

Mathcad

11

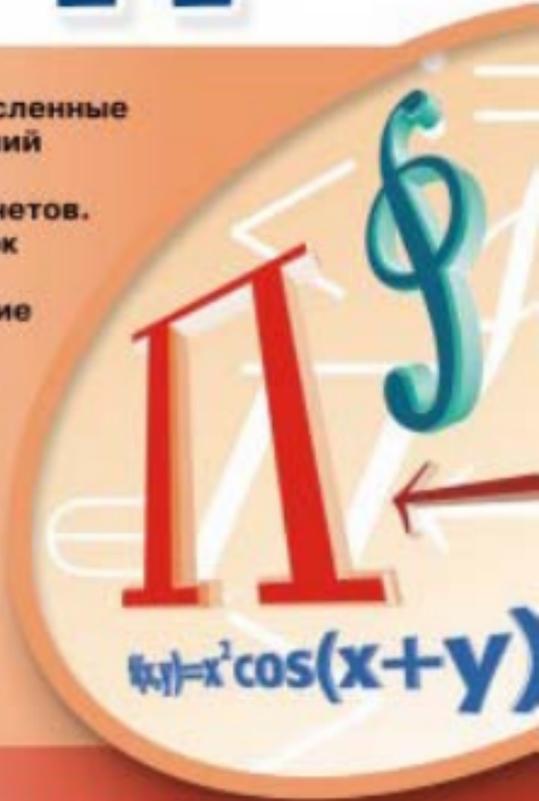
Символьные и численные
методы вычислений

Оформление расчетов.
Обработка ошибок

Программирование
в Mathcad

Математическая
статистика.
Анализ данных

Справочник
по компонентам
и функциям


$$f(x,y) = x^2 \cos(x+y)$$

Эффективность и точность
математических расчетов

Дмитрий Кирьянов

**Самоучитель
Mathcad
11**

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2003

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2
К43

Кириянов Д. В.

К43 Самоучитель Mathcad 11. — СПб.: БХВ-Петербург, 2003. — 560 с.: ил.
ISBN 5-94157-348-0

В книге автор попытался совместить две цели. Первая — последовательно рассказывая об основах расчетов, интерфейсе пользователя и переходя от простого к сложному, дать возможность читателю самостоятельно освоить Mathcad. Таким образом, книга может использоваться как самоучитель, позволяющий "с нуля" освоить ключевые возможности этой вычислительной системы. Вторая цель — изложить материал, делая акцент на решении конкретных математических проблем. Поэтому, приступая к той или иной задаче, открывайте соответствующую главу книги и используйте ее как справочник. Изложение материала начинается с краткого определения математических понятий и терминов, при этом предполагается, что читатель имеет базовые математические знания.

*Для начинающих пользователей,
студентов
программистов и научных работников*

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2

Группа подготовки издания:

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| Главный редактор | <i>Екатерина Кондукова</i> |
| Зам. главного редактора | <i>Анатолий Адаменко</i> |
| Зав. редакцией | <i>Григорий Добин</i> |
| Редактор | <i>Анатолий Хрипов</i> |
| Компьютерная верстка | <i>Екатерина Трубникова</i> |
| Корректор | <i>Анна Брезман</i> |
| Дизайн обложки | <i>Игорь Цырульников</i> |
| Зав. производством | <i>Николай Тверских</i> |

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 07.07.03.

Формат 70×100^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 44,50.

Доп. тираж 5000 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 198005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Гигиеническое заключение на продукцию, товар № 77.99.02.953.Д.001537.03.02 от 13.03.2002 г. выдано Департаментом ГСЭН Минздрава России.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в Академической типографии "Наука" РАН
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12.

ISBN 5-94157-348-0

© Кириянов Д. В., 2003

© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2003

Содержание

| | |
|--|-----------|
| Введение | 1 |
| Часть I. Общие сведения | 3 |
| Глава 1. Начинаем работу | 5 |
| 1.1. Назначение Mathcad | 5 |
| 1.2. Знакомство с Mathcad..... | 7 |
| 1.3. Интерфейс пользователя | 14 |
| 1.3.1. Меню..... | 14 |
| 1.3.2. Панели инструментов..... | 16 |
| 1.3.3. Настройка панели инструментов..... | 19 |
| 1.3.4. Рабочая область | 22 |
| 1.3.5. Строка состояния..... | 28 |
| 1.4. Справочная информация..... | 29 |
| Глава 2. Редактирование документов | 35 |
| 2.1. Работа с документами | 35 |
| 2.1.1. Управление документами | 35 |
| 2.1.2. Создание документа на основе шаблона | 36 |
| 2.1.3. Сохранение документа | 39 |
| 2.1.4. Открытие существующего документа | 40 |
| 2.1.5. Закрытие документа | 41 |
| 2.2. Ввод и редактирование формул | 41 |
| 2.2.1. Элементы интерфейса | 41 |
| 2.2.2. Ввод формул | 42 |
| 2.2.3. Перемещение линий ввода внутри формул..... | 43 |
| 2.2.4. Изменение формул | 44 |
| 2.2.5. Ввод символов, операторов и функций | 48 |
| 2.2.6. Управление отображением некоторых операторов | 48 |
| 2.3. Ввод и редактирование текста..... | 50 |
| 2.3.1. Ввод текста..... | 51 |
| 2.3.2. Редактирование текста | 51 |
| 2.3.3. Импорт текста..... | 52 |
| 2.3.4. Математические символы внутри текста | 53 |
| 2.3.5. Гиперссылки | 54 |
| 2.4. Правка документа..... | 54 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5. Печать документа | 60 |
| 2.6. Посылка документа по электронной почте | 61 |
| Глава 3. Вычисления | 63 |
| 3.1. Переменные и функции | 63 |
| 3.1.1. Определение переменных | 63 |
| 3.1.2. Присваивание переменным значений | 63 |
| 3.1.3. Функции | 66 |
| 3.1.4. Определение функции пользователя | 66 |
| 3.1.5. Вывод значений переменных и функций | 67 |
| 3.1.6. Символьный вывод | 69 |
| 3.1.7. Допустимые имена переменных и функций | 71 |
| 3.2. Операторы | 73 |
| 3.2.1. Арифметические операторы | 73 |
| 3.2.2. Вычислительные операторы | 75 |
| 3.2.3. Логические операторы | 79 |
| 3.2.4. Матричные операторы | 80 |
| 3.2.5. Операторы выражения | 80 |
| 3.2.6. Создание оператора пользователя | 82 |
| 3.3. Управление вычислениями | 84 |
| 3.3.1. Режимы вычислений | 85 |
| 3.3.2. Прерывание вычислений | 86 |
| 3.3.3. Вычисления в ручном режиме | 87 |
| 3.3.4. Отключение вычисления отдельных формул | 88 |
| 3.3.5. Оптимизация вычислений | 88 |
| 3.3.6. Диалоговое окно <i>Worksheet Options</i> | 89 |
| 3.4. Сообщения об ошибках | 91 |
| Глава 4. Типы данных | 93 |
| 4.1. Типы данных | 93 |
| 4.1.1. Действительные числа | 94 |
| 4.1.2. Комплексные числа | 95 |
| 4.1.3. Встроенные константы | 96 |
| 4.1.4. Строковые выражения | 98 |
| 4.2. Размерные переменные | 99 |
| 4.2.1. Создание размерной переменной | 99 |
| 4.2.2. Работа с размерными переменными | 100 |
| 4.2.3. Выбор системы единиц | 102 |
| 4.2.4. Определение новой размерности | 102 |
| 4.3. Массивы | 103 |
| 4.3.1. Доступ к элементам массива | 103 |
| 4.3.2. Ранжированные переменные | 105 |
| 4.3.3. Создание массивов | 108 |
| 4.3.4. Отображение вывода векторов и матриц | 112 |
| 4.4. Формат вывода числовых данных | 114 |
| 4.4.1. Формат результата | 114 |
| 4.4.2. Округление малых чисел до нуля | 117 |
| 4.4.3. Вывод чисел в других системах счисления | 118 |
| 4.5. Элементы управления (controls) | 119 |

| | |
|--|------------|
| Часть II. Точные вычисления | 123 |
| Глава 5. Символьные вычисления | 125 |
| 5.1. Способы символьных вычислений | 125 |
| 5.2. Символьная алгебра | 129 |
| 5.2.1. Упрощение выражений (Simplify)..... | 129 |
| 5.2.2. Разложение выражений (Expand) | 131 |
| 5.2.3. Разложение на множители (Factor) | 131 |
| 5.2.4. Приведение подобных слагаемых (Collect)..... | 132 |
| 5.2.5. Коэффициенты полинома (Polynomial Coefficients)..... | 133 |
| 5.2.6. Ряды и произведения | 135 |
| 5.2.7. Разложение на элементарные дроби (Convert to Partial Fractions)..... | 136 |
| 5.2.8. Подстановка переменной (Substitute) | 136 |
| 5.2.9. Матричная алгебра | 138 |
| 5.3. Математический анализ | 138 |
| 5.3.1. Дифференцирование (Differentiate)..... | 139 |
| 5.3.2. Интегрирование (Integrate) | 139 |
| 5.3.3. Разложение в ряд (Expand to Series)..... | 140 |
| 5.3.4. Решение уравнений (Solve)..... | 142 |
| 5.4. Интегральные преобразования | 143 |
| 5.4.1. Преобразование Фурье (Fourier) | 144 |
| 5.4.2. Преобразование Лапласа (Laplace) | 145 |
| 5.4.3. Z-преобразование (Z) | 145 |
| 5.5. Дополнительные возможности символьного процессора..... | 146 |
| 5.5.1. Применение функций пользователя..... | 146 |
| 5.5.2. Получение численного значения выражения | 147 |
| 5.5.3. Последовательности символьных команд | 148 |
| Глава 6. Программирование | 151 |
| 6.1. Программирование без программирования | 151 |
| 6.2. Язык программирования Mathcad..... | 152 |
| 6.2.1. Что такое программа?..... | 153 |
| 6.2.2. Создание программы (Add Line) | 154 |
| 6.2.3. Разработка программы | 155 |
| 6.2.4. Локальное присваивание (\leftarrow)..... | 156 |
| 6.2.5. Условные операторы (<i>if</i> , <i>otherwise</i>)..... | 157 |
| 6.2.6. Операторы цикла (<i>for</i> , <i>while</i> , <i>break</i> , <i>continue</i>)..... | 158 |
| 6.2.7. Возврат значения (<i>return</i>)..... | 160 |
| 6.2.8. Перехват ошибок (<i>on error</i>) | 161 |
| 6.3. Примеры программирования | 163 |
| Часть III. Численные методы | 165 |
| Глава 7. Интегрирование и дифференцирование | 167 |
| 7.1. Интегрирование | 167 |
| 7.1.1. Операторы интегрирования | 167 |
| 7.1.2. Об алгоритмах интегрирования..... | 169 |
| 7.1.3. О расходящихся интегралах | 172 |
| 7.1.4. Кратные интегралы..... | 173 |

| | |
|--|------------|
| 7.2. Дифференцирование | 174 |
| 7.2.1. Первая производная..... | 175 |
| 7.2.2. Производные высших порядков..... | 178 |
| 7.2.3. Частные производные | 179 |
| Глава 8. Алгебраические уравнения и оптимизация..... | 185 |
| 8.1. Одно уравнение с одним неизвестным | 186 |
| 8.2. Корни полинома | 190 |
| 8.3. Системы уравнений..... | 192 |
| 8.4. О численных методах решения систем уравнений..... | 196 |
| 8.5. Приближенное решение уравнений..... | 200 |
| 8.6. Поиск экстремума функции..... | 202 |
| 8.6.1. Экстремум функции одной переменной..... | 203 |
| 8.6.2. Условный экстремум..... | 204 |
| 8.6.3. Экстремум функции многих переменных | 205 |
| 8.6.4. Линейное программирование | 206 |
| 8.7. Символьное решение уравнений..... | 208 |
| 8.8. Метод продолжения по параметру..... | 210 |
| Глава 9. Матричные вычисления | 215 |
| 9.1. Простейшие операции с матрицами | 215 |
| 9.1.1. Транспонирование | 216 |
| 9.1.2. Сложение..... | 216 |
| 9.1.3. Умножение..... | 217 |
| 9.1.4. Определитель квадратной матрицы..... | 218 |
| 9.1.5. Модуль вектора..... | 219 |
| 9.1.6. Скалярное произведение векторов..... | 219 |
| 9.1.7. Векторное произведение..... | 220 |
| 9.1.8. Сумма элементов вектора и след матрицы..... | 221 |
| 9.1.9. Обратная матрица..... | 221 |
| 9.1.10. Возведение матрицы в степень..... | 222 |
| 9.1.11. Векторизация массивов..... | 223 |
| 9.1.12. Символьные операции с матрицами | 224 |
| 9.2. Матричные функции | 225 |
| 9.2.1. Функции создания матриц | 225 |
| 9.2.2. Слияние и разбиение матриц..... | 229 |
| 9.2.3. Вывод размера матриц | 231 |
| 9.2.4. Сортировка матриц..... | 232 |
| 9.2.5. Норма квадратной матрицы..... | 233 |
| 9.2.6. Число обусловленности квадратной матрицы | 234 |
| 9.2.7. Ранг матрицы | 235 |
| 9.3. Системы линейных алгебраических уравнений | 236 |
| 9.4. Собственные векторы и собственные значения матриц | 238 |
| 9.5. Матричные разложения | 240 |
| 9.5.1. Разложение Холецкого | 241 |
| 9.5.2. QR-разложение | 241 |
| 9.5.3. LU-разложение..... | 242 |
| 9.5.4. Сингулярное разложение..... | 243 |

| | |
|--|------------|
| Глава 10. Специальные функции | 245 |
| 10.1. Функции Бесселя (Bessel) | 245 |
| 10.1.1. Обычные функции Бесселя | 246 |
| 10.1.2. Модифицированные функции Бесселя | 247 |
| 10.1.3. Функции Эйри | 248 |
| 10.1.4. Функции Бесселя-Кельвина | 249 |
| 10.1.5. Сферические функции Бесселя | 249 |
| 10.2. Функции работы с комплексными числами (Complex Numbers) | 249 |
| 10.3. Логарифмы и экспонента (Log and Exponential) | 251 |
| 10.4. Тригонометрические функции (Trigonometric) | 251 |
| 10.5. Гиперболические функции (Hyperbolic) | 252 |
| 10.6. Другие спецфункции (Special) | 254 |
| 10.7. Строковые функции (String) | 256 |
| 10.8. Функции сокращения и округления (Truncation and Round-Off) | 258 |
| 10.9. Кусочно-непрерывные функции (Piecewise Continuous) | 259 |
| 10.10. Функции преобразования координат (Vector and Matrix) | 260 |
| 10.11. Финансовые функции (Finance) | 261 |
| Глава 11. Обыкновенные дифференциальные уравнения | 267 |
| 11.1. ОДУ первого порядка | 268 |
| 11.1.1. Вычислительный блок <i>Given/Odesolve</i> | 268 |
| 11.1.2. Встроенные функции <i>rkfixed, Rkadapt, Bulstoer</i> | 270 |
| 11.2. ОДУ высшего порядка | 271 |
| 11.3. Системы ОДУ первого порядка | 273 |
| 11.3.1. Встроенные функции для решения систем ОДУ | 274 |
| 11.3.2. Решение систем ОДУ в одной заданной точке | 277 |
| 11.3.3. Некоторые примеры | 282 |
| 11.4. Фазовый портрет динамической системы | 287 |
| 11.5. Жесткие системы ОДУ | 290 |
| 11.5.1. Что такое жесткие ОДУ? | 291 |
| 11.5.2. Функции для решения жестких ОДУ | 295 |
| Глава 12. Краевые задачи | 299 |
| 12.1. Краевые задачи для ОДУ | 299 |
| 12.1.1. О постановке краевых задач | 300 |
| 12.1.2. Алгоритм стрельбы | 301 |
| 12.1.3. Решение двухточечных краевых задач | 303 |
| 12.1.4. Решение краевых задач с дополнительным условием в промежуточной точке | 305 |
| 12.2. Задачи на собственные значения для ОДУ | 309 |
| 12.3. Разностные схемы для ОДУ | 311 |
| 12.3.1. О разностном методе решения ОДУ | 311 |
| 12.3.2. Жесткие краевые задачи | 314 |
| Глава 13. Дифференциальные уравнения в частных производных | 317 |
| 13.1. Постановка задач | 318 |
| 13.1.1. Классификация уравнений в частных производных | 318 |
| 13.1.2. Пример: уравнение диффузии тепла | 318 |
| 13.2. Разностные схемы | 324 |

| | |
|---|------------|
| 13.2.1. Явная схема Эйлера..... | 324 |
| 13.2.2. Неявная схема Эйлера..... | 331 |
| 13.2.3. О возможности решения многомерных уравнений..... | 335 |
| 13.3. Встроенные функции для решения уравнений в частных производных..... | 337 |
| 13.3.1. Параболические и гиперболические уравнения..... | 337 |
| 13.3.2. Эллиптические уравнения..... | 341 |
| Глава 14. Математическая статистика..... | 349 |
| 14.1. Случайные величины..... | 349 |
| 14.1.1. Нормальное (Гауссово) распределение..... | 350 |
| 14.1.2. Равномерное распределение..... | 354 |
| 14.1.3. Биномиальное распределение..... | 355 |
| 14.1.4. Другие статистические распределения..... | 356 |
| 14.2. Статистические характеристики..... | 359 |
| 14.2.1. Построение гистограмм..... | 359 |
| 14.2.2. Среднее значение и дисперсия..... | 363 |
| 14.2.3. Генерация коррелированных случайных чисел..... | 365 |
| 14.2.4. Ковариация и корреляция..... | 366 |
| 14.2.5. Коэффициенты асимметрии и эксцесса..... | 367 |
| 14.2.6. Другие статистические характеристики..... | 367 |
| 14.2.7. Действие статистических функций на матрицы..... | 368 |
| 14.3. Случайные процессы..... | 369 |
| 14.4. Некоторые примеры..... | 372 |
| 14.4.1. Интервальная оценка дисперсии..... | 372 |
| 14.4.2. Проверка статистических гипотез..... | 373 |
| Глава 15. Обработка данных..... | 377 |
| 15.1. Интерполяция..... | 378 |
| 15.1.1. Линейная интерполяция..... | 378 |
| 15.1.2. Кубическая сплайн-интерполяция..... | 380 |
| 15.1.3. Полиномиальная сплайн-интерполяция..... | 383 |
| 15.1.4. Экстраполяция функцией предсказания..... | 384 |
| 15.1.5. Многомерная интерполяция..... | 386 |
| 15.2. Регрессия..... | 388 |
| 15.2.1. Линейная регрессия..... | 389 |
| 15.2.2. Полиномиальная регрессия..... | 391 |
| 15.2.3. Регрессия специального вида..... | 395 |
| 15.2.4. Регрессия общего вида..... | 397 |
| 15.3. Сглаживание и фильтрация..... | 398 |
| 15.3.1. Встроенные функции для сглаживания..... | 399 |
| 15.3.2. Скользящее усреднение..... | 401 |
| 15.3.3. Устранение тренда..... | 402 |
| 15.3.4. Полосовая фильтрация..... | 403 |
| 15.4. Интегральные преобразования..... | 405 |
| 15.4.1. Преобразование Фурье..... | 405 |
| 15.4.2. Вейвлетное преобразование..... | 409 |
| Встроенная функция вейвлет-преобразования..... | 410 |
| Программирование других вейвлет-преобразований..... | 411 |

| | |
|---|------------|
| ЧАСТЬ IV. ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТОВ | 413 |
| Глава 16. Ввод-вывод данных..... | 415 |
| 16.1. Числовой ввод-вывод | 415 |
| 16.2. Создание графиков | 416 |
| 16.3. Двумерные графики | 418 |
| 16.3.1. XY-график двух векторов | 418 |
| 16.3.2. XY-график вектора и ранжированной переменной | 420 |
| 16.3.3. XY-график функции | 420 |
| 16.3.4. Полярный график | 421 |
| 16.3.5. Построение нескольких рядов данных | 422 |
| 16.3.6. Форматирование осей..... | 424 |
| 16.3.7. Форматирование рядов данных..... | 429 |
| 16.3.8. Создание заголовка графика..... | 434 |
| 16.3.9. Изменение размера и положения графиков..... | 434 |
| 16.3.10. Трассировка и увеличение графиков | 434 |
| 16.4. Трехмерные графики..... | 436 |
| 16.4.1. Создание трехмерных графиков..... | 437 |
| 16.4.2. Форматирование трехмерных графиков..... | 440 |
| 16.5. Создание анимации | 450 |
| 16.6. Ввод-вывод во внешние файлы..... | 452 |
| 16.6.1. Текстовые файлы..... | 452 |
| 16.6.2. Графические файлы..... | 454 |
| 16.6.3. Звуковые файлы..... | 455 |
| Глава 17. Оформление документов..... | 457 |
| 17.1. Элементы оформления документов..... | 457 |
| 17.1.1. Элементы оформления | 458 |
| 17.1.2. Размещение элементов оформления в документах..... | 459 |
| 17.1.3. Выделение областей | 462 |
| 17.1.4. Работа с зонами..... | 464 |
| 17.2. Форматирование текста и формул | 468 |
| 17.2.1. Форматирование текста | 469 |
| 17.2.2. Стили текста и формул..... | 472 |
| 17.3. Оформление страниц..... | 475 |
| 17.3.1. Параметры страницы..... | 475 |
| 17.3.2. Колонтитулы..... | 477 |
| 17.3.3. Установки документа | 478 |
| 17.4. Ссылки и гиперссылки | 479 |
| 17.4.1. Установка тега | 479 |
| 17.4.2. Вставка гиперссылки..... | 479 |
| 17.4.3. Ссылки..... | 481 |
| 17.5. Рисунки..... | 481 |
| Приложение 1. Новые возможности Mathcad 2001 и 2001i | 485 |
| Приложение 2. Команды меню и панели инструментов | 487 |
| Приложение 3. Встроенные операторы и функции..... | 499 |
| Приложение 4. Сообщения об ошибках..... | 517 |
| Предметный указатель | 531 |

Елене посвящаю эту книгу

Введение

Эта книга — о самом популярном из компьютерных математических пакетов Mathcad 11 компании MathSoft. С его помощью можно решать самые разные математические задачи и оформлять результаты расчетов на высоком профессиональном уровне.

Создавая эту книгу, я попытался совместить две цели. Первая — последовательно рассказывая об основах расчетов, интерфейсе пользователя и переходя от простого к сложному, дать возможность читателю самостоятельно освоить Mathcad. Книга может использоваться как самоучитель, позволяющий "с нуля" освоить ключевые возможности этой вычислительной системы. Вторая цель — изложить материал, делая акцент на решении конкретных математических проблем. Приступая к той или иной задаче, открывайте соответствующую главу книги и используйте ее как справочник. Причем я старался начинать рассказ с краткого определения математических понятий и терминов, конечно, предполагая, что читатель имеет базовые математические знания.

Книга разбита на четыре части. В первой даны основные сведения о Mathcad и приемы работы с его математическим редактором, во второй и третьей частях рассматриваются решения практических задач математики, снабженные примерами, которые представлены листингами. В четвертой части приводятся сведения, касающиеся профессионального оформления расчетов в Mathcad 11 и методы эффективной работы для опытных пользователей.

Хочется сделать еще несколько замечаний по строению книги. Все листинги автономны и работают вне каких-либо дополнительных модулей. В листингах умышленно, чтобы не загромождать их, нет текстовых полей, — они содержат только расчеты по формулам. Все комментарии к ним находятся в тексте. Почти все графики вынесены в рисунки, причем, если они являются продолжением листингов, это помечено в подрисуночной подписи. Обозна-

ченные звездочкой разделы содержат информацию, относящуюся, в основном, к особенностям численных алгоритмов или полезным советам и программным решениям самого автора. Эти разделы при первом знакомстве с Mathcad могут быть пропущены.

Что же такое система Mathcad? Следует хорошо представлять себе, что в состав Mathcad 11 входят несколько интегрированных между собой компонентов:

- мощный текстовый редактор, позволяющий вводить, редактировать и форматировать как текст, так и математические выражения;
- вычислительный процессор, умеющий проводить расчеты по введенным формулам, используя встроенные численные методы;
- символьный процессор, являющийся, фактически, системой искусственного интеллекта;
- огромное хранилище справочной информации, как математической, так и инженерной, оформленной в виде библиотеки интерактивных электронных книг.

Обо всех перечисленных возможностях я попытался в доступной форме рассказать в этой книге. Дополнительную информацию читатель может получить в Интернете на сервере производителя Mathcad <http://www.Mathcad.com>, дистрибьютора Mathcad в России <http://www.Mathcad.ru> и на личной странице автора <http://www.kirianov.orc.ru>.



ЧАСТЬ I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

ГЛАВА 1



Начинаем работу

В данной главе рассмотрено назначение приложения Mathcad 11 и, в целях знакомства с его основными возможностями, приведены базовые приемы его использования (см. разд. 1.1—1.2). Если вы уже имели дело с прежними версиями, начиная с Mathcad 7, и у вас неплохие навыки работы с его редактором, то можете смело пропустить эту главу. В ней основное внимание уделено главным компонентам интерфейса Mathcad 11, который интуитивен и похож на другие программы Windows (см. разд. 1.3), а также эффективно-му использованию справочной системы Mathcad (см. разд. 1.4).

1.1. Назначение Mathcad

Mathcad является математическим редактором, позволяющим проводить разнообразные научные и инженерные расчеты, начиная от элементарной арифметики и заканчивая сложными реализациями численных методов. Пользователи Mathcad — это студенты, ученые, инженеры, разнообразные технические специалисты. Благодаря простоте применения, наглядности математических действий, обширной библиотеке встроенных функций и численных методов, возможности символьных вычислений, а также превосходному аппарату представления результатов (графики самых разных типов, мощных средств подготовки печатных документов и Web-страниц), Mathcad стал наиболее популярным математическим приложением.

Mathcad 11, в отличие от большинства других современных математических приложений, построен в соответствии с принципом WYSIWYG ("What You See Is What You Get" — "что Вы видите, то и получите"). Поэтому он очень прост в использовании, в частности, из-за отсутствия необходимости сначала писать программу, реализующую те или иные математические расчеты, а потом запускать ее на исполнение. Вместо этого достаточно просто вводить математические выражения с помощью встроенного редактора формул, причем в виде, максимально приближенном к

общепринятому, и тут же получать результат. Кроме того, можно изготовить на принтере печатную копию документа или создать страницу в Интернете именно в том виде, который этот документ имеет на экране компьютера при работе с Mathcad. Создатели Mathcad сделали все возможное, чтобы пользователь, не обладающий специальными знаниями в программировании (а таких большинство среди ученых и инженеров), мог в полной мере приобщиться к достижениям современной вычислительной науки и компьютерных технологий. Для эффективной работы с редактором Mathcad достаточно базовых навыков пользователя. С другой стороны, профессиональные программисты (к которым относит себя и автор этих строк) могут извлечь из Mathcad намного больше, создавая различные программные решения, существенно расширяющие возможности, непосредственно заложенные в Mathcad.

В соответствии с проблемами реальной жизни, математикам приходится решать одну или несколько из следующих задач:

- ввод на компьютере разнообразных математических выражений (для дальнейших расчетов или создания документов, презентаций, Web-страниц);
- проведение математических расчетов;
- подготовка графиков с результатами расчетов;
- ввод исходных данных и вывод результатов в текстовые файлы или файлы с базами данных в других форматах;
- подготовка отчетов работы в виде печатных документов;
- подготовка Web-страниц и публикация результатов в Интернете;
- получение различной справочной информации из области математики.

Со всеми этими (а также некоторыми другими) задачами с успехом справляется Mathcad:

- математические выражения и текст вводятся с помощью формульного редактора Mathcad, который по возможностям и простоте использования не уступает, к примеру, редактору формул, встроенному в Microsoft Word;
- математические расчеты производятся немедленно, в соответствии с введенными формулами;
- графики различных типов (по выбору пользователя) с богатыми возможностями форматирования вставляются непосредственно в документы;
- возможен ввод и вывод данных в файлы различных форматов;
- документы могут быть распечатаны непосредственно в Mathcad в том виде, который пользователь видит на экране компьютера, или сохранены в формате RTF для последующего редактирования в более мощных текстовых редакторах (например Microsoft Word);

- возможно полноценное сохранение документов Mathcad 11 в формате Web-страниц (генерация вспомогательных графических файлов происходит автоматически);
- имеется опция объединения разрабатываемых Вами документов в электронные книги, которые, с одной стороны, позволяют в удобном виде хранить математическую информацию, а с другой — являются полноценными Mathcad-программами, способными осуществлять расчеты;
- символьные вычисления позволяют осуществлять аналитические преобразования, а также мгновенно получать разнообразную справочную математическую информацию

Таким образом, следует хорошо представлять себе, что в состав Mathcad входят несколько интегрированных между собой компонентов — это мощный текстовый редактор для ввода и редактирования как текста, так и формул, вычислительный процессор — для проведения расчетов согласно введенным формулам и символьный процессор, являющийся, по сути, системой искусственного интеллекта. Сочетание этих компонентов создает удобную вычислительную среду для разнообразных математических расчетов и, одновременно, документирования результатов работы.

1.2. Знакомство с Mathcad

В данном разделе, несколько забегаая вперед, покажем, как быстро начать работу с Mathcad, научиться вводить математические выражения и получать первые результаты расчетов.

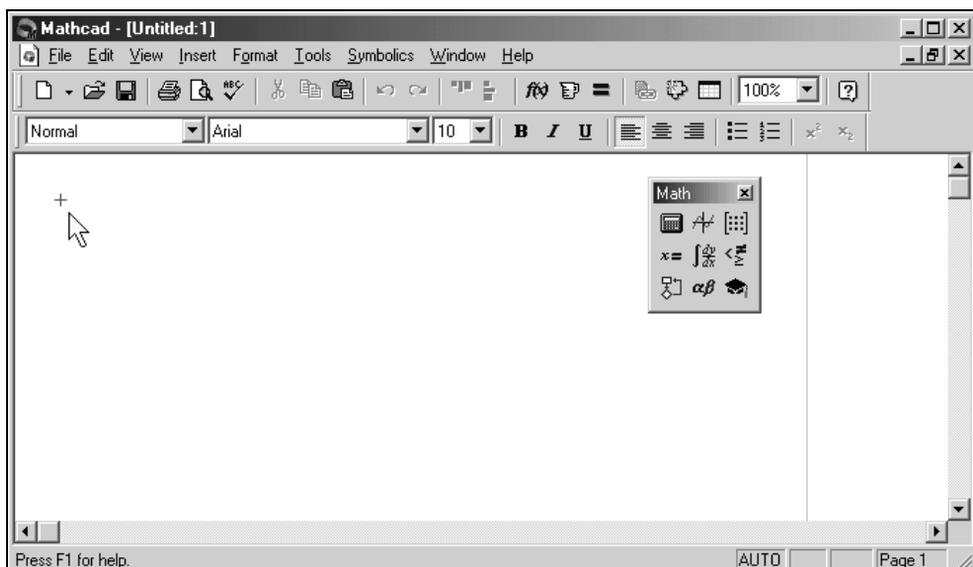


Рис. 1.1. Окно Mathcad 11 с новым документом

После того как Mathcad 11 установлен на компьютере и запущен на исполнение, появляется основное окно приложения, показанное на рис. 1.1. Оно имеет ту же структуру, что и большинство приложений Windows. Сверху вниз располагаются заголовок окна, строка меню, панели инструментов (стандартная и форматирования) и *рабочий лист* или *рабочая область* документа (worksheet). Новый документ создается автоматически при запуске Mathcad. В самой нижней части окна находится строка состояния. Не забывая о сходстве редактора Mathcad с обычными текстовыми редакторами, вы интуитивно поймете назначение большинства кнопок на панелях инструментов.

Помимо элементов управления, характерных для типичного текстового редактора, Mathcad снабжен дополнительными средствами для ввода и редактирования математических символов, одним из которых является панель инструментов **Math** (Математика) (рис. 1.1). С помощью этой, а также ряда вспомогательных наборных панелей, удобно осуществлять ввод уравнений.

Для того чтобы выполнить простые расчеты по формулам, сделайте следующее:

- определите место в документе, где должно появиться выражение, щелкнув мышью в соответствующей точке документа;
- введите левую часть выражения;
- введите знак равенства $\langle = \rangle$.

Оставим пока разговор о более надежных способах ввода математических символов и приведем пример простейших расчетов. Для вычисления синуса какого-нибудь числа достаточно ввести с клавиатуры выражение типа $\sin(1/4) =$. После того как будет нажата клавиша со знаком равенства, с правой стороны выражения, как по мановению волшебной палочки, появится результат (листинг 1.1).

Листинг 1.1. Расчет простого выражения

$$\sin\left(\frac{1}{4}\right) = 0.247$$

Примечание

Здесь и далее во всей книге в листинги вынесено содержание рабочей области документа Mathcad вместе с полученными результатами вычислений.

Подобным образом можно проводить и более сложные и громоздкие вычисления, пользуясь при этом всем арсеналом специальных функций, которые встроены в Mathcad. Легче всего вводить их имена с клавиатуры, как в примере с вычислением синуса, но, чтобы избежать возможных ошибок

в их написании, лучше выбрать другой путь. Чтобы ввести встроенную функцию в выражение:

1. Определите место в выражении, куда следует вставить функцию.
2. Нажмите кнопку с надписью $f(x)$ на стандартной панели инструментов (на нее указывает курсор на рис. 1.2).
3. В списке **Function Category** (Категория функции) появившегося диалогового окна **Insert Function** (Вставить функцию) выберите категорию, к которой принадлежит функция, — в нашем случае это категория **Trigonometric** (Тригонометрические).
4. В списке **Function Name** (Имя функции) выберите имя встроенной функции, под которым она фигурирует в Mathcad (**sin**). В случае затруднения с выбором ориентируйтесь на подсказку, появляющуюся при выборе функции в нижнем текстовом поле диалогового окна **Insert Function**.
5. Нажмите кнопку **OK** — функция появится в документе.
6. Заполните недостающие аргументы введенной функции (в нашем случае это $1/4$).

Результатом будет введение выражения из листинга 1.1, для получения значения которого осталось лишь ввести знак равенства.

Примечание

Большинство численных методов, запрограммированных в Mathcad, реализовано в виде встроенных функций. Пролитайте на досуге списки в диалоговом окне **Insert Function** (Вставить функцию), чтобы представлять себе, какие специальные функции и численные методы можно использовать в расчетах (им полностью посвящена *часть III*, а подробный перечень встроенных функций приведен в *приложении 3*).

Конечно, не всякий символ можно ввести с клавиатуры. Например, неочевидно, как вставить в документ знак интеграла или дифференцирования. Для этого в Mathcad имеются специальные панели инструментов, очень похожие на средства формульного редактора Microsoft Word. Как уже было отмечено ранее, одна из них — панель инструментов **Math** — показана на рис. 1.1. Она содержит инструменты для вставки в документы математических объектов (операторов, графиков, элементов программ и т. п.). Эта панель показана более крупным планом на рис. 1.3 уже на фоне редактируемого документа.

Панель содержит девять кнопок, нажатие каждой из которых приводит, в свою очередь, к появлению на экране еще одной панели инструментов. С помощью этих девяти дополнительных панелей можно вставлять в документы Mathcad разнообразные объекты. На рис. 1.3, как легко увидеть, на панели **Math** в нажатом состоянии находятся две первые сверху слева кнопки (над левой из них находится указатель мыши). Поэтому на экране присутст-