

# Математическое моделирование в электротехнике

Доцент каф. ЭПЭО Бурулько  
Лев Кириллович

# Выписка из учебного плана

- Лекций – 16 ч.
- Консультаций – 3 ч.
- Лабораторных работ – 32 ч.
- Итоговая аттестация – экзамен
- Всего аудиторных занятий – 48 ч.
- Самостоятельная работа – 48 ч.
- Всего часов на дисциплину – 96 ч.

# Самостоятельная работа

Самостоятельная работа – это:

1. Подготовка к лабораторным работам;
2. Подготовка к конференц-неделям;
3. Проработка отдельных разделов дисциплины самостоятельно;
4. Подготовка к экзамену.

# Учебно-методическое обеспечение

- Учебники и учебные пособия, наименования которых приведены в списке учебной литературы;
- Учебно-методические пособия, разработанные на кафедре ЭПЭО;
- Прикладное программное обеспечение: *MathCAD 200х; MatLAB; MS-Office Excel 200х; Electronics Workbench; P-CAD; T-Flex CAD, ELCUT.*

# Учебники

- В. Дьяконов *MathCAD 2000: учебный курс* – СПб.: Питер, 2001. – 592 с.
- В. Дьяконов *MatLAB 6: учебный курс* – СПб.: Питер, 2001. – 592 с.
- В. Дьяконов *Simulink - 4: Специальный справочник* – СПб.: Питер, 2002. – 528 с.

# Учебные пособия

- Бурулько Л.К., Овчаренко Е.В. Математическое моделирование в электротехнике: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. -100 с.
- Бурулько Л.К. Математическое моделирование электромеханических систем. Часть 1 : Математическое моделирование преобразователей электрической энергии переменного тока: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. -104 с

- Мальцева О. П., Кояин Н. В., Удут Л. С. Численные методы в электротехнике: Компьютерный лабораторный практикум/ . – Томск, Изд-во ТПУ 2003. – 100 с.
- Бурулько Л.К. Математическое моделирование электромеханических систем. Лабораторный практикум: учебное пособие / Л.К. Бурулько; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 68 с

- А.В. Аристов, Л. К. Бурулько, Л.А. Паюк  
Математическое моделирование в электромеханике. Учебное пособие: Томск, Изд-во ТПУ 2005. – 155 с.
- Краснов И.Ю. Математическое моделирование в электротехнике: учебное пособие Часть 1 – Томск: Изд-во ТПУ 2009. – 284 с.
- Краснов И.Ю. Математическое моделирование в электротехнике: учебное пособие Часть 2 – Томск: Изд-во ТПУ 2009. – 222 с.

- Глазырин А.С. Аналитические методы математического моделирования электромеханических систем: учебное пособие – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 204 с.

# Основные разделы дисциплины

- Основы математического моделирования.
- Методы решения систем алгебраических и дифференциальных уравнений, описывающих статику и динамику линейных электрических цепей и электромеханических систем.
- Математические модели электрических систем и их элементов.

- Основы моделирование в системе MathCAD.
- Моделирование в системе Matlab/Simulink

# Основы математического моделирования

- Основные понятия и определения.
- Виды математических моделей.
- Построение математических моделей.
- Алгоритмы решения математических моделей

# Основные понятия и определения.

- Основным объектом исследования, изучения с помощью метода математического моделирования являются электромеханические системы, широко используемые в таких областях науки и техники, как энергетика, электромеханика и электротехника.

- ***Электротехника*** – область науки и техники, связанная с применением электрических и магнитных явлений для преобразования энергии, получения и изменения химического состава веществ, производства и обработки материалов, передачи информации, охватывающая вопросы получения, преобразования и использования электрической энергии в практической деятельности человека

- **Энергетика** – это отрасль промышленности, совокупность больших естественных и искусственных подсистем, служащих для преобразования, распределения и использования энергетических ресурсов всех видов. Основной задачей энергетики и входящих в нее структур – обеспечение производства электрической или тепловой энергии.

- **Электромеханика** – область науки, изучающая взаимное преобразование механической и электрической энергии, а также преобразование электрической энергии с одними параметрами в электрическую энергию с другими параметрами. В настоящее время основным объектом электромеханики, как специфического отдела электротехники, являются не постройка и эксплуатация электрических двигателей и машин, а создание и эксплуатация электромеханических систем, обеспечивающих движение различных транспортных средств: автомобилей, электровозов, самолетов, и автоматизацию современных технологических объектов.

- **Электромеханическая система** (ЭМС) – это система, осуществляющая преобразование электрической энергии в механическую энергию и наоборот.
- **Моделирование** как философская категория – это метод опосредованного познания. Понятие моделирования непосредственно связано с такими понятиями как оригинал, модель, подобие.

- **Оригинал** – это объект, подлежащий исследованию, т. е. реально существующий или проектируемый объект, а также явление, режим или процесс.
- **Модель** – аналог оригинала, т. е. вспомогательный объект, находящийся в определенном соответствии с оригиналом, но более удобный для решения задачи конкретного исследования.

Между моделью и оригиналом должно существовать известное подобие. Оно заключается или в сходстве физических характеристик модели и оригинала, или в сходстве выполняемых функций, либо в тождестве поведения модели и оригинала. Таким образом, понятие модели всегда требует введение понятия подобия.

- **Подобие** – это взаимно-однозначное соответствие между исследуемым объектом (моделью) и оригиналом, при котором правила перехода от параметров модели к параметрам оригинала известны, а математическое описание допускает их преобразование к тождественному виду.
- **Моделирование** как процесс содержит в себя три элемента:
  1. субъект (исследователь),
  2. объект исследования,
  3. модель, определяющую (отражающую) отношения познающего субъекта и познаваемого объекта.

# Виды моделирования.

- **Методы моделирования** делятся на две группы: *материальное (предметное)* и *идеальное моделирование*. Материальное моделирование основано на материальной аналогии объекта и модели. Оно осуществляется с помощью воспроизведения основных геометрических, физических или функциональных характеристик изучаемого объекта.

• **Физическое моделирование** – это частный случай материального моделирования, когда модель и моделируемый объект имеют одну и ту же физическую природу. Физические модели воспроизводят весь комплекс свойств изучаемых явлений. При физическом моделировании в дополнение к геометрическому подобию предусматривается подобие скоростей, сил, материальных сред и т. д.

• **Математическое моделирование** представляет собой группу методов идеального моделирования. Математическое моделирование осуществляется средствами логико-математических построений математических моделей.

• **Математическая модель** – это описание оригинала с помощью математической символики. Это система математических объектов (чисел, переменных, матриц, множеств и т. п.) и отношений между ними, которые характеризуют некоторые свойства оригинала.

# Виды моделей

- В качестве моделей энергетических и электромеханических систем различают модели физические, математические и геометрические.

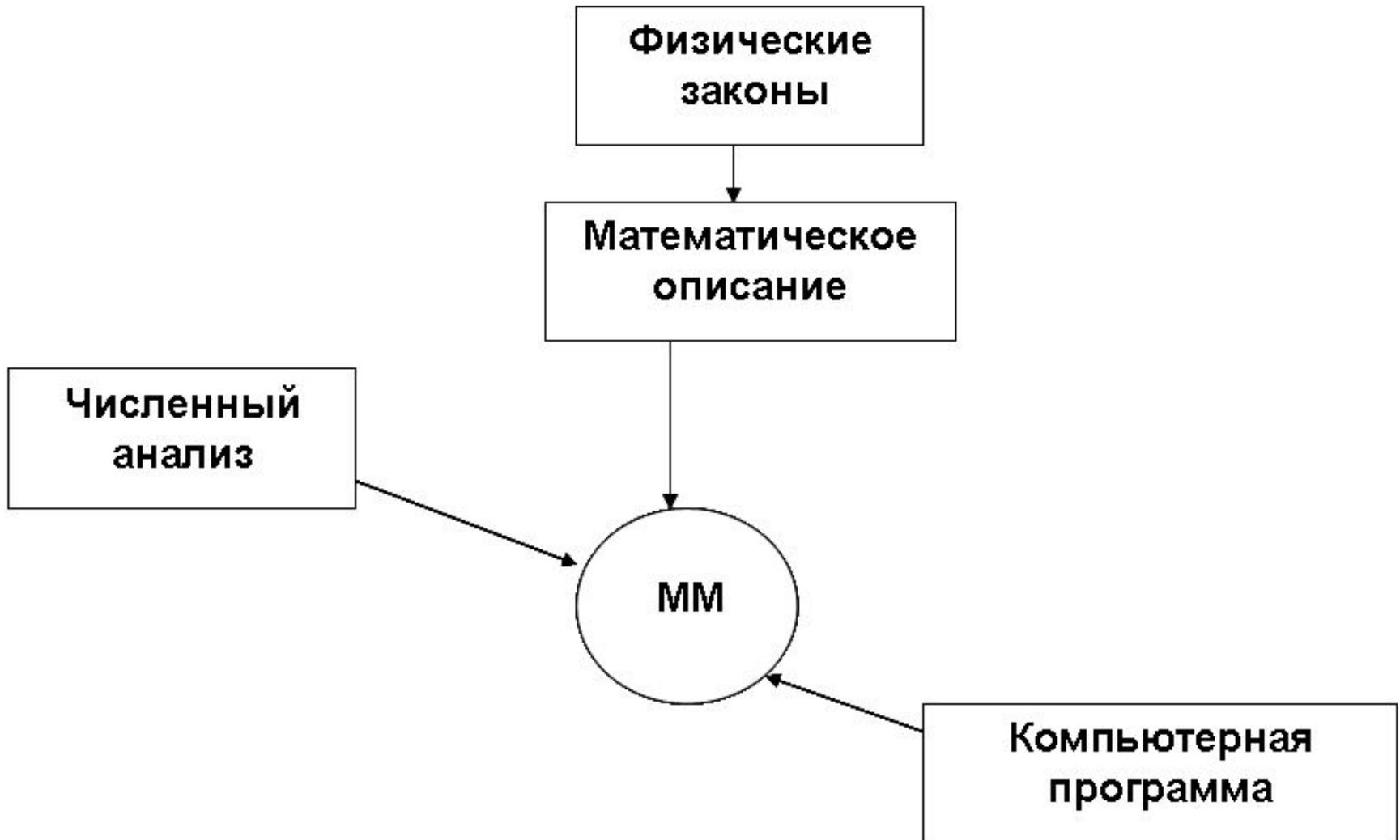
**Геометрические модели** дают внешнее представление оригинала и большей частью служат для демонстрационных целей. Они показывают принцип действия, взаимное расположение объектов в процессе сборки, компоновку.

- **Физические модели** предназначены для определения численных значений величин, характеризующих поведение реального объекта путем измерения соответствующих величин в модели.
- **Физическая модель** — это модель, выполненная из конкретных материалов по определенной технологии и с соблюдением геометрических соотношений (либо пропорций). Она максимально отражает физические процессы в исследуемом объекте.

При использовании методов моделирования в электромеханике, энергетике и электротехнике, как показывает практика, наиболее эффективным и универсальным инструментом исследователя и инженера при решении задач анализа, синтеза и управления электромеханическими и энергетическими системами и установками является

*метод математического моделирования.*

# Схема математической модели



# Математическое описание

- Математическое описание является одним из основных этапов моделирования.
- Математическое описание состоит из двух подсистем уравнений – компонентной и топологической.

Топологические уравнения – это системы алгебраических и дифференциальных уравнений.

Это уравнения электрического и механического равновесия, составляемые на основе законов Кирхгофа и Ньютона.

Уравнения отдельных элементов схемы называются компонентными

# Численный анализ

Решение алгебраических и дифференциальных уравнений реализуется с использованием численных методов.

Эффективность моделирования при этом оценивают по двум показателям — точности и скорости нахождения решения.

Обычно между ними существует противоречие: для повышения точности уменьшают шаг интегрирования, но при этом увеличивается время счёта.

# Компьютерная программа

- Заключительным этапом построения математической модели является подготовка алгоритма и пользовательской программы с учетом типа ЭВМ, характерных ее особенностей и прикладного программного обеспечения, типа MathGAD, MatLAB, Elcut, Multisim и т.д.

# Выбор метода решения математических уравнений

Вторым важным моментом при математическом моделировании является решение уравнений, описывающих процессы в системе. В зависимости от сложности полученного математического описания процессов в рассматриваемой системе и конечной цели исследований решение уравнений можно осуществлять:

- классическим методом;
- операторным методом;
- численными методами