

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 70×100¹/₁₆. 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	73
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, otherwise</i>).....	157
6.2.6. Операторы цикла (<i>for, while, break, 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</i> , <i>Rkadapt</i> , <i>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 подрисовочной 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.

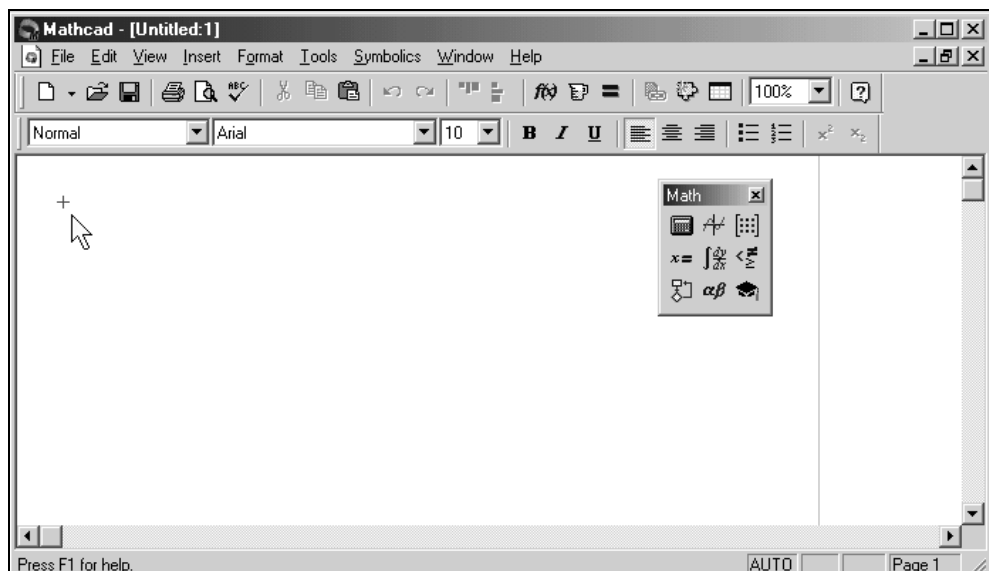


Рис. 1.1. Окно Mathcad 11 с новым документом

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, проделайте 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. Проклистайте 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-

вуют еще две панели — **Calculator** (Калькулятор) и **Graph** (График). Легко догадаться, какие объекты вставляются при нажатии кнопок на этих панелях.

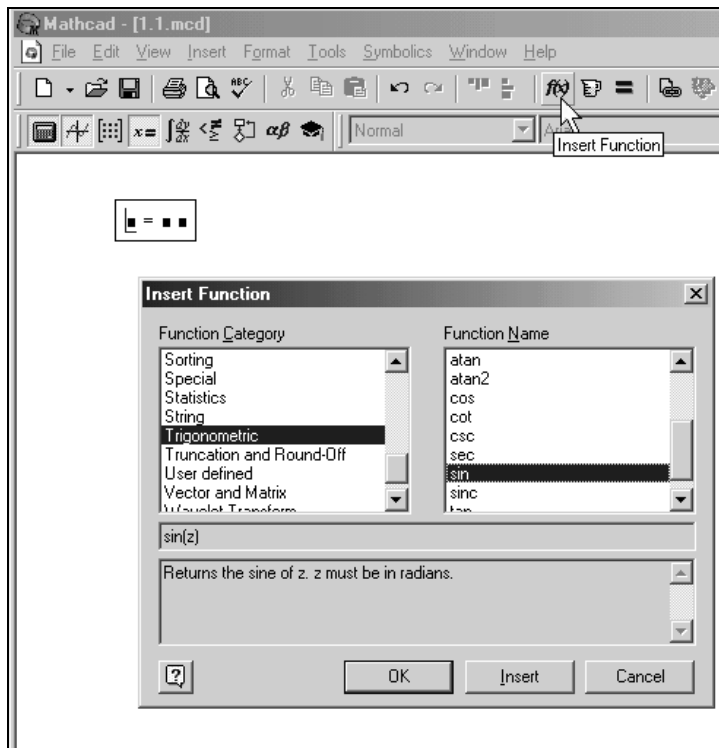


Рис. 1.2. Вставка встроенной функции

Примечание

Подробнее о назначении этих и других наборных панелей инструментов рассказано ниже (см. разд. 1.3).

К примеру, можно ввести выражение из листинга 1.1 исключительно с помощью панели **Calculator**. Для этого нужно сначала нажать кнопку **sin** (самую первую сверху). Результат данного действия показан на рис. 1.3 (выражение в рамке). Теперь остается лишь набрать выражение $1/4$ внутри скобок (в *местозаполнителе*, обозначаемом черным прямоугольником). Для этого нажмите последовательно кнопки **1**, — и **4** на панели **Calculator** и затем, на ней же, кнопку **=**, чтобы получить ответ (разумеется, тот же самый, что и в предыдущей строке документа).

Как видите, вставлять в документы математические символы можно по-разному, как и во многих других приложениях Windows. В зависимости от опыта работы с Mathcad и привычек работы на компьютере, пользователь может выбрать любой из них.

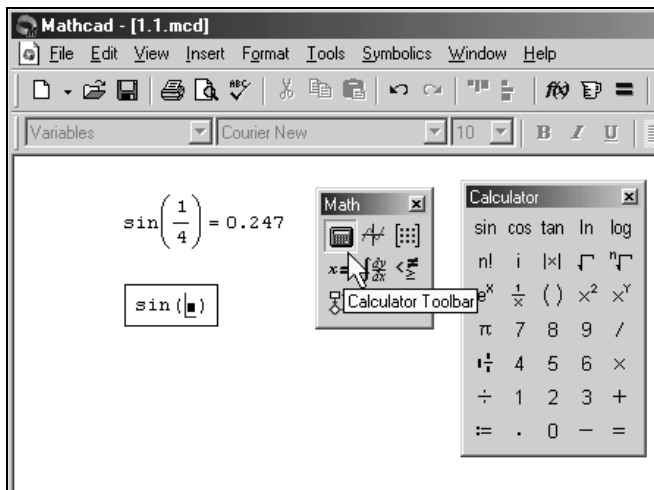


Рис. 1.3. Использование панели инструментов **Math**

Совет

Если вы только начинаете осваивать редактор Mathcad, настоятельно рекомендую, где это только возможно, вводить формулы, пользуясь наборными панелями инструментов и описанной процедурой вставки функций с помощью диалога **Insert Function** (Вставить функцию). Это позволит избежать многих возможных ошибок.

Описанные действия демонстрируют использование Mathcad в качестве обычного калькулятора с расширенным набором функций. Для математика же интерес представляет, как минимум, возможность задания переменных и операций с функциями пользователя. Нет ничего проще — в Mathcad эти действия, как и большинство других, реализованы по принципу "как принято в математике, так и вводится". Поэтому приведем соответствующие примеры (листинги 1.2 и 1.3), не теряя времени на комментарии (*если у вас возникнут проблемы с пониманием листингов, обратитесь за разъяснением к соответствующим разделам этой главы*). Обратите внимание только на оператор присваивания, который применяется для задания значений переменным в первой строке листинга 1.2. Его, как и все остальные символы, можно ввести с помощью панели **Calculator**. Присваивание обозначается символом ":=", чтобы подчеркнуть его отличие от операции вычисления.

Листинг 1.2. Использование переменных в расчетах

$x := 1.2$ $y := 55$ $z := 4$

$$\frac{(x^2 \cdot 250)}{\sqrt[5]{y}} \cdot \ln(z \cdot \pi) = 408.814$$

Листинг 1.3. Определение функции пользователя и расчет ее значения в точке $x=1$

$a := 2$

$$f(x) := x^a - \frac{2}{|x-5|}$$

$f(1) = 0.5$

В последнем листинге определяется функция $f(x)$. Ее график показан на рис. 1.4. Чтобы построить его, следует нажать на панели **Graph** кнопку с нужным типом графика (на нее на рисунке наведен указатель мыши) и в появившейся заготовке графика определить значения, которые будут отложены по осям. В нашем случае потребовалось ввести x в местозаполнитель возле оси X и $f(x)$ — возле оси Y .

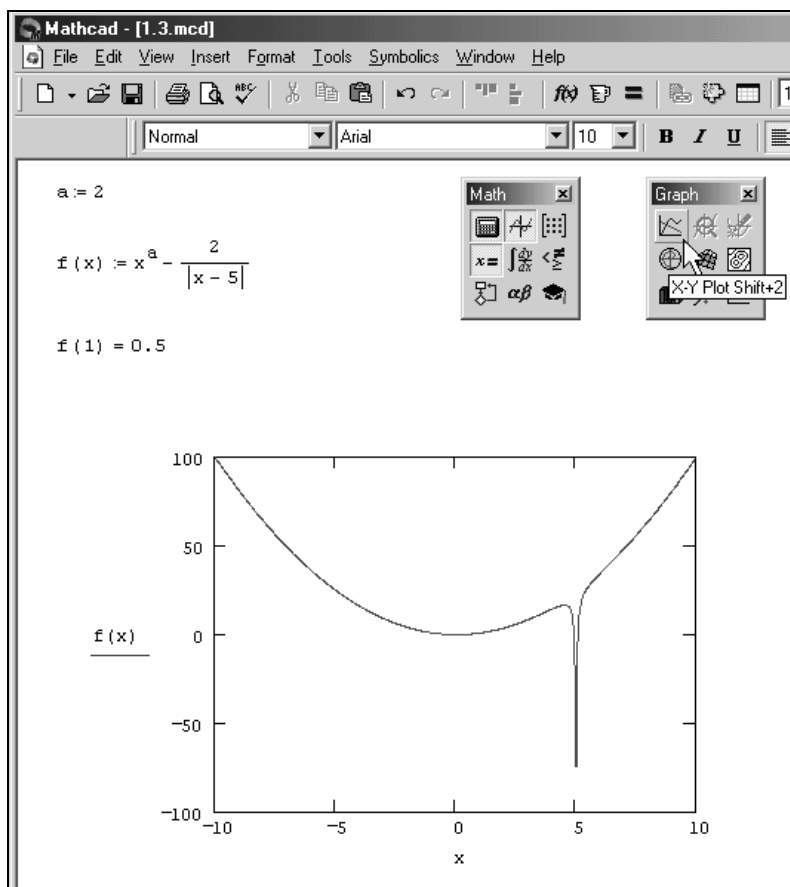


Рис. 1.4. Построение графика функции (листинг 1.3)

Примечание

Сравните содержание листинга 1.3 и рис. 1.4. Такой стиль подачи материала будет сохранен во всей книге. Листинги представляют собой фрагменты рабочих областей документа, которые работают без какого-либо дополнительного кода (если это не оговорено особо). Можно ввести содержание любого листинга в новый (пустой) документ, и он будет работать точно так же, как в книге. Чтобы не загромождать листинги, графики выведены в отдельные рисунки. В отличие от рис. 1.4, в следующих рисунках код листингов не дублируется, а если имеется ссылка на листинг в подрисуночной надписи, то это подразумевает, что данный график может быть вставлен в документ после упомянутого листинга.

Одной из самых впечатляющих возможностей Mathcad являются символьные вычисления, позволяющие решить многие задачи аналитически. Фактически, по мнению автора, Mathcad "знает" математику, по крайней мере, на уровне неплохого ученого. Умелое использование интеллекта символьного процессора Mathcad избавит вас от огромного количества рутинных вычислений, к примеру, интегралов и производных (листинг 1.4). Обратите внимание на традиционную форму написания выражений, единственная особенность заключается в необходимости применения символа символьных вычислений \rightarrow вместо знака равенства. Его, кстати, можно ввести в редакторе Mathcad с любой из панелей **Evaluation** (Выражения) или **Symbolic** (Символика), а символы интегрирования и дифференцирования — с панели **Calculus** (Вычисления).

Листинг 1.4. Символьные вычисления

$$\int \frac{\ln(a \cdot x)}{x^b} dx \rightarrow \left[\frac{-(b \cdot \ln(a) - \ln(a) + 1)}{(-2 \cdot b + b^2 + 1)} \cdot x - \frac{1}{(b-1)} \cdot x \cdot \ln(x) \right] \cdot x^{-b}$$

$$\frac{d}{dx} \frac{(x^2 \cdot 250)}{\sqrt[5]{y}} \cdot \ln(z \cdot \pi) \rightarrow 500 \cdot \frac{x}{y^{\frac{1}{5}}} \cdot \ln(z \cdot \pi)$$

В этом разделе была рассмотрена лишь небольшая часть вычислительных возможностей системы Mathcad. Тем не менее, несколько приведенных здесь примеров дают неплохое представление о его назначении. Возможно даже, что преждевременно рассказав о простоте, с которой можно проводить математические расчеты, автор потерял некоторую часть самых нетерпеливых читателей, которые уже перешли к решению своих задач. Им я хочу посоветовать воспользоваться в качестве справочника второй и третьей частями книги, а для наилучшего оформления результатов — четвертой частью. Ниже, в этой и последующих главах данной части основы Mathcad освещены более подробно.

1.3. Интерфейс пользователя

В Mathcad интерфейс пользователя интуитивен и сходен с другими приложениями Windows. Его составные части:

- верхнее меню, или строка меню (menu bar);
- панели инструментов (toolbars) **Standard** (Стандартная), **Formatting** (Форматирование), **Resources** (Ресурсы) и **Controls** (Элементы управления);
- панель инструментов **Math** и доступные через нее дополнительные математические панели инструментов;
- рабочая область (worksheet);
- строка состояния (status line или status bar);
- всплывающие, или контекстные, меню (pop-up menus или context menus);
- диалоговые окна или диалоги (dialogs);

Большинство команд можно выполнить как с помощью меню (верхнего или контекстного), так и панелей инструментов или клавиатуры.

1.3.1. Меню

Строка меню располагается в самой верхней части окна Mathcad. Она содержит девять заголовков, щелчок мышью на каждом из которых приводит к появлению соответствующего меню с перечнем команд:

- File** (Файл) — команды, связанные с созданием, открытием, сохранением, пересылкой по электронной почте и распечаткой на принтере файлов с документами;
- Edit** (Правка) — команды, относящиеся к правке текста (копирование, вставка, удаление фрагментов и т. п.);
- View** (Вид) — команды, управляющие внешним видом документа в окне редактора Mathcad, а также команды, создающие файлы анимации;
- Insert** (Вставка) — команды вставки различных объектов в документы;
- Format** (Формат) — команды форматирования текста, формул и графиков;
- Tools** (Инструменты) — команды управления вычислительным процессом и дополнительными возможностями;
- Symbolics** (Символика) — команды символьных вычислений;
- Window** (Окно) — команды управления расположением окон с различными документами на экране;
- Help** (Справка) — команды вызова справочной информации, сведений о версии программы, а также доступа к ресурсам и электронным книгам.

Примечание

Состав каждого меню, снабженный описанием действий каждого пункта, вы можете отыскать в *приложении 3*.

Чтобы выбрать нужную команду, щелкните мышью на содержащем ее меню и повторно на соответствующем элементе меню. Некоторые команды находятся не в самих меню, а в подменю, как это показано на рис. 1.5. Чтобы выполнить такую команду, например команду вызова на экран панели инструментов **Symbolic**, наведите указатель мыши на пункт **Toolbars** (Панели инструментов) выпадающего меню **View** (Вид) и выберите в появившемся подменю пункт **Symbolic**.

Примечание

Далее в книге, говоря о совершении того или иного действия с помощью меню, последовательность выбора пунктов меню будем приводить сокращенно, разделяя их косыми чертами. Например, рассмотренная команда обозначается как **View / Toolbars / Symbolic**.

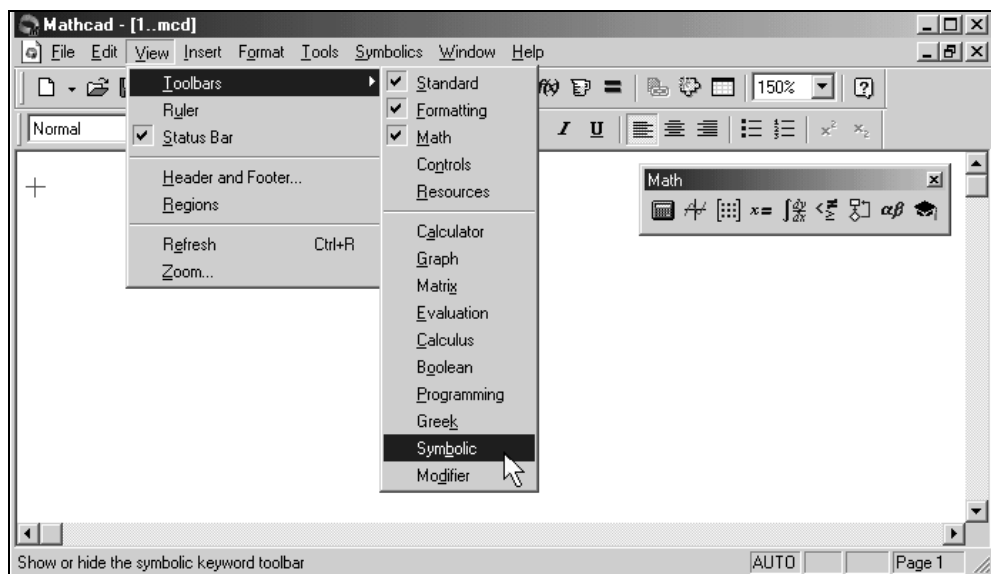


Рис. 1.5. Работа с меню

Обратите внимание, что пункты меню, которые содержат подменю, снабжены стрелками (как пункт **Toolbars** на рис. 1.5). Кроме того, некоторые пункты меню имеют (или не имеют) флажки проверки, указывающие на включение (или выключение) соответствующей опции в текущий момент. Так, на рис. 1.5 флажки проверки выставлены в пунктах **Status Bar** (Строка состояния) и имен трех панелей инструментов, что говорит о наличии в данный момент на экране строки состояния и трех панелей. Флажки же в

пунктах **Ruler** (Линейка), **Regions** (Регионы) и имен математических панелей инструментов отсутствуют, т. е. в данный момент эти опции выключены.

Назначение пунктов меню, на которые наведен указатель мыши, появляется в виде подсказки слева на строке состояния (в нижней части окна Mathcad). На рис. 1.5 указатель наведен на пункт **Symbolic**, поэтому подсказка гласит "Show or hide the symbolic keyword toolbar" (Показать или скрыть панель символики).

Помимо верхнего меню, схожие функции выполняют всплывающие меню (рис. 1.6). Они появляются, как и в большинстве других приложений Windows, при нажатии в каком-либо месте документа правой кнопки мыши. При этом состав данных меню зависит от места их вызова, поэтому их еще называют контекстными. Mathcad сам "догадывается", в зависимости от контекста, какие операции могут потребоваться в текущий момент, и помещает в меню соответствующие команды. Поэтому использовать контекстное меню зачастую проще, чем верхнее, т. к. не надо вспоминать, где конкретно в верхнем меню находится нужный пункт. Как и верхнее меню, контекстное также может иметь подменю (на рис. 1.6 показан участок документа с примером изменения отображения знака умножения в формуле; примечательно, что эту операцию в Mathcad можно осуществить только при помощи контекстного меню).

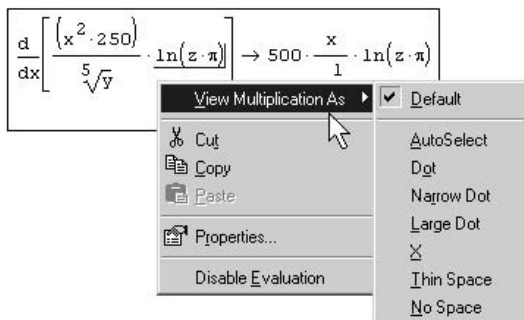


Рис. 1.6. Контекстное меню

1.3.2. Панели инструментов

Панели инструментов служат для быстрого (за один щелчок мыши) выполнения наиболее часто применяемых команд. Все действия, которые можно выполнить с помощью панелей инструментов, доступны и через верхнее меню. На рис. 1.7 изображено окно Mathcad, содержащее четыре основные панели инструментов, расположенные непосредственно под строкой меню. Кнопки в панелях сгруппированы по сходному действию команд:

- **Standard** — служит для выполнения большинства операций, таких, как действия с файлами, редакторская правка, вставка объектов и доступ к справочным системам;

- ❑ **Formatting** — для форматирования (изменения типа и размера шрифта, выравнивания и т. п.) текста и формул;
- ❑ **Math** — для вставки математических символов и операторов в документы;
- ❑ **Resources** — для вызова ресурсов Mathcad (примеров, справок и т.п.).

Группы кнопок на панелях инструментов разграничены по смыслу вертикальными линиями — *разделителями*. При наведении указателя мыши на любую из кнопок рядом с кнопкой появляется *всплывающая подсказка* — короткий текст, поясняющий назначение кнопки (см. рис. 1.3 и 1.4). Наряду со всплывающей подсказкой более развернутое объяснение готовящейся операции можно отыскать на строке состояния.

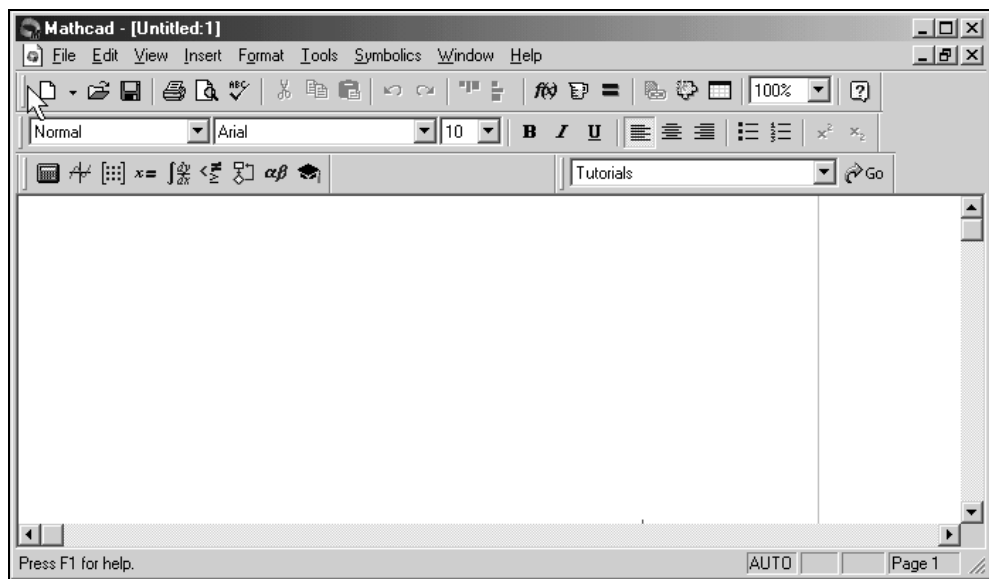


Рис. 1.7. Основные панели инструментов

Панель **Math** предназначена для вызова на экран еще девяти панелей (рис. 1.8), с помощью которых, собственно, и происходит вставка математических операций в документы. В прежних версиях Mathcad эти математические панели инструментов назывались *палитрами* (palettes) или *наборными панелями*. Чтобы показать какую-либо из них, нужно нажать соответствующую кнопку на панели **Math** (см. рис. 1.3). Перечислим назначение математических панелей:

- ❑ **Calculator** — служит для вставки основных математических операций;
- ❑ **Graph** (График) — для вставки графиков;
- ❑ **Matrix** (Матрица) — для вставки матриц и матричных операторов;

- ❑ **Evaluation** (Выражения) — для вставки операторов управления вычислениями;
- ❑ **Calculus** (Вычисления) — для вставки операторов интегрирования, дифференцирования, суммирования;
- ❑ **Boolean** (Булевы операторы) — для вставки логических (булевых) операторов;
- ❑ **Programming** (Программирование) — для программирования средствами Mathcad;
- ❑ **Greek** (Греческие символы) — для вставки греческих символов;
- ❑ **Symbolic** — для вставки символьных операторов.

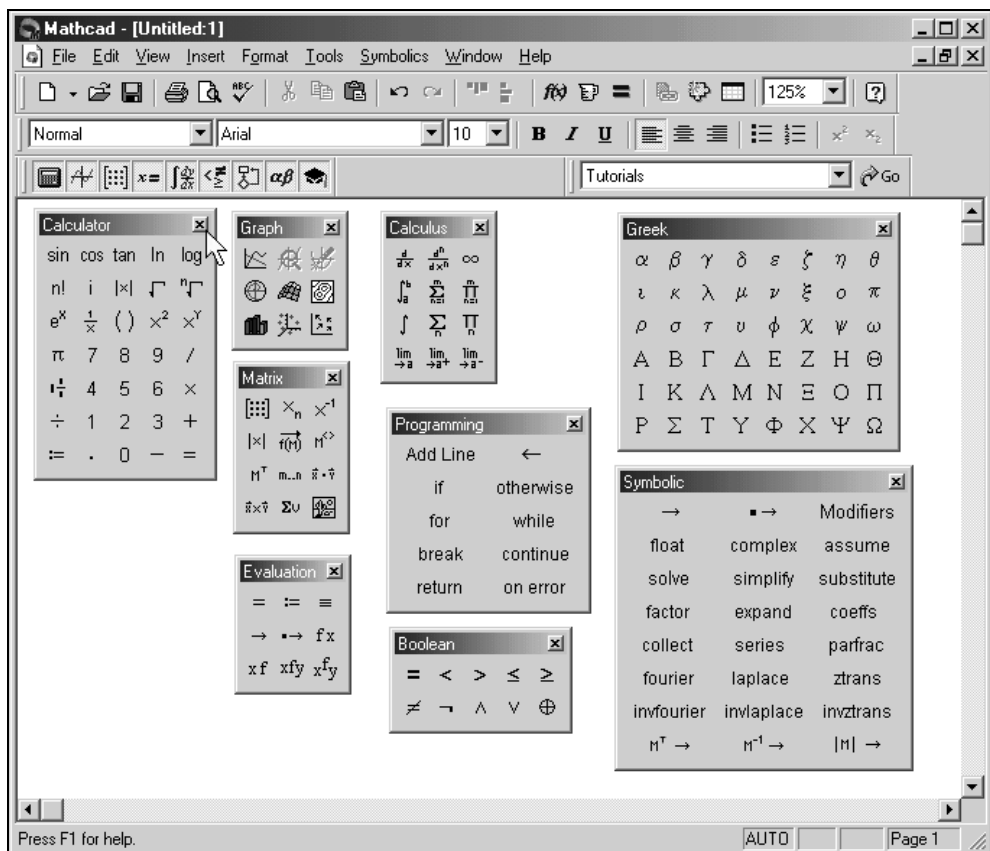


Рис. 1.8. Математические панели инструментов

При наведении указателя мыши на многие из кнопок математических панелей появляется всплывающая подсказка, содержащая еще и сочетание "горячих клавиш", нажатие которых приведет к эквивалентному действию.

1.3.3. Настройка панели инструментов

В Mathcad, подобно другим программам Windows, пользователь может настроить внешний вид панелей инструментов наиболее оптимальным для него образом.

Вы можете:

- показывать или скрывать панели;
- перемещать панели в любое место экрана и изменять их форму;
- делать панели плавающими, и наоборот;
- настраивать основные панели, т. е. определять набор их кнопок.

Присутствие панелей на экране

Вызвать любую панель на экран или скрыть ее можно с помощью меню **View / Toolbars**, выбирая в открывающемся подменю имя нужной панели (см. рис. 1.5). Убрать любую панель с экрана можно еще и посредством контекстного меню, которое вызывается щелчком правой кнопкой мыши в любом месте панели (например на любой кнопке). В контекстном меню следует выбрать пункт **Hide** (Скрыть). Кроме того, если панель *плавающая*, т. е. не прикреплена к основному окну (как, например, все панели на рис. 1.8), то ее можно отключить кнопкой закрытия (на рис. 1.8 указатель мыши наведен на эту кнопку панели **Calculator**).

Математические панели, в отличие от основных, можно вызвать или скрыть нажатием соответствующей кнопки панели **Math**. Присутствие или отсутствие математических панелей показано в виде нажатой (или отжатой) соответствующей кнопки (см. рис. 1.3, 1.4 или 1.8).

Создание плавающих панелей

Чтобы открепить любую из панелей от границ окна Mathcad:

1. Поместите указатель мыши над первым (см. рис. 1.7) или последним разделителем панели (первый разделитель имеет характерный объемный вид, а последний — обычный).
2. Нажмите и удерживайте левую кнопку мыши — вы увидите характерный профиль очертаний панели.
3. Не отпуская кнопку, перетащите панель (для чего переместите указатель мыши в любое место экрана, ориентируясь на перемещение профиля панели).
4. Отпустите кнопку мыши — панель станет плавающей и переместится туда, где находился ее профиль.

Результат перетаскивания основных панелей показан на рис. 1.9. Обратите внимание, что у плавающих панелей инструментов появляется заголовок с

названием панели. Чтобы снова прикрепить панель к окну, перетащите ее за этот заголовок к границе окна. При подведении панели на некоторое расстояние к границе можно увидеть, что панель "притягивается" ею. Следует отпустить в этот момент кнопку мыши, и панель перестанет быть плавающей. Можно прикреплять панели не только к строке меню в верхней части окна, но и к любой его границе.

Примечание

Большинство математических панелей могут быть только плавающими.

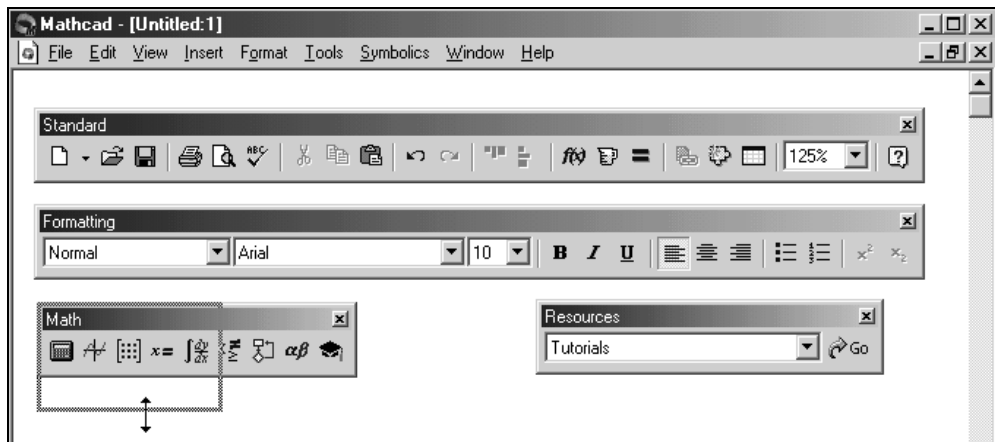


Рис. 1.9. Изменение расположения и размера панелей инструментов

Имеется также и более простой способ открепить панель от границ окна Mathcad. Для этого просто щелкните дважды на ее первом или последнем разделителе. Чтобы прикрепить панель к окну, достаточно двойного щелчка на ее заголовке.

Перемещение панелей по экрану

Чтобы перемещать панели инструментов по экрану, необходимо предварительно сделать их плавающими. Плавающую панель легко поместить в любое место экрана ее перетаскиванием.

Примечание

Переместить панель в любое место экрана можно, даже если основное окно Mathcad не развернуто во весь экран, а занимает только его часть.

Прикрепленные панели перемещайте вдоль границ окна, буксируя их мышью за крайние разделители. Таким способом удобно располагать несколько панелей инструментов в одну вертикальную или горизонтальную строку.

Чтобы изменить форму плавающей панели, т. е. выстроить кнопки на ней в другое соотношение рядов и столбцов, поместите указатель мыши на границу панели и, когда он приобретет характерную форму (рис. 1.9), нажмите левую кнопку мыши и перетащите при нажатой кнопке указатель, ориентируясь на изменяющуюся форму контура панели. Когда вы отпустите кнопку мыши, размеры панели изменятся.

Настройка состава основных панелей

Настройка означает изменение количества и состава кнопок на любой из трех основных панелей (**Standard**, **Formatting** и **Mathematics**). Она, например, полезна, если требуется убрать редко используемые кнопки, чтобы не загромождать экран (в особенности, если его невысокое разрешение вынуждает пользователя экономить место). Для изменения состава кнопок на панели вызовите щелчком правой кнопкой мыши в любом ее месте (но не на заголовке) контекстное меню и выберите в нем пункт **Customize** (Настроить). Появится диалоговое окно **Customize Toolbar** (Настройка панели инструментов), в котором имеются два списка — в левом перечислены отсутствующие кнопки, а в правом — кнопки, которые присутствуют в данный момент на панели (рис. 1.10).

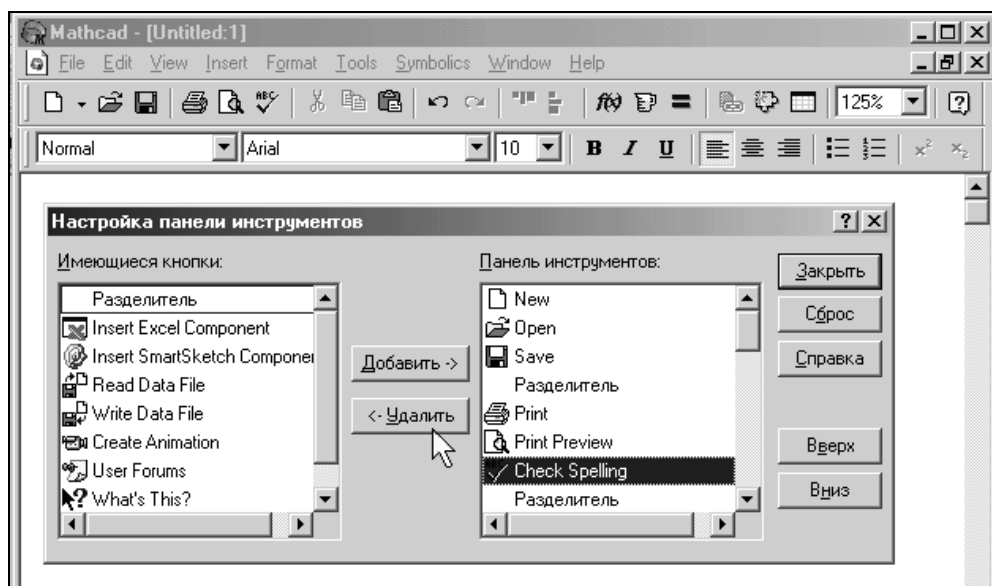


Рис. 1.10. Настройка состава панели инструментов

Чтобы убрать кнопку (или разделитель кнопок) с панели инструментов, выделите ее имя в правом списке и затем нажмите кнопку **Remove** (Удалить) в диалоговом окне (на нее наведен указатель мыши на рис. 1.10). Чтобы добавить новую кнопку, выделите ее имя в левом списке и нажмите **Add** (Доба-