

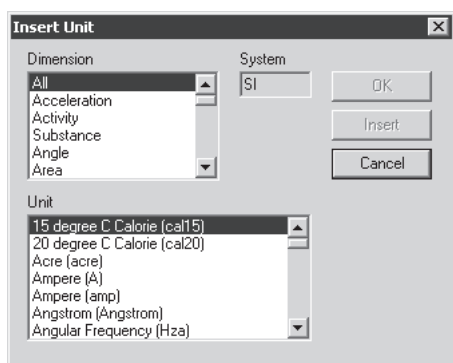
## Глава 17. Работа с размерностями

Значительно упростить и ускорить научные и инженерные расчеты можно благодаря тому, что в Mathcad существует возможность работы с размерными величинами. Это позволяет не только мгновенно делать пересчет одних единиц в другие, но и, очень часто, находить ошибки благодаря тому, что система проводит проверку на корректность совместного использования размерностей. Кроме того, при необходимости, в качестве системы единиц может быть использована не только SI, но и любая другая.

Наверное, вы уже заметили, что при выделении подсчитанного численно выражения правее результата появляется черный маркер (чего не наблюдается в символьных ответах). Например:

$$\sin(\pi) = 0 \blacksquare$$

Почти наверняка вы задавались вопросом, что это за маркер и зачем он нужен? Чтобы получить ответ на этот вопрос, дважды щелкните на нем левой кнопкой мыши. При этом откроется окно Insert Unit (Вставить размерность). Можно сделать вывод, что черный маркер в ответах при численном подсчете является маркером размерности. Для ее введения и служит открывшееся окно (рис. 17.1).



**Рис. 17.1.** Окно Insert Unit

Всего в Mathcad имеется более 150 встроенных единиц размерности — практически все, которые можно встретить при решении физических, химических и технических задач. Для удобства они разбиты на тематические группы, ссылки на которые располо-

жены в списке Dimension (Измерение). Всего же в Mathcad 35 типов размерностей. Чтобы найти нужную единицу измерения, следует выделить с помощью мыши или клавиш управления курсором соответствующую строку списка Dimension. При этом в окошке Unit (Единица) появится список единиц измерения выбранной категории. Найдя в нем нужную, нажмите Enter или дважды щелкните левой кнопкой мыши — и необходимая размерность будет вставлена на место маркера формулы. Если вы приблизительно знаете английское написание нужной вам размерности, более просто ее можно найти в полном списке встроенных единиц измерения Mathcad. Этому списку соответствует строка All (Все) меню Dimension (Измерение). Кстати, по умолчанию система открывает именно этот список.

Помимо использования маркера ответа, вызвать окно Insert Unit (Вставить единицу) можно тремя способами. Во-первых, можно использовать сочетание клавиш Ctrl+U. Во-вторых, можно задействовать специальную кнопку панели Standard (Стандартные) в виде мерного стаканчика, заполненного водой. В-третьих, можно применить команду Unit (Единица) меню Insert (Вставить).

Некоторые единицы измерений имеют в Mathcad несколько обозначений. Так, электрическое сопротивление можно задать как ohm или использовать более принятое в технике обозначение через греческую букву  $\Omega$ . Аналогично единица времени секунда задается и как s, и как sec. При задании размерностей с помощью окна Insert Unit каждая из возможных форм отображения выбранной единицы измерений располагается в отдельной строке.

Помимо обычных единиц измерения, в Mathcad можно оперировать такими физическими константами, как ускорение свободного падения, диэлектрическая и магнитная постоянная, радиус Бора, скорость света в вакууме.

$$g = 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \frac{\text{s}^4 \cdot \text{A}^2}{\text{kg} \cdot \text{m}^3} \quad \mu_0 = 1.257 \times 10^{-6} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{A}^2}$$

$$a_0 = 5.292 \times 10^{-11} \text{ m} \quad c = 2.998 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ввести размерность можно и с клавиатуры как обычную переменную. Однако для этого нужно знать английское обозначение вводимой единицы измерения и точно следовать принятому в Mathcad синтаксису. Наиболее распространенная ошибка при определении размерности с помощью клавиатуры связана с использованием прописной буквы там, где должна быть строчная (и наоборот).

В Mathcad размерность можно использовать не только для уже полученного численного значения (что имеет только эстетическое значение), но и при задании переменных. Так, например, чтобы задать длину l, равную 5 сантиметрам, выполните следующую последовательность действий.

1. Определите имя переменной и присвойте ей численное значение.
2. Введите после присвоенного численного значения знак умножения «\*».
3. В появившейся маркер вставьте одним из описанных выше способов нужную размерность. В нашем случае для этого обратимся к списку Length (длина) окна Insert Unit. Исходя из условия, вводим в качестве единицы размерности сантиметр:

$$l := 5 \cdot \text{cm} \quad l = 0.05 \text{ m}$$

Обратите внимание на то, что Mathcad автоматически приводит заданные размерные переменные к стандартным единицам выбранной системы. Эту особенность программы

можно весьма успешно применять для перевода одних единиц измерения в другие. Кроме того, Mathcad можно использовать для очень быстрого и простого получения справочной информации относительно величин тех или иных несистемных размерностей, а также их взаимосвязи.

### Пример 17.1. Приведение величин к стандартным размерностям

$$6 \cdot \text{yr} = 1.893 \times 10^8 \text{ s} \quad 1 \cdot \text{hectare} = 1 \times 10^4 \text{ m}^2 \quad 78 \cdot \text{ft} = 23.774 \text{ m}$$

$$9 \cdot \text{ohm} = 9 \Omega \quad 89 \cdot \text{cal} = 372.625 \text{ J} \quad 1 \cdot \text{R} = 0.556 \text{ K}$$

Когда в расчете участвуют размерные переменные, ответ возвращается, за небольшим исключением, как размерная величина. Если на каком-то этапе вычислений допущена ошибка, размерность конечного результата будет некорректной. Это свойство позволяет оценить, верно ли решена задача или нет.

### Пример 17.2. Расчеты с размерными переменными

Задача. Определить силу тока, напряжение и выделившееся в течение двух часов количество теплоты  $Q$  в цепи (рис. 17.2) при замкнутом и разомкнутом ключе  $K$ , если ЭДС источника тока  $E$  составляет 80 В, его внутреннее сопротивление  $R$  равно 50 Ом, а сопротивления вольтметров  $R_V$  одинаковы и равны 0,15 кОм.

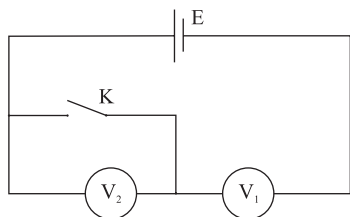


Рис. 17.2. Электрическая цепь для рассматриваемой задачи

Задаем входные величины с учетом их размерностей:

$$E := 80 \cdot \text{V} \quad R := 50 \cdot \Omega \quad R_V := 0.15 \cdot \text{k}\Omega \quad t := 2 \cdot \text{hr}$$

Согласно закону Ома, при замкнутом ключе сила тока, напряжение и выделившееся количество тепла в цепи определяются по формулам:

$$\begin{aligned} I_0 &:= \frac{E}{R + R_V} & U_0 &:= I_0 \cdot R_V & Q_0 &:= I_0^2 \cdot (R + R_V) \cdot t \\ I_0 &= 0.4 \text{ A} & U_0 &= 60 \text{ V} & Q_0 &= 2.304 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

При разомкнутом ключе необходимо учесть сопротивление и второго вольтметра:

$$\begin{aligned} I &:= \frac{E}{R + 2R_V} & U &:= I \cdot R_V & Q &:= I^2 \cdot (R + 2R_V) \cdot t \\ I &= 0.229 \text{ A} & U &= 34.286 \text{ V} & Q &= 1.317 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

В примере 17.2 приводится расчет некоторых электрических характеристик по значениям ЭДС (в вольтах), сопротивления (в омах и килоомах) и времени (в часах). То есть в одном выражении смешаны переменные, определенные через системные и несистем-

ные единицы измерений. С точки зрения физики это некорректно, однако в связи с тем, что, как было показано выше, Mathcad автоматически пересчитывает все внесистемные единицы в системные, сам расчет происходит правильно. При этом размерность ответа выводится не как соответствующее алгебраическое сочетание исходных единиц, а, по возможности, через другие системные размерности, которые определяются данным сочетанием. В случае приведенного примера это амперы «А» (вместо  $V/\Omega$ ), вольты «В» (вместо  $A \cdot \Omega$ ) и джоули «Д» (вместо  $A^2 \cdot \Omega \cdot s$ ). В случае более сложных формул возможен результат с размерностью в виде выражения из исходных и новых единиц.

**Пример 17.3.** Представление размерности результата в виде сочетания единиц

$$q := 4C \qquad \phi := 400V$$

$$\frac{\phi}{q} = 100 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^4 \cdot \text{A}^2}$$

Использовать сочетание размерностей можно и при задании переменных.

При решении некоторых физических задач Mathcad может не совсем корректно упрощать выражение размерности ответа. В таких случаях лучше его вообще не проводить, а отобразить размерность через сочетание фундаментальных единиц. Чтобы сменить режим редактирования размерностей, откройте вкладку Unit Display (Отображение единиц) окна Result Format (Формат результата) (ее открывает команда Format ► Result) и снимите флажок Simplify units when possible (Упрощать единицы, когда это возможно).

Если вы выполните описанные действия, то результат не будет отображаться через сложные системные единицы (ватт, джоуль, гаусс и др.), а выразится через девять базовых (метр, секунда, килограмм, ампер, кандела, моль, кельвин, радиан,стерадиан).

**Пример 17.4.** Получение результата с размерностью, выраженной через базовые единицы

Задача. В шахту равноускоренно опускается лифт, масса которого 300 кг. В первые 5 с он проходит 25 м. Определить силу натяжения каната, к которому подвешен лифт.

Вводим известные величины и указываем их размерности:

$$M := 300 \cdot \text{kg} \qquad h := 25 \cdot \text{m} \qquad t := 5 \cdot \text{s}$$

Согласно второму закону Ньютона результирующая сила, действующая на лифт, равна сумме сил гравитации и натяжения каната:

$$\vec{mg} + \vec{T} = m\vec{a}$$

Сила натяжения каната направлена противоположно силе гравитации. С учетом этого представим выражение в скалярном виде, а также выразим ускорение через известные величины:

$$mg - T = ma \qquad T = m \cdot (g - a) \qquad h = \frac{at^2}{2} \qquad a = \frac{2h}{t^2}$$

Записываем конечную формулу и находим силу натяжения каната:

$$T := M \cdot \left( g - \frac{2 \cdot h}{t^2} \right) \qquad T = 2.342 \times 10^3 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

При активированном параметре *Simplify units when possible* размерность силы отобразилась бы в привычных единицах — ньютонах, в нашем же случае она выражена через базовые единицы системы SI.

Второй параметр вкладки *Unit Display — Format Units* (Форматирование единиц) — отвечает за форму представления размерности ответа. При активизации этого параметра Mathcad стремится получить выражение размерности в наиболее традиционной и простой форме. Так, например, при этом не будут отображаться отрицательные степени единиц.

### **Пример 17.5.** Использование параметра *Format Units*

**Задача.** Однозарядный ион лития массой 7 а.е.м. (атомных единиц массы) прошел в вакууме ускоряющую разность потенциалов 300 В. Какую скорость приобрел ион?

Задаем имеющиеся данные с указанием размерностей (1 а.е.м.= $1,66 \cdot 10^{-27}$  кг):

$$m := 7 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27} \cdot \text{kg} \qquad U := 300 \cdot \text{V} \qquad q := 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot \text{C}$$

Работа сил электрического поля затрачивается на изменение кинетической энергии иона. С другой стороны, работа в электрическом поле равна произведению заряда на разность потенциалов:  $A=qU$ , следовательно,  $qU=mv^2/2$ . Скорость иона найдем из данного выражения:

$$v := \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot U}{m}}$$

*При включенном параметре*

$$v = 9.089 \times 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

*При отключенном параметре*

$$v := 9.089 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Как вы уже, наверное, заметили, Mathcad представляет размерность ответа только в системных единицах. Иногда же использовать внесистемные единицы требует либо условие решаемой задачи, либо банальное удобство. Так, например, емкость конденсаторов, применяемых в бытовой технике, чаще всего выражается в пикофарадах, так как, если бы это делалось в системных единицах, пришлось бы оперировать с выражениями степени  $-12$ , что, естественно, довольно сложно. Подсчитывая же параметры схемы в Mathcad, ответ вы получите именно в фарадах. Однако можно перевести ответ и в нужные величины. Для этого выделите расчетную формулу. При этом правее обозначения размерности появится черный маркер:

$$\text{pF} = 1 \times 10^{-12} \text{ F} \blacksquare$$

Введя в него новую единицу размерности, вы замените ею старую. Естественно, что при этом произойдет пересчет численного значения результата.

### **Пример 17.6.** Пересчет метра в несистемные единицы длины

$$m = 1 \text{ m}$$

$$m = 1 \times 10^{-3} \text{ km}$$

$$m = 3.281 \text{ ft}$$

$$m = 39.37 \text{ in}$$

$$m = 6.214 \times 10^{-4} \text{ mi}$$

$$m = 1 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$m = 1.094 \text{ yd}$$

Если система не способна выразить значение выражения через вводимую вами единицу, она просто домножит и разделит на нее старую размерность. Никакой ошибки или некорректности в полученном результате от этого не будет (как, впрочем, и пользы от него). Впрочем, наиболее грубые ошибки при работе с размерностями Mathcad все-таки замечает. Так, например, при попытке сложить величины с размерностью килограмма и метра система выдаст сообщение об ошибке: The units in this expression do not match (Единицы в этом выражении не согласуются) (рис. 17.3).



**Рис. 17.3.** Ошибка при работе с величинами, не совместимыми по размерности

Во многих физических формулах используются логарифмы от выражений, которые образованы размерными величинами. Однако если вы попытаетесь просчитать такую формулу в Mathcad, то система выдаст ошибку: This value must be dimensionless (Эта величина должна быть безразмерной). Все дело в том, что логарифмировать размерности совершенно некорректно. В физике же эту проблему весьма формальным образом обходят благодаря тому, что всегда подразумевается, что выражение под логарифмом делится на такое же, только равное единице. При этом размерности сокращаются, и формула (формально) приобретает правильный вид. Чтобы в Mathcad можно было осуществить подобную операцию, разработчиками была создана функция SIUnitsOf (функция UnitsOf, доступная в предыдущих версиях программы, в Mathcad 12 не поддерживается). Данная функция возвращает размерность переданного ей выражения, выраженную в базовых единицах системы SI, в независимости от выбранной системы единиц (или 1, если выражение безразмерное). Поделив выражение X на SIUnitsOf(X), можно избавиться от размерностей, и, следовательно, провести логарифмирование.

### Пример 17.7. Логарифмирование размерной величины

Задача. Вычислить работу, совершаемую 10 молями идеального газа при изотермическом расширении от объема  $V_1=500$  л до объема  $V_2=1000$  л при температуре  $T=298$  К.

Сначала зададим все необходимые постоянные, не забывая про размерность:

$$R := 8.31 \cdot \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \quad C := 10 \cdot \text{mol} \quad T := 298 \text{ K} \quad V_1 := 500 \cdot \text{liter} \quad V_2 := 1000 \cdot \text{liter}$$

Работу найдем, используя известную формулу термодинамики:

$$A := C \cdot R \cdot T \cdot \ln \left( \frac{V_2}{\text{SIUnitsOf}(V_2)} \right) - C \cdot R \cdot T \cdot \ln \left( \frac{V_1}{\text{SIUnitsOf}(V_1)} \right)$$

$$A = 1.716 \times 10^4 \text{ J}$$

Приведенное описание принципов вычисления логарифма размерной величины можно автоматически перенести на случаи определения значений других неалгебраических функций от размерных величин.

Аналогично любым другим переменным, встроенные размерности могут быть, при необходимости, и переопределены. Например:

$$\text{sec} = 1 \text{ s} \quad \text{sec} := 10 \cdot \text{km} \quad \text{sec} = 1 \times 10^4 \text{ m}$$

Кстати, такое переопределение пользователь делает очень часто, создавая собственные переменные или функции, имена которых совпадают с одной из единиц измерения (что совсем не удивительно, учитывая их количество). В этом случае имя переменной или функции будет подчеркнуто волнистой зеленой линией, а переопределенная размерность станет недоступной. Поэтому в том случае, если вы собираетесь использовать в своем документе единицы измерений, предельно осторожно относитесь к определению имен функций и переменных.

В Mathcad можно оперировать ранжированными переменными, содержащими размерности. В отличие от безразмерных ранжированных переменных, они требуют задания шага даже в том случае, когда он должен равняться единице. В независимости от того, какие единицы измерения были указаны при задании ранжированной переменной, вектор будет содержать значения, выраженные в базовых единицах выбранной системы.

**Пример 17.8.** Расчеты с ранжированными переменными, содержащими размерности

Расчет оптимального веса по росту.

Идеальный вес для мужчины составляет 52 кг плюс 0,76 кг на каждый сантиметр роста свыше 150 см, для женщины — 49 кг плюс 0,67 кг на каждый сантиметр роста свыше 150 см. Используя ранжированные переменные с размерностями, найдем оптимальный вес мужчин, рост которых лежит в диапазоне от 175 до 185 см. Аналогичный расчет сделаем для женщин ростом от 165 до 175 см.

$cm := 0.76 \cdot kg$

$cm := 0.67 \cdot kg$

$man\_height := 25\text{-}cm, 26\text{-}cm..35\text{-}cm$

$woman\_height := 15\text{-}cm, 16\text{-}cm..25\text{-}cm$

$man\_height + 52 \cdot kg =$

71
71.76
72.52
73.28
74.04
74.8
75.56
76.32
77.08
77.84
78.6

$woman\_height + 49 \cdot kg =$

59.05
59.72
60.39
61.06
61.73
62.4
63.07
63.74
64.41
65.08
65.75

Расчеты с размерными переменными возможны не во всех случаях. Так, например, при попытке продифференцировать функцию от размерной переменной будет выдано сообщение об ошибке: This value must be dimensionless (Эта величина должна быть безразмерной). Не рекомендуется проводить и символьные расчеты с размерными переменными, поскольку в большинстве случаев результат будет выдан в виде числа с плавающей точкой с размерностью в виде сочетания исходных единиц либо вовсе в виде бессмысленной комбинации заданных в условии величин и их размерностей.

Список встроенных единиц измерения Mathcad весьма основателен. Однако на практике иногда приходится использовать размерности, которых в нем нет. Например, это

может касаться традиционных единиц измерения, таких как аршин, сажень, ведро, вершок и многих других. Кроме того, английское обозначение размерностей может быть неприемлемым при оформлении научных статей или докладов на русском языке. Во всех этих случаях вам придется задавать собственную единицу измерения.

Определить новую размерность можно очень просто, зная, что размерности по своей сути есть обычные переменные. Поэтому, чтобы решить эту проблему, достаточно соответствующему имени присвоить сочетание из встроенных или заданных выше единиц измерения, используя необходимые коэффициенты. Если текст размерности должен быть задан на русском, нужно при определении ее имени перейти к одному из кириллических шрифтов с помощью специального списка панели Formatting (Форматирование) (точно так же, как вы бы поменяли шрифт в том же Word).

### Пример 17.9. Задание традиционных размерностей на русском языке

Аршинов := 711.2·mm	Ведер := 12.299·L
Сажений := 2.1136·m	Четвертей := 209.91·L
Вершков := 44.45·mm	Баррелей := 158.987·L
3·m + 34·cm = 3.34m	6·L + 0.67·gal = 8.536 L
3·m + 34·cm = 4.696 Аршинов	6·L + 0.67·gal = 0.694 Ведер
3·m + 34·cm = 1.58 Сажений	6·L + 0.67·gal = 0.041 Четвертей
3·m + 34·cm = 75.141 Вершков	6·L + 0.67·gal = 0.054 Баррелей

Как уже не раз отмечалось выше, при вычислении выражения с размерными переменными Mathcad по умолчанию выдает ответ, размерность которого представлена только через системные единицы измерений. Однако самих систем измерений существует несколько. Наиболее распространенная и принятая в науке и технике система SI выбрана в Mathcad по умолчанию. Однако при необходимости можно используемую систему единиц сменить. Для этого следует открыть вкладку Unit System (Система единиц) окна Worksheet options (Настройки документа) меню Tools (Инструменты). Здесь в списке Default Units (Единицы, принятые по умолчанию) можно выбрать одну из четырех систем единиц.

- ☐ SI. Международная система единиц. В нашей стране используют именно SI, поэтому описывать ее мы не будем.
- ☐ MKS. Система, очень близкая к SI. Основным отличием является использование в электрических характеристиках в качестве фундаментальной единицы не размерности силы тока — ампера, а единицы величины заряда — кулона. Кроме того, в MKS нет единицы количества вещества — моля.
- ☐ CGS. Опиерирует следующими базовыми единицами: сантиметр — размерность длины, грамм — массы, секунда — времени, кулон — электрических взаимодействий, кельвин — температуры.
- ☐ U.S. Система единиц, принятая в США. В качестве базовой размерности длины используется фут, массы — фунт, времени — секунда, электрических взаимодействий — ампер, температуры — кельвин.
- ☐ Если выбрать пункт None (Нет), то использовать встроенные размерности в расчетах будет невозможно.



**Пример 17.10.** Основные единицы системы U.S.

$$1 \text{ m} = 3.281 \text{ ft} \quad 1 \text{ kg} = 2.205 \text{ lb} \quad 1 \text{ sec} = 1 \text{ s}$$

$$1 \text{ K} = 1 \text{ K} \quad 1 \text{ amp} = 1 \text{ A} \quad 1 \text{ mol} = 1 \text{ mol} \quad 1 \text{ cd} = 1 \text{ cd}$$

Вне зависимости от выбранной системы единиц в расчетах можно использовать размерности, относящиеся к любой из систем — если выражение содержит величины, размерности которых определены в разных системах, конфликта между ними не возникнет (данная возможность была недоступна в предыдущих версиях программы). Размерность конечного результата, разумеется, будет выражена через единицы определенной по умолчанию системы.

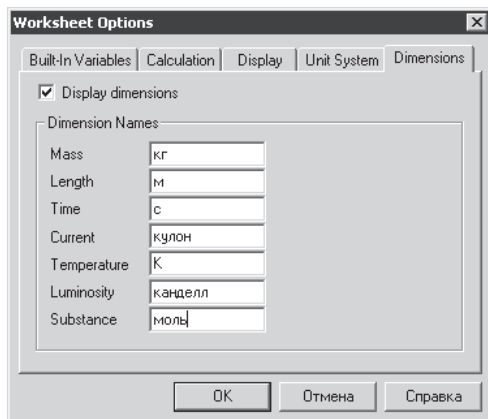
**Пример 17.11.** Совместимость единиц измерения различных систем (по умолчанию выбрана система CGS)

$$\frac{1 \text{ J}}{1 \text{ erg}} = 1 \times 10^7 \quad 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s} = 2.998 \times 10^9 \text{ statcoul} \quad \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ m}} = 3.336 \times 10^{-5} \text{ oersted}$$

Кстати, в Mathcad 12 появилось новое правило упрощения единиц объема — любой объем, выраженный через возведенную в куб единицу длины любой из систем, будет автоматически пересчитан в литры или галлоны, в зависимости от выбранной по системе единиц.

О том, как можно создать собственную единицу измерений на русском языке, мы уже говорили выше. Однако, если нужно перевести основные единицы системы, можно поступить и значительно проще. Для этого нужно открыть вкладку Dimensions (Измерения) окна Worksheet Options (Параметры документа). Здесь, установив флажок Display Dimensions (Отображение размерностей), в списке Dimension Names (Имена размерностей) вы можете произвольным образом определить то слово или сокращение, которым будет отображаться единица измерения. На рис. 17.4 представлен пример переобозначения базовых единиц системы SI русскими сокращениями.

В результате проведенного переопределения в размерностях ответов для обозначения шести фундаментальных единиц SI программа будет использовать заданные русские обозначения. Если при отображении размерности ответа на русском языке возникнет проблема со шрифтом, то установите курсор на одну из единиц выражения размерности, в списке Font (Шрифт) панели Formatting (Форматирование) выберите один из имеющихся кириллических шрифтов.



**Рис. 17.4.** Переобозначение системных единиц

**Пример 17.12.** Использование переопределенных базовых единиц  
(по умолчанию выбрана система MKS)

$$\text{atm} = 1.013 \times 10^5 \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2} \quad \text{mole} = 1 \text{ моль} \quad \text{erg} = 1 \times 10^{-7} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$\text{mi} = 1.609 \times 10^3 \text{ м} \quad \text{hectare} = 1 \times 10^4 \text{ м}^2 \quad \text{amp} = 1 \frac{\text{кулон}}{\text{с}}$$

В Mathcad существуют специальные системные константы, возвращающие базовые единицы измерений определенной по умолчанию системы единиц (такие константы позволяют быстро определить, какая из четырех систем выбрана в качестве основной). Задать их можно, введя с клавиатуры 1 и заглавную букву соответствующего измерения (автоматически появляющийся знак умножения в набранном сочетании необходимо удалить): L — length (длина), M — mass (масса), T — time (время), S — substance (вещество). Для определения же единиц электрических взаимодействий, температуры и освещенности используйте прописные буквы Q, K и C соответственно.

**Пример 17.13.** Базовые единицы измерений системы SI

$$\begin{aligned} 1L &= 1 \text{ м} & 1M &= 1 \text{ кг} & 1T &= 1 \text{ с} & 1S &= 1 \text{ моль} \\ 1Q &= 1 \text{ А} & 1K &= 1 \text{ К} & 1C &= 1 \text{ cd} \end{aligned}$$