

УДК (5.19.67+681.3.06) (076)

ББК 22.18

Д79

*Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Казанского национального исследовательского технологического университета*

*Рецензенты:*

*д-р физ.-мат. наук, проф. каф. автоматизации и  
управления КНИТУ (КАИ) С.М. Чернявский*

*вед. сотр. КФУ, канд. физ.-мат. наук*

*Р. М. Рахматуллин*

**Дуев С. И.**

**Д79** Решение задач математического моделирования в системе MathCAD : учебное пособие / С. И. Дуев; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. – 128 с.

ISBN 978-5-7882-2251-6

Рассмотрены основные возможности математической системы MathCAD и применение ее для решения задач математического моделирования.

Предназначено для бакалавров направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии», изучающих дисциплину «Моделирование физических процессов», и магистров направления 09.04.02 «Информационные системы и технологии», изучающих дисциплину «Моделирование объектов, явлений, процессов и систем».

Подготовлено на кафедре информатики и прикладной математики.

**УДК (5.19.67+681.3.06) (076)**

**ББК 22.18**

ISBN 978-5-7882-2251-6 © Дуев С. И., 2017

© Казанский национальный исследовательский  
технологический университет, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Система MathCAD .....	4
1.1 Работа с математической системой MathCAD.....	4
1.1.1 Первый запуск системы .....	4
1.1.2 Пользователи системы MathCAD.....	4
1.1.3 Палитры математических знаков и документы MathCAD.....	7
1.1.4 Работа с формульным редактором .....	8
1.1.5 Вызов восторенных функций.....	10
1.1.6 Элементы графической визуализации .....	11
1.1.7 Ошибки в вычислениях и отладка вычислений .....	12
1.1.8 Работа с центром управления ресурсами и справкой.....	13
1.2 Основные объекты входного языка MathCAD.....	14
1.2.1 Алфавит, константы и переменные .....	14
1.2.2 Операторы сравнения и логические операторы .....	17
1.3 Построение графиков.....	23
1.3.1 Работа с двумерными графиками .....	23
1.3.1.1 Типовое построение графиков в декартовой системе.....	24
1.3.2 Типовое построение графиков в полярной системе .....	24
1.3.3 Построение поверхностей с использованием матрицы- аппликат .....	25
1.4 Символьные вычисления и оптимизация вычисления .....	26
1.5 Программирование в системе MathCAD основные средства программирования .....	28
1.6 Решение задач вычислительной математики вMathCAD.....	31
1.6.1 Решение систем линейных уравнений.....	31
1.6.2 Решение нелинейных уравнений и систем .....	31
1.6.2.1 Функция поиска корня нелинейного уравнения root .....	31
1.6.2.2 Функция поиска всех корней многочлена polyroots.....	32
1.6.2.3 Директива Given для подготовки блока решения	

Системы уравнений.....	32
1.6.2.4 Функция Find и Minerr для решения систем Нелинейных уравнений .....	33
1.6.2.5 Реализация итерационных вычислений .....	33
1.6.3 Сплайн-интерполяция.....	34
1.6.4 Аппроксимация функций, заданных таблично .....	34
1.6.5 Решение задач оптимизации нелинейного программиро- вания .....	36
1.6.5.1 Решение дифференциального уравнения первого порядка .....	38
1.6.5.2 Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений .....	39
2. Решение задач прикладной математики .....	42
2.1 Решение уравнения с одним неизвестным .....	42
2.1.1 Определение корня заданного уравнения $9 - \ln x - x = 0$ гра- фическим способом в системе MathCAD .....	42
2.1.2 Метод итераций .....	44
2.1.3 Метод касательных (метод Ньютона) .....	44
2.2 Решение системы линейных уравнений. Линейная алгебра .....	45
2.2.1 Решение системы линейных уравнений методом обратной матрицы.....	45
2.2.2 Решение системы линейных уравнений с помощью ко- манды Isolve .....	47
2.2.3 Матричные операции .....	47
2.3 Решение систем нелинейных уравнений .....	49
2.3.1 Метод итераций .....	49
2.3.2 Решение системы нелинейных уравнений с помощью команд MathCAD .....	52
2.4 Решение задач аппроксимации .....	53
2.4.1 Линейная аппроксимация .....	53
2.4.2 Параболическая аппроксимация .....	54
2.5 Вычисления определенных интегралов .....	56
2.5.1 Метод левых прямоугольников .....	57
2.5.2 Метод правых прямоугольников .....	58

2.5.3	Метод трапеций .....	58
2.5.4	Метод первообразной .....	58
2.5.5	Вычисления интеграла с помощью системы MathCAD.....	59
2.6	Решение дифференциальных уравнений с помощью системы MathCAD .....	60
2.7	Решение систем дифференциальных уравнений с помощью системы MathCAD.....	62
2.8	Построение интерполяционных полиномов Ньютона и Лагранжа .....	65
3.	Решение задач математического моделирования .....	68
3.1	Поиск экстремумов функций .....	68
3.1.1	Определение локальных экстремумов графическим спо- собом .....	68
3.1.2	Аналитический метод определения экстремумов функций одной переменной .....	71
3.1.3	Поиск экстремумов функции одной переменной с помо- щью команд MathCAD .....	74
3.1.4	Поиск экстремума функции двух переменных с использо- вание системы MathCAD.....	75
3.1.5	Поиск экстремума функции от двух переменных методом градиента.....	78
3.1.6	Линейное программирование .....	85
3.1.7	Поиск экстремумов функций при наличии ограничений с помощью системы MathCAD.....	87
3.2	Решение задач математического моделирования .....	88
3.2.1	Выбор эмпирической зависимости .....	88
3.2.2	Уравнение Вольтерра-Лотка .....	94
3.2.3	Математическая модель заболевания .....	98
3.2.4	Линейное программирование (задача о деталях) .....	107
3.2.5	Математическое моделирование реакции $A \rightarrow B \rightarrow C$ в реакторе идеального смешения .....	113
3.2.6	Поиск оптимальной величины рецикла в реакторе идеального смешения с рециклом.....	118