



Голубева Н. В.
Математическое моделирование систем и процессов:
Учебное пособие. 1-е изд.

Рекомендовано УМО в качестве учебного пособия для студентов вузов железнодорожного транспорта

ISBN 978-5-8114-1424-6

Год выпуска 2013

Тираж 1000 экз.

Формат 12,8×20 см

Переплет: твердый

Страниц 192

Цена 469,92 руб.

Учебное пособие отражает содержание дисциплины «Математическое моделирование систем и процессов», относящейся к дисциплинам базовой части математического и научно-инженерного цикла государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования третьего поколения.

Цель данного пособия — раскрыть суть математического моделирования как научного метода, инструмента исследования технических систем, показать его роль и возможности для решения различных научных и инженерных задач, познакомить студента с основами моделирования систем электроснабжения железных дорог, с принципами выбора математического аппарата для описания объектов различных классов.

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения технических вузов, а также для обучения с использованием дистанционных образовательных технологий.

Рецензенты:

М. П. Бадёр — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Электроснабжение электрических железных дорог» МИИТа;
Б. А. Дудин — кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника, метрология и электроэнергетика» МИИТа;
В. Н. Горюнов — доктор технических наук, профессор, директор энергетического института, зав. кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий» ОГТУ; *В. В. Сукачев* — главный инженер Омской дистанции электроснабжения Западно-Сибирской железной дороги.

Введение

Математическое моделирование — это научный прием, способ исследования объектов и получения новой информации о них. Решение подавляющего большинства научных и инженерно-технических задач (проектирование и оптимизация систем, оптимальное управление объектом, изучение механизма явлений, прогнозирование развития процессов во времени и др.) базируется на математическом моделировании.

Владение теоретической базой и инструментами математического моделирования должно быть неотъемлемым атрибутом современного специалиста в области систем электроснабжения железных дорог.

Математическое моделирование предполагает описание исследуемых явлений, процессов, систем различной физической природы языком математических соотношений. Класс математической модели определяется постановкой задачи и целью исследования, а также уровнем знаний экспериментатора о моделируемом объекте.

Выдающиеся ученые в области прикладной математики и математического моделирования А. Н. Тихонов и Д. П. Костомаров в своей книге «Вводные лекции по прикладной математике» подчеркивали, что «благодаря замене реального объекта соответствующей ему моделью появляется возможность сформулировать задачу его изучения как математическую и воспользоваться для анализа универсальным математическим аппаратом, который не зависит от конкретной природы объекта. Математика позволяет единообразно описать широкий круг фактов и наблюдений, провести их детальный количественный анализ, предсказать, как поведет себя объект в различных условиях, т. е. спрогнозировать результаты будущих наблюдений».

Создание адекватной и эффективной модели, способствующей достижению поставленной цели, требует не только глубоких знаний исследователя в данной прикладной области и в смежных областях, владения соответствующим математическим аппаратом, но и интуиции, опыта, способности анализировать полученную информацию и предвидеть дальнейшее течение процессов.

Высочайший уровень отечественной научной школы математического моделирования обеспечил многие выдающиеся достижения: создание ракетно-ядерного щита, запуск искусственных спутников и пилотируемых космических аппаратов, открытие нового физического явления в плазме — образования самоподдерживающегося высокотемпературного электропроводного слоя (Т-слоя) при нестационарном движении в магнитном поле сжимаемой среды, создание науки о прочности авиационных конструкций и др.

В настоящее время разработкой оптимальных математических моделей для решения актуальных задач техники, создания новых технологий, космических исследований, изучения природных явлений и др. занимаются специально созданные институты, среди которых Институт математического моделирования РАН, Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН.

ОАО «ВНИИЖТ» (Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта) совместно с «Российским федеральным ядерным центром — Всероссийским научно-исследовательским институтом экспериментальной физики» (РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров) планируют создание Центра математического моделирования для решения проблем железнодорожной отрасли.

Центр будет заниматься задачами моделирования свойств материалов и конструкций, контактными моделированием (колесо — рельс, токоприемник — контактный провод), аэродинамическими испытаниями и др.

Цель данной книги: познакомить студента с основами математического моделирования систем и процессов, с которыми придется иметь дело будущим выпускникам; с кругом задач, решаемых посредством моделирования; с этапами математического моделирования; с классификациями моделей по характеру, по форме представления, по способу получения; с достоинствами и недостатками математических моделей различных классов; с детерминированным и стохастическим подходами к решению задач моделирования; с приемами преобразования модели одного класса в другой; с методами решения и анализа моделей различных классов; показать студенту, что успех решения любой инженерно-технической и научной задачи в большой степени определяется корректностью (правильностью) постановки задачи; выбором целесообразного математического аппарата для построения модели, обеспечивающего адекватность описания исследуемого объекта; правильной интерпретацией результатов моделирования.

Материал, представленный в учебнике, будет способствовать формированию у студентов таких компетенций, как способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения, к применению методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, к приобретению новых математических и естественнонаучных знаний на основе использования современных информационных технологий.

Голубева Н. В.

Математическое моделирование систем и процессов:

Учебное пособие. 1-е изд.

Оглавление

[Введение 2](#)

[Глава 1. Моделирование как научный прием 6](#)

- 1.1. Основные понятия 6
- 1.2. Классификация моделей 7
- 1.3. Математическое моделирование 12
 - 1.3.1. Цели математического моделирования 15
 - 1.3.2. Требования к математической модели 16
 - 1.3.3. Этапы математического моделирования 17
 - 1.3.4. Классификация математических моделей 21

[Глава 2. Математические модели в форме систем линейных алгебраических уравнений 25](#)

- 2.1. Области применения 25
- 2.2. Базовые понятия 26
- 2.3. Примеры формирования моделей 28
- 2.4. Методы решения 33
 - 2.4.1. Прямые методы 33
 - 2.4.2. Итерационные методы 38

[Глава 3. Математические модели в форме нелинейных алгебраических и трансцендентных уравнений 41](#)

- 3.1. Пример формирования модели 41
- 3.2. Базовые понятия 42
- 3.3. Методы решения 43
 - 3.3.1. Особенности численных методов решения 44

[Глава 4. Математические модели в форме обыкновенных дифференциальных уравнений 60](#)

- 4.1. Области применения 60
- 4.2. Базовые понятия 61
- 4.3. Примеры формирования моделей 64
- 4.4. Решение математических моделей в классе обыкновенных дифференциальных уравнений 69
- 4.5. Методы решения математических моделей в классе ОДУ 71
 - 4.5.1. Численные методы решения задачи Коши 73

4.5.2. Метод Рунге — Кутты	75
4.6. Качественное исследование динамических систем методом фазовой плоскости	78
Глава 5. Математические модели для систем с распределенными параметрами	83
5.1. Области применения	83
5.2. Примеры моделирования	84
Глава 6. Детерминированные и стохастические математические модели	89
6.1. Базовые понятия. Два подхода к моделированию физических систем	89
6.2. Основные вероятностные характеристики случайного процесса	92
6.3. Особенности моделирования случайного процесса $w(t)$	96
Глава 7. Математические модели в форме передаточных функций	100
7.1. Базовые понятия	100
7.2. Передаточная функция в форме изображений Лапласа	103
7.3. Передаточная функция в операторной форме	107
7.4. Элементарные типовые звенья динамических систем	110
Глава 8. Математические модели в пространстве состояний	116
8.1. Основные понятия	116
8.2. Линейные непрерывные детерминированные динамические системы	119
8.3. Формирование математической модели в пространстве состояний по дифференциальному уравнению n -го порядка	120
8.4. Формирование математической модели в пространстве состояний по передаточной функции системы	123
8.5. Примеры формирования модели в пространстве состояний для исследования процессов в электрической цепи	124
8.6. Линейные дискретные детерминированные системы в пространстве состояний	129
Глава 9. Другие виды математических моделей физических систем во временной области	130
9.1. Переходная функция	130
9.2. Импульсная переходная функция	131
Глава 10. Математические модели в частотной области	133
Глава 11. Математические модели в форме интегральных уравнений	135
Глава 12. Построение эмпирических моделей на основе аппроксимации данных	138
12.1. Базовые понятия	138
12.2. Метод наименьших квадратов	142
12.3. Примеры формирования эмпирических моделей	144
Глава 13. Решение задачи интерполяции при построении эмпирических моделей	149
13.1. Постановка задачи	149
13.2. Интерполяция полиномом в каноническом виде	152
13.3. Интерполяция полиномом Лагранжа	153
13.4. Интерполяция сплайнами	156
Глава 14. Численное интегрирование	159
14.1. Постановка задачи	159
14.2. Обзор классических методов численного интегрирования	162
14.3. Метод Монте-Карло (метод статистических испытаний)	168
Приложения	176
Библиографический список	176
Предметный указатель	180
