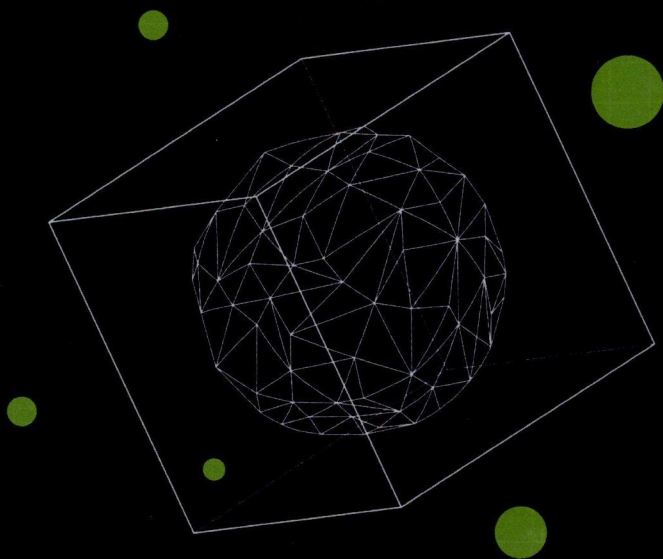


Е. Г. Макаров

ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ в Mathcad



Е. Г. Макаров

ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ в Mathcad

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2024

УДК 681.3:519.6
ББК 32.81
М15

Рецензент:

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры
«Механика деформирования твердого тела» БГТУ-Военмех (г. Санкт-Петербург)
Красильников А. З.

Макаров, Е. Г.

М15 Инженерные расчеты в Mathcad : учебное пособие / Е. Г. Макаров. – Москва ;
Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 408 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-1974-1

Содержатся сведения, необходимые для начала работы в Mathcad и решения большинства практических задач. Рассматриваются все вычислительные возможности Mathcad, использование встроенных функций, способы вычислений. Описаны средства подготовки документов в Mathcad. Содержит перечень примеров решения задач в Mathcad. Основное внимание в книге уделено главным понятиям о методе конечных элементов, алгоритму выполняемых операций и практическим действиям по применению МКЭ к решению прочностных задач.

Для всех пользователей Mathcad, как начинающих, так и опытных, и будет полезна студентам, инженерам и научным работникам.

УДК 681.3:519.6
ББК 32.81

ISBN 978-5-9729-1974-1

© Макаров Е. Г., 2024
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2024
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2024

Оглавление

Предисловие	9
Mathcad и его возможности.....	9
Новое в Mathcad 15	11
Рекомендации по работе с книгой.....	14
Электронная книга «Расчёты в Mathcad»	15
Сведения об электронной книге	16
Назначение электронной книги	19
ЧАСТЬ I. Начало работы с Mathcad	21
1. Построение выражений и графиков в Mathcad	21
1.1. Интерфейс Mathcad	21
1.1.1. Рабочее окно Mathcad	21
1.1.2. Главное меню	23
1.1.3. Панели инструментов	24
1.2. Построение выражений и их вычисление	27
1.3. «Целкие» операторы.....	29
1.4. Редактирование объектов Mathcad.....	30
1.5. Стандартные функции.....	31
1.6. Числовые константы. Ввод греческих букв	32
1.7. Ввод текста.....	33
1.8. Функции пользователя	34
1.9. Дискретные переменные. Построение таблиц	35
1.10. Форматирование чисел.....	37
1.11. Построение плоского графика функции.....	38
1.12. Построение трехмерных графиков	43
2. Некоторые возможности Mathcad	46
2.1. Ступенчатые и разрывные функции и выражения. Условие в Mathcad.....	46
2.2. Глобальное присвоение значений	48
2.3. Символьные вычисления	49
2.4. Решение уравнений	51
2.4.1. Символьное решение	51
2.4.2. Численное решение (функция root).....	52
2.5. Решение систем уравнений (функция find).....	53
2.6. Приближенное решение систем уравнений (функция minerr).....	55
2.7. Исследование функции на экстремум	56
2.8. Работа с матрицами	57
2.8.1. Создание матриц	58
2.8.2. Основные действия с матрицами.....	58
2.8.3. Решение матричных уравнений	60
2.9. Оператор векторизации.....	61
2.10. Решение дифференциальных уравнений.....	62
2.11. Анализ экспериментальных данных	66
2.11.1. Интерполяция	66
2.11.2. Регрессия	68
2.12. Элементы математической статистики	72

2.13. Обмен данными с другими программами	72
2.14. Учет размерностей в Mathcad	74
2.15. Преобразование функции в матрицу и матрицы в функцию	78
2.16. Строковые функции.....	79
2.17. Программирование	79
2.18. Анимация.....	80
2.19. Отладка Mathcad-документов	80
2.20. Горячие клавиши	81
ЧАСТЬ II. Вычисления в Mathcad	84
3. Решение уравнений.....	84
3.1. Функция root.....	84
3.2. Решение уравнения с переменными параметрами	88
3.3. Нахождение корней полинома – функция polyroots	89
3.4. Решение систем уравнений.....	91
3.5. Трудности при решении уравнений.....	96
3.6. Приближенное решение уравнений и систем уравнений	96
3.7. Исследование функции на экстремум	98
3.8. Рекурсивные вычисления.....	100
4. Работа с векторами и матрицами.....	102
4.1. Создание матрицы	102
4.2. Нумерация элементов матрицы.....	104
4.3. Встроенная переменная ORIGIN.....	105
4.4. Определение параметров матрицы	106
4.5. Образование новых матриц из уже существующих	106
4.6. Ввод больших массивов.....	108
4.7. Сортировка векторов и матриц	108
4.8. Матричные операторы	109
4.8.1. Транспонирование матрицы и вычисление ее определителя	109
4.8.2. Вычисление определителя матрицы. Определитель или абсолютная величина	110
4.8.3. Нахождение матрицы обратной заданной	111
4.8.4. Сложение, вычитание и умножение матриц.....	111
4.8.5. Оператор векторизации	113
4.8.6. Последовательное и параллельное вычисление элементов массива.....	114
4.9. Собственные числа и собственные векторы матриц.....	115
4.10. Норма квадратной матрицы.....	117
4.11. Число обусловленности квадратной матрицы.....	118
4.12. Матричные разложения	119
4.12.1. Разложение Холесского.....	119
4.12.2. QR-разложение	119
4.12.3. LU-разложение	120
4.12.4. Сингулярное разложение.....	121
4.13. Вывод векторов и матриц	122
4.14. Составные массивы	124
4.15. Работа с комплексными числами.....	124
5. Символьные вычисления.....	126
5.1. Оптимизация численных вычислений.....	127
5.2. Использование меню символьных вычислений Symbolics	128
5.2.1. Символьная оценка выражения	129
5.2.2. Упрощение выражений.....	130
5.2.3. Раскрытие выражений.....	130
5.2.4. Разложение на множители.....	131

5.2.5. Приведение подобных слагаемых	132
5.2.6. Коэффициенты полинома	132
5.2.7. Вычисление пределов	133
5.2.8. Замена переменной	134
5.2.9. Вычисление производной или интеграла	135
5.2.10. Символьное решение уравнений и неравенств	135
5.2.11. Разложение в ряд Тейлора	137
5.2.12. Разложение на простейшие дроби	138
5.2.13. Символьные операции с матрицами	138
5.2.14. Вычисление интегральных преобразований	139
5.3. Использование символьной панели инструментов	141
5.3.1. Символьные операции без использования ключевых слов	143
5.3.2. Символьные операции с использованием ключевых слов	144
5.3.3. Символьное решение уравнений	147
5.3.4. Использование нескольких команд одновременно	148
5.3.5. Символьные операции с матрицами	149
5.4. Новые возможности символьных вычислений в Mathcad 13–15	150
5.4.1. Новые ключевые слова	150
5.4.2. Новые слова-модификаторы	153
5.4.3. Символьная векторизация выражений	154
5.4.4. Новые функции символьных вычислений	155
5.5. Встроенные функции и переменные	156
5.6. Особенности символьной обработки	156
6. Решение дифференциальных уравнений	158
6.1. Вычислительный блок given–Odesolve	159
6.1.1. Решение ОДУ с начальными и граничными условиями	159
6.1.2. Объединение ОДУ с помощью операторов условия	161
6.1.3. Решение ОДУ, заданных неявно	161
6.1.4. Решение систем ОДУ	162
6.1.5. Работа блока Given–Odesolve	163
6.1.6. Новые функции решения ОДУ в Mathcad 14	165
6.1.7. Решение ОДУ с переменными параметрами	167
6.2. Использование функций rkfixed, Rkadapt, Bulstoer	168
6.2.1. Решение дифференциального уравнения первого порядка	169
6.2.2. Дифференциальные уравнения более высокого порядка	170
6.2.3. Системы дифференциальных уравнений	171
6.3. Жесткие системы дифференциальных уравнений	174
6.3.1. Функция Radau в Mathcad 14	177
6.4. Нахождение решения только в конечной точке	178
6.5. Двухточечные краевые задачи	180
6.6. Решение дифференциальных уравнений в частных производных	184
6.6.1. Функции решения параболических и гиперболических уравнений	185
6.6.2. Решение эллиптических уравнений (Лапласа и Пуассона)	189
7. Обработка экспериментальных данных	192
7.1. Интерполяция	192
7.1.1. Линейная интерполяция	192
7.1.2. Кубическая сплайн-интерполяция	193
7.1.3. B-сплайн-интерполяция	194
7.1.4. Линейное предсказание	196
7.1.5. Интерполяция функции двух переменных	197
7.2. Функции регрессии	201
7.2.1. Одномерная регрессия	201

7.2.2. Двухмерная регрессия.....	202
7.2.3. Обобщенная регрессия.....	204
7.3. Функции сглаживания.....	209
7.4. Дискретные преобразования.....	211
7.4.1. Преобразование Фурье	211
7.4.2. Двухмерное преобразование Фурье	214
7.4.3. Волновое преобразование.....	216
8. Математическая статистика.....	217
8.1. Характеристики выборки данных и связи двух массивов.....	217
8.2. Функции распределения вероятностей.....	220
8.3. Генераторы случайных чисел.....	221
8.4. Построение гистограмм.....	223
8.5. Расчет доверительного интервала.....	225
ЧАСТЬ III. Дополнительные возможности Mathcad.....	226
9. Программирование.....	226
9.1. Создание программ.....	226
9.1.1. Ввод строк в программу.....	227
9.1.2. Локальное присвоение значений.....	228
9.2. Условный оператор if.....	229
9.3. Операторы цикла.....	231
9.3.1. Оператор while.....	232
9.3.2. Оператор for.....	233
9.3.3. Операторы break, continue, return.....	235
9.4. Вывод результатов расчета из программы.....	236
9.5. Подпрограммы-функции.....	238
9.6. Интегрирование функции методом трапеций.....	239
9.7. Решение уравнений и систем уравнений в программе.....	240
9.8. Нахождение экстремума функции в программе.....	241
9.9. Учет размерностей в программе.....	244
9.10. Решение дифференциальных уравнений внутри программы.....	245
9.11. Отладка программ.....	249
9.12. Возможности ускорения работы Mathcad.....	253
10. Анимация.....	255
10.1. Создание анимации.....	255
10.2. Галерея анимационных клипов.....	259
11. Учет размерностей.....	262
11.1. Выбор системы единиц измерения.....	262
11.2. Ввод пользовательских единиц измерения.....	264
11.3. Изменение масштаба результатов расчета.....	265
11.4. Учет внесистемных размерностей.....	268
11.5. Размерность элементов массива.....	269
11.6. Учет размерностей в цикле.....	270
11.7. Построение графиков с учетом размерностей.....	270
11.8. Учет размерностей в программе.....	271
11.9. Ограничения на проведение расчетов с учетом размерностей.....	272
11.10. Статическая проверка размерностей.....	273
11.11. Квазиразмерности.....	274
12. Дополнительные встроенные функции Mathcad.....	276
12.1. Функции для работы с комплексными числами.....	276
12.2. Тип выражения.....	278
12.3. Доступ к файлам.....	278

12.4. Функции поиска значений матрицы	282
12.5. Преобразование функций и матриц	284
12.5.1. Преобразование функции в матрицу	284
12.5.2. Преобразование матрицы в функцию	285
12.6. Функции преобразования координат	288
12.7. Функции условия	293
12.8. Функции округления чисел	297
12.9. Функции комбинаторики и теории чисел	297
12.10. Функции тригонометрические, гиперболические, логарифмические и экспоненциальные	298
12.11. Специальные функции	298
12.11.1. Функции Бесселя	298
12.11.2. Другие специальные функции	300
12.11.3. Дополнительные неактивные функции	300
12.12. Строковые функции	301
13. Работа с Mathcad-документами	302
13.1. Построение математических выражений	303
13.1.1. Стили записи выражений	304
13.2. Аннотация файлов и областей файлов	308
13.3. Защита информации в Mathcad	309
13.4. Закрытые зоны в Mathcad	312
13.5. Создание вычислительных комплексов	314
13.5.1. Использование ссылок на другие файлы	314
13.5.2. Использование гиперссылок	315
13.6. Новые служебные функции Mathcad 13	317
13.6.1. Уменьшение размера файлов	317
13.6.2. Переключатель версий Mathcad	317
13.6.3. Автосохранение	318
14. Работа с текстом	319
14.1. Изменение стиля текстовых областей	319
14.1.1. Установка свойств абзаца	319
14.1.2. Изменение стиля отдельной текстовой области	321
14.1.3. Списки и таблицы в тексте	322
14.2. Использование гиперссылок	323
14.2.1. Переход на метку	323
14.2.2. Всплывающий документ	323
15. Работа с графиками	325
15.1. Построение двумерного плоского графика	325
15.2. Построение полярных графиков	329
15.3. Построение трехмерных графиков	330
15.3.1. Построение графика по массиву значений функции	330
15.3.2. Быстрое построение графика	331
15.3.3. Создание массива значений функции	334
15.3.4. Поверхности тел вращения	337
15.3.5. Построение сложных фигур	339
15.3.6. Пересекающиеся фигуры	339
15.3.7. Построение многогранников	341
15.3.8. Быстрое изменение типа графика	342
15.3.9. График векторного поля	343
15.4. Особенности форматирования графиков в новых версиях Mathcad	344
15.4.1. Редактирование двумерных графиков	344
15.4.2. Форматирование двумерных графиков	346

15.4.3. Функции logspace и logpts	348
16. Справочная информация в Mathcad	349
16.1. Меню Help (Помощь)	349
16.2. Перевод справочной системы Mathcad	352
16.3. Электронная книга qscheet	353
16.3.1. Обзор и учебник	354
16.3.2. Примеры и справочные таблицы	356
16.4. Mathcad и Интернет	356
16.4.1. Техническая поддержка Mathcad	358
17. Создание электронных книг	359
17.1. Создание Mathcad-файлов для электронной книги	360
17.2. Подготовка содержания электронной книги	361
17.3. Создание системы ссылок между файлами	362
17.4. Создание НВК-файла	363
17.5. Вложенные папки	365
17.6. Проверка электронной книги	365
17.7. Создание поисковых индексов	367
18. Работа с электронной книгой	370
18.1. Обработка экспериментальных данных	370
18.2. Обработка цифрового сигнала	373
18.3. Оптимизация нагрузки на балку	374
ЧАСТЬ IV. Примеры инженерных расчетов в Mathcad	378
Список использованной литературы	405

**Приложения к книге доступны для скачивания
на сайте издательства «Инфра-Инженерия» www.infra-e.ru
Пароль к файлам архива: 978-5-9729-1974-1**