагнитной задачи и задачи теплопроводности с внутренними источниками теплоты (индукционный нагрев) методом конечных разностей.

Формирование системы уравнений МКЭ.

Расчет угловых коэффициентов теплообмена излучением.

Моделирование двумерных полей в ELCUT.

Примеры структурных моделей систем управления, источников питания и механизмов электротехнологических установок в MATLAB/SIMULINK.

Модели надежности электротехнологических систем.

**4.3. Лабораторные работы**

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

**4.4. Расчетные задания**

Расчетные задания учебным планом не предусмотрены.

**4.5. Курсовые проекты и курсовые работы**

Курсовые проекты и курсовые работы учебным планом не предусмотрены.

**5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Лекционные занятия** проводятся в форме лекций с использованием презентаций и демонстрацией работы программных средств моделирования.

**Практические занятия** включают работу с прикладными программными средствами математического моделирования.

**Самостоятельная работа** включает подготовку к тестам и контрольным работам, к экзамену.

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

Для текущего контроля успеваемости используются тесты, контрольные работы, устный опрос.

Аттестация по дисциплине – экзамен.

Оценка за освоение дисциплины определяется как **оценка на экзамене**.

В приложение к диплому вносится оценка за 1 семестр.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Литература:**

#### **а) основная литература:**

1. Сидоров О.Ю., Сарапулов Ф.Н., Сарапулов С.Ф. Методы конечных элементов и конечных разностей в электромеханике и электротехнологии. - М.: Энергоатомиздат, 2010. 331 с.
2. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 496 с.
2. Ильинский Н.Ф. Моделирование в технике. – М.: Издательство МЭИ, 2004. 84 с.
3. Рубцов В.П., Погребисский М.Я. Моделирование в технике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 104 с.
4. Веников В.А., Веников Г.В. Теория подобия и моделирование. – М.: Высшая школа, 1984. 439 с.
5. Дульнев Г.Н. и др. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена. – М.: Высшая школа, 1990. 207 с.

#### **б) дополнительная литература:**

1. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Версия 5.2. Руководство пользователя. – С.-Пб.: Производственный кооператив ТОР, 2005. 257 с.
2. Математическое моделирование. / В.Ф. Белов, Г.И. Шабанов, С.А. Карпушкина и др. Саранск: Издательство Мордовского университета, 2001. 338 с.
3. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера. – М.: Едиториал УРСС, 2009. 272 с.
4. Вишняков С.В. и др. Расчет электромагнитных полей с помощью программного комплекса ANSYS. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. 100 с.
5. Иванушкин В.А., Сарапулов Ф.Н., Шимчик П. Структурное моделирование электромеханических систем и их элементов. – Шецин: Б. и., 2000. 310 с.
6. Дьяконов В.П. MATLAB 6/6.1/6.5 + SIMULINK 4/5. Основы применения. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 768 с.
7. Дьяконов В.П. Практика симуляции и моделирования. – М.: Солон-Пресс, 2002.
8. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учеб. пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. 320 с.
9. Кувалдин А.Б., Сальникова И.П. и др. Электромагнитная волна в ферромагнитном теле. – М.: Издательство МЭИ, 1992.
10. Погребисский М.Я., Киренская О.К., Батов Н.Г. Теплопередача в электрических печах сопротивления. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. 104 с.

### **7.2. Электронные образовательные ресурсы:**

#### **а) лицензионное программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

ELCUT, MATLAB/SIMULINK

[www.exponenta.ru](http://www.exponenta.ru); [www.tor.ru](http://www.tor.ru)

#### **б) другие**

Вишняков С.В. Моделирование электромагнитных полей с помощью программного комплекса ANSYS [Электронный образовательный ресурс]: лабораторный практикум. – М.: МЭИ (ТУ), 2008.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения освоения дисциплины необходимо наличие учебной аудитории, снабженной мультимедийными средствами для представления презентаций лекций и демонстрации программных средств, класса персональных ЭВМ с доступом к ELCUT и MATLAB/SIMULINK.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки 140400 «Электроэнергетика и электротехника».

### **ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

к.т.н., доцент

Погребисский М.Я.

### **"УТВЕРЖДАЮ":**

Зав. кафедрой ФЭМАЭК

д.т.н., профессор

Серебрянников С.В.