

Интернет-справочники: работа с формулами

В.Ф. Очков, д.т.н., профессор кафедры «Технологии воды и топлива» НИУ МЭИ
тел.: +7-495-362-71-71, E-mail: ochkov@twm.mpei.ac.ru

Чжоу Ко Ко, аспирант, тел.: +7-495-362-71-71, e-mail: kyawko48@gmail.com

И.А. Гибадуллин, студент, тел.: +7-495-362-71-71, e-mail: GibadullinIA@mpei.ru

С.А. Пискотин, студент, тел.: +7-495-362-71-71, e-mail: PiskotinSA@mpei.ru

НИУ «Московский энергетический институт»

www.mpei.ru

В статье рассмотрены вопросы использования формул в учебной справочной научно-технической литературе, которая в настоящее время перемещается с бумажных носителей в Интернет.

Ключевые слова: формулы, «живые» расчеты, таблицы, Mathcad, SMath, графики.

Internet Reference Books: Working with formulas

V.F. Ochkov, Dr., Professor, Dep. Technology of Water and Fuel NRU “MPEI”

Tel.: +7-495-362-71-71, E-mail: ochkov@twm.mpei.ac.ru

Chjou Chjou Kou Koo, graduate student

E-mail: kyawko48@gmail.com

I.A. Gibadullin, student

E-mail: GibadullinIA@mpei.ru

S.A. Piskotin, student

E-mail: PiskotinSA@mpei.ru

NRU “Moscow Power Engineering Institute”

www.mpei.ru

The article deals with the use of formulas in text-books and in scientific and technical literature, which is currently moving from paper to the Internet.

Keywords: formulas, "live" calculations, tables, Mathcad, SMath, graphics.

В настоящее время почти все студенты и инженерно-технические работники имеют под рукой компьютер с выходом в Интернет и эта «рука» при необходимости тянется за справкой и даже за знаниями не к полке с книгами, а к... мышке компьютера. Такая справка, как правило, хранится в Интернете в виде текстов, рисунков и «мертвых» формул, графиков и таблиц, которые полностью повторяют информацию, хранимую на бумажных аналогах. Но в Интернете формулы, графики и таблицы можно сделать «живыми», что существенно повысит их информативность. Такую работу в течение нескольких последних лет ведет Издательский Дом МЭИ [1–4]. В настоящей статье на несложных примерах будут описаны некоторые приемы «оживления» формул и набора формул (алгоритмов, формуляций) в Интернете. Последующие две статьи коснутся вопросов «оживления» графиков и таблиц.

Примеры работы с формулами на Mathcad-сервере.

http://twt.mpei.ac.ru/MCS/Worksheets/Cylinder.xmcd

Объем прямого круглого цилиндра

Укажите значение интересующей Вас переменной, введите значения остальных двух переменных, нажмите кнопку Recalculate и считайте ответ - значение интересующей Вас третьей переменной в формуле объема прямого круглого цилиндра.

$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$ Переменная := V
 r
 h

V := m³

r := m

h := m

Эта область на сайте Интернета скрыта

Значение искомой величины := if [Переменная = "V" , $\pi \cdot r^2 \cdot h$, if [Переменная = "r" , $\sqrt{\frac{V}{\pi \cdot h}}$, $-\sqrt{\frac{V}{\pi \cdot h}}$] , $\frac{V}{\pi \cdot r^2}$]

Эта область на сайте Интернета скрыта

Значение искомой величины = 7.8539816×10^{-5}

$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$ V
 r
 h

V := m³

r := m

h := m

Значение искомой величины = $\begin{pmatrix} 19.5441005 \\ -19.5441005 \end{pmatrix}$

$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$ V
 r
 h

V := m³

r := m

h := m

Значение искомой величины = 1.6976527×10^4

Рис. 1. Сайт по расчету геометрических параметров цилиндра

На рис. 1 показана работа с формулой (уравнением) объема круглого прямого цилиндра, в которую входит три переменные – V (объем цилиндра), r (радиус его основания) и h (высота цилиндра). Посетитель данного сайта с адресом <http://twt.mpei.ac.ru/MCS/Worksheets/Cylinder.xmcd> (он отмечен в заголовке рис. 1) может

указать, какое значение в формуле его интересует – V , r или h (это делается через группу переключателей – через так называемые радиокнопки), ввести в текстовые поля значения остальных двух величин, фигурирующих в формуле (уравнении) объема цилиндра, нажать на кнопку Recalculate и получить ответ. На рис. 1 показана область, в которой с помощью конструкции if (если) выбирается нужная формула для расчета в зависимости от значения переменной с именем Переменная: "V" – расчет объема цилиндра (верхняя часть рисунка), "r" – расчет радиуса основания цилиндра (средняя часть рисунка) и "h" – расчет высоты цилиндра (нижняя часть рисунка).

Пересчет значений концентраций

Исходная единица

- T - Титр, г/мл
- ω - Массовая доля, %
- M - Молярность, моль/л
- m - Моляльность, моль/кг

Значение исходной концентрации

2

Требуемая единица

- T - Титр, г/мл
- ω - Массовая доля, %
- M - Молярность, моль/л
- m - Моляльность, моль/кг

Дополнительные данные

Плотность

ρ := 1.15 г/см³

Молярная масса

MM := 98 г/моль

Recalculate

Формула: $T = \frac{m \cdot \rho \cdot MM}{1 + m \cdot MM} = 0.188$

Рис. 2. Сайт по пересчету концентраций

На рис. 2 показана другая технология работы с формулами на примере задачи о пересчете концентраций. Посетитель этого сайта с помощью радиокнопок вводит название исходной концентрации (титр, массовая доля, молярность или моляльность), вводит в текстовое поле ее численное значение, указывает опять же с помощью радиокнопок название искомой концентрации, вводит нужные для расчета дополнительные величины (плотность раствора и молярную массу растворенного вещества) и нажимает на клавишу Recalculate. После этого на экране компьютера появляется нужная для расчета формула и выводится численный ответ. Формула пересчета моляльности (отношения количества растворенного вещества к массе растворителя) в титр (отношение массы растворенного вещества к объему раствора, выраженное в мг/мл) на сайте, показанном на рис. 2, сгенерирована в виде картинки, которую невозможно вставить в реальный расчет. Но сайт, показанный на рис. 2 несложно дополнить так, чтобы пользователь смог копировать с него формулы в свой расчет. Такое копирование зафиксировано на рис. 3.

Текстовый вид формулы для работы в среде Excel:

$$=1000*(m*\rho/1000*MM/1000/(1+m*MM/1000))$$

C6		
A	B	C
1 Расчет титра раствора по его моляльности		
2	Величина	Единица Значение
3	Моляльность раствора	mole/kg 2
4	Плотность раствора	gm/cm ³ 1,15
5	Молярная масса растворенного вещества	gm/mole 98
6	Титр раствора	gm/mL 0,188

Текстовый вид формулы для работы в среде Mathcad Prime:

$$(((* (* m \rho) MM) (+ 1 (* m MM))))$$

Расчет титра раствора по его моляльности

$m := 2 \frac{\text{mole}}{\text{kg}}$ $\rho := 1.15 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$ $MM := 98 \frac{\text{gm}}{\text{mole}}$

$T := \frac{m \cdot \rho \cdot MM}{1 + m \cdot MM}$ $T = 0.188 \frac{\text{gm}}{\text{mL}}$

Текстовый вид формулы для работы в среде SMath:

$$\{m*\rho*MM\}/\{1+m*MM\}$$

Расчет титра раствора по его моляльности

$m := 2 \frac{\text{mole}}{\text{kg}}$ $\rho := 1.15 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$ $MM := 98 \frac{\text{gm}}{\text{mole}}$

$T := \frac{m \cdot \rho \cdot MM}{1 + m \cdot MM}$ $T = 0.188 \frac{\text{gm}}{\text{mL}}$

Рис. 3. Интернет-технология вставки формул в расчеты

На рис. 4 показана технология работы уже не с одиночными формулами, а с набором формул (с формуляциями) на примере расчета газодинамических функций.

http://twf.mpei.ac.ru/MCS/Worksheets/Hydro/GDF.xmcd

Газодинамические функции

Показатель изоэнтропы $\chi := 1.4$

Известный параметр Значение известного параметра Искомый параметр

- P/P₀ - P/P₀
 - T/T₀ - T/T₀
 - ρ/ρ₀ - ρ/ρ₀
 - q (λ > 1) - q
 - q (λ < 1) - M
 - M - λ
 - λ

Количество цифр в ответе := 5

Recalculate

λ - корень уравнения: $P/P_0 = \left(1 - \frac{\chi - 1}{\chi + 1} \cdot \lambda^2\right)^{\frac{\chi}{\chi - 1}}$ λ = 1.2616

Зная λ, находим искомый параметр $T/T_0 = 1 - \frac{\chi - 1}{\chi + 1} \cdot \lambda^2$

Искомый параметр = 0.73475

Рис. 4. Сайт по расчету газодинамических функций

Посетитель сайта, показанного на рис. 4, вводит значение показателя изоэнтروпы газа (χ – отношение изобарной теплоемкости газа к его изохорной теплоемкости), указывает известный параметр газа (относительное давление, относительная температура и т.д.), его численное значение, параметр газа, который он хочет рассчитать, и число значащих цифр в ответе. После нажатия клавиши Recalculate на экране появляется не просто формула, а *уравнение*, которое решается относительно переменной λ , и формула, по которой рассчитывается искомый параметр.

Но вернемся к задаче об объеме цилиндра (рис. 1).

Объем прямого круглого цилиндра

$r := 25 \text{ mm}$ $h := 2 \text{ in}$

$V := \pi \cdot r^2 \cdot h = 99.746 \text{ cm}^3$

Что хранят переменные формулы?

$V := \pi \cdot r^2 \cdot h \text{ explicit, } r, h = \pi \cdot (25 \cdot \text{mm})^2 \cdot 2 \cdot \text{in} = 9.975 \times 10^4 \cdot \text{mm}^3$

$V := \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi \cdot (25 \cdot \text{mm})^2 \cdot 2 \cdot \text{in} = 9.9745567 \times 10^{-5} \cdot \text{m}^3$

Желательно иметь такую запись:

$V := \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi \cdot (0.025 \text{m})^2 \cdot 0.0508 \text{ m} = 9.9745567 \times 10^{-5} \text{ m}^3$

или такую:

$V := \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi \cdot 6.25 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 0.0508 \text{ m} = 9.9745567 \times 10^{-5} \text{ m}^3$

или такую:

$V := \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi \cdot 6.25 \times 10^{-4} \cdot 0.0508 = 9.9745567 \times 10^{-5} \text{ m}^3$

Символьные

→	■→	Modifiers
float	rectangular	assume
solve	simplify	substitute
factor	expand	coeffs
collect	series	parfrac
fourier	laplace	ztrans
invfourier	invlaplace	invztrans
$m^T \rightarrow$	$m^{-1} \rightarrow$	$ m \rightarrow$
explicit	combine	confrac
Подстановка переменной без вычисления		

Скрыть ключевые слова

Команда меню правой кнопки мыши

Рис. 5. Попытки подстановки численных значений переменных в формулы

На рис. 5 показан его традиционный (не в Интернете, а на рабочей станции) расчет в среде Mathcad 15: операторами := (присваивание) в переменные r и h вводятся численные значения с указанием единиц длины¹, а тандемом операторов := и = (присваивание и вывод численного значения) ведется расчет и вывод «на печать» значения объема цилиндра. Но действующие в России и некоторых других странах стандарты оформления расчетов, которых придерживаются и преподаватели технических вузов, требуют, чтобы перед выводом численного ответа была продублирована формула, где вместо переменных, участвующих в расчете, стояли бы их численные значения. Для выполнения этого требования в программу Mathcad был введен оператор explicit, результат работы которого и продемонстрирован на рис. 5. Но к этому оператору у пользователей Mathcad много нареканий. Во-первых,

¹ Мы в данной статье используем международное, а не национальное (русское) написание единиц измерения – m, а не м, kg, а не кг и т.д. Но российские стандарты и некоторые преподаватели требуют в расчетных записках к проектам использовать сугубо русские единицы измерения. Таким преподавателям можно посоветовать выйти из своей квартиры на лестничную площадку и посмотреть, какие единицы написаны на счетчике электроэнергии, произведенном в России. Там мы увидим не кВт-ч, а kW-h. Производителей счетчиков волнуют не устаревшие стандарты, а увеличение поставок таких счетчиков в ближнее и дальнее зарубежье. Международная интеграция заставляет отказываться от национальных стандартов в пользу международных.

он выводит значения участвующих в расчете переменных с исходными единицами измерения и их нельзя изменить на другие, более подходящие для пользователя. Так, в нашем расчете радиус основания цилиндра дан в миллиметрах, а его высота – в дюймах (in – inch). Эти единицы и были продублированы в формуле объема цилиндра с подставленными значениями переменных. Во-вторых, невозможно сепаратно менять число знаков после запятой у отдельных числовых значений, подставленных вместо переменных. В-третьих, согласно стандартам нужно вообще убрать единицы измерения у значений этих переменных. Эти пожелания пользователей инженерного калькулятора Mathcad зафиксированы в нижних трех выражениях на рис. 5. Можно, конечно, убедить разработчика пакета внести в будущие версии эти изменения. Но можно и нужно менять сами стандарты оформления расчетных документов и учитывать при этом новые (компьютерные) методы расчетов. Дело в том, что данные стандарты разрабатывались еще в докомпьютерную эру и учитывали следующую технологию расчетов. Специалист в той или иной области науки и техники, проектируя какой-то объект и делая расчеты с использованием логарифмической линейки, арифмометра или калькулятора, должен был дублировать формулы с подстановкой численных значений переменных для того, чтобы кто-то другой мог проверить правильность арифметических выкладок. В крупных проектных организациях были отделы, где специальные люди (своеобразные арифметические корректоры) выполняли такие проверки и выявляли возможные арифметические ошибки типа $2 + 2 = 5$. За компьютером такую проверку выполнять, конечно, не имеет никакого смысла. Следовательно, никакого смысла нет и в дублировании формул с подстановкой численных значений переменных (рис. 5). Тем не менее, устаревшие стандарты этого требуют. Проверять в современных компьютерных расчетах нужно другое – те ли переменные фигурируют в формулах, какое числовое значение они имеют и правильна ли сама формула. Кстати, о правильности формул. Инженерный калькулятор Mathcad и программа SMath (российский аналог Mathcad) как видно из рис. 1, 3 и 5 обчисляет не просто численные значения, хранимые в переменных, а *физические величины* [6]. Это позволяет избегать многих ошибок при вводе формул, когда, грубо говоря, метры складываются с килограммами. Кроме того, этот инструмент сам ведет пересчет единиц измерения, освобождая от этой рутинной работы человека. И освобождая сами формулы от дополнительных коэффициентов пересчета единиц измерения – сравни формулы на рис. 3, записанные в средах Mathcad-SMath и в среде Excel, где коэффициенты 1000 – это число грамм в килограмме, миллиграмм в грамме, миллилитров в литре².

Дополнительный контроль за правильностью расчетов, взамен недоработанной и устаревшей технологии дублирование формул с подстановкой численных значений переменных (рис. 5), показан на рис. 6, где после отображения расчета по формуле объема цилиндра написано слово «где» и выведены на «печать» имена, значения и единицы измерения участвующих в проведенном расчете переменных с нужным числом знаков после запятой и нужной единицей измерения.

² Во всех химических справочниках для расчета титра раствора (Т – число миллиграмм растворенного вещества в миллилитре раствора) по его моляльности (m – число молей растворенного вещества в килограмме растворителя) мы найдем формулу, отличающуюся от той, какую можно увидеть на рис. 3.

В справочниках записана формула
$$T = \frac{0.001 \cdot m \cdot \rho \cdot MM}{1 + 0.001 \cdot m \cdot MM}$$

Этот вариант формулы учитывает не физические величины, закрепившиеся за ними в химии единицы измерения титра (мг/мл), моляльности (моль/кг), плотности (г/см³), молярной массы (г/моль) и освобождает человека от рутинных пересчетов. Сейчас такие рутинные пересчеты берут на себя современные инженерные калькуляторы, что требует перехода к исконным формулам без коэффициентов пересчета единиц измерения. Эту особенность нужно учитывать при переиздании справочников.

Объем прямого круглого цилиндра

$r := 25 \text{ mm} \quad h := 2 \text{ in}$

$V := \pi \cdot r^2 \cdot h = 99.746 \text{ cm}^3$

где $r = 0.025 \text{ m}$
 $h = 0.051 \text{ m}$

Рис. 6. Дополнительное описание переменных в формулах

Пользователи открытых сетевых интерактивных научно-технических справочников имеют возможность не только получать информацию о виде тех или иных функциональных зависимостей и делать расчеты по ним, но и встраивать эти функции в свои расчеты, проводимые в средах популярных программ – Excel, Mathcad, SMath и др. Для этого, во-первых, на сайте справочников предусмотрена возможность копирования (см. рис. 3) или *скачивания* соответствующих функций, а во-вторых, пользователь Mathcad, например, может сделать *ссылку* на сайт Интернета, где хранится нужная ему функциональная зависимость, чтобы она стала видима в расчете. Эта технология работы с такими «облачными» функциями показана на рис. 7, где строится график изменения плотности воды в диапазоне температур от 1°C до 8°C при атмосферном давлении.

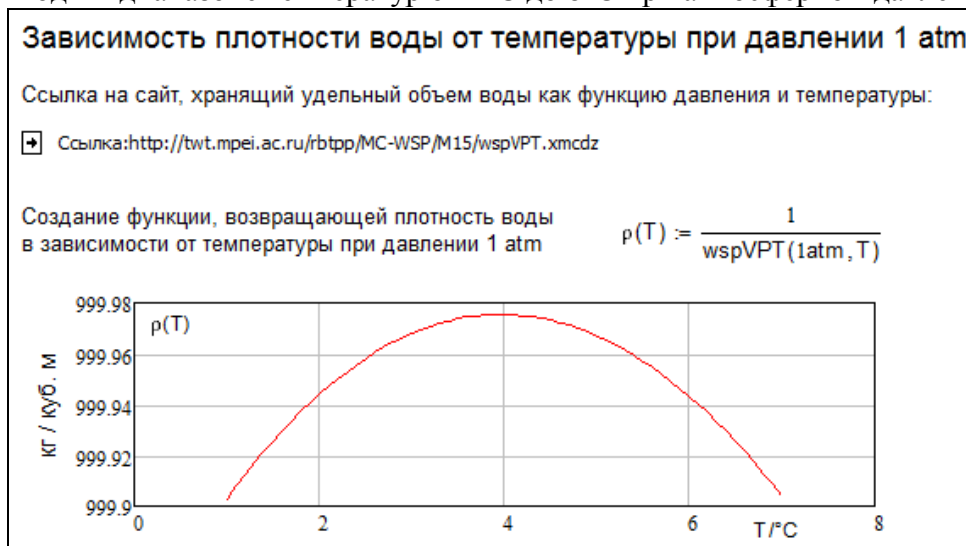


Рис. 7. Ссылка на «облачную» функцию

Зависимость удельного объема воды (обратная величина от плотности) является эмпирическим выражением, включающим в себя большое количество громоздких формул. Пользователю такой формулы достаточно знать или найти в Интернете место хранения этой функции (она хранится на сайте книги [3]³), и сделать на нее ссылку.

Технология ссылок на функции, а не на их скачивание особенно актуальна для тех зависимостей, которые непрерывно совершенствуются. Да, формула для расчета объема цилиндра (рис. 1, 5 и 6), пересчета концентраций (рис. 2 и 3) или для расчета газодинамических функций (рис. 4) неизменны и их можно скачать с сайта или ввести в компьютер конкретного пользователя и потом использовать без ограничений. Набор же формул (формуляция) по расчету плотности воды и других ее свойств непрерывно совершенствуется в плане повышения точности расчетов и расширения диапазона применимости – диапазона давления и температуры. Поэтому такие формулы и формуляции не стоит скачивать и хранить на компьютере пользователя. На них лучше делать вышеописанную ссылку. Если, к примеру, формуляция будет заменена на новую,

³ Этот справочник является первым опытом Издательского дома МЭИ выпуска в свет «бумажной» и интернетовской версии книги.

более совершенную, то этими изменениями сразу воспользуется человек, ссылающийся на данную формуляцию. Пользователь же, скачавший данную формуляцию, будет по-прежнему работать с устаревшими данными.

Примечание.

Свойства воды и водяного пара утверждает в виде формуляций Международной ассоциации по свойствам воды и водяного пара (IAPWS – www.iapws.org). До недавнего времени эти формуляции публиковались на сайте ассоциации в виде «мертвых» PDF-файлов. Но с этого года по предложению одного из авторов этой статьи формуляции стали публиковать и в «живом» виде, позволяющем посетителям сайта вводить свои исходные данные (температуру, давление и другие параметры) и видеть не только итоговый числовой ответ (теплопроводность воды, например, см. <http://www.iapws.org/relguide/ThCond.htm>), но и все промежуточные результаты.

Открытая сетевая интерактивная работа с формулами требует решения и ряда других проблем, описанных в [7]. А именно:

1. Переход от использования запятой в качестве десятичного разделителя в числах к использованию общепринятой в компьютерных вычислениях точки. Мы в России давно бы уже перешли на этот общепринятый мировой стандарт. Здесь нам «медвежью услугу» оказали электронные таблицы Excel, в русской локализации которой используется запятая, а не точка в качестве десятичного разделителя (см. рис. 3).
2. Возможность написания на компьютере имен переменных в том виде, какое закрепилось за соответствующими величинами в той или иной научно-технической дисциплине задолго до появления компьютеров. Это касается и использования в компьютерных формулах общепринятого написания математических операторов и функций.
3. Затронутое нами освобождение многих формул от коэффициентов, учитывающих разные системы измерения и единицы измерений тех или иных величин, участвующих в расчетах и др.

Выводы:

В настоящее время открылись новые возможности публикации научно-технических справочников с учетом последних достижений информационных технологий, сочетания работы с «бумажными» справочниками и их Интернет-аналогими. При этом необходимо не просто делать электронные копии страниц справочников, но «оживлять» все формулы и снабжать посетителей таких сайтов удобным расчетным сервисом. Некоторые нюансы этого «оживления» описаны в данной статье.

Литература:

1. Очков В.Ф., Яньков С.Г. Эволюция техники инженерных расчетов // Труды Международной научно методической конференции "Информатизация инженерного образования", 10 –11 апреля 2012 г., М.: Издательский дом МЭИ, С. 222-223 – http://inforino2012.mpei.ru/App_Text/proc.pdf.
2. Очков В.Ф. «Облачный» сервис по свойствам рабочих тел и материалов атомной энергетики // Автоматизация и ИТ в энергетике, № 3, 2012, С. 4-8 – <http://twm.mpei.ac.ru/ТТНВ/npp/СС.pdf>.
3. Александров А.А., Орлов К.А., Очков В.Ф. Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики: Интернет-справочник. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. - 224[8] с.: ил. – <http://twm.mpei.ac.ru/rbtp/index.html>.
4. Кондакова Г.Ю., Копылов А.С., Орлов К.А., Очков А.В., Очков В.Ф., Чудова Ю.В. Справочное издание "Интернет-версия справочника Теплоэнергетика и теплотехника. Инструментальные средства создания и развития". Издательский дом МЭИ, 2007. 160 с. – <http://twm.mpei.ac.ru/ТТНВ>.

5. Очков В.Ф. Mathcad 14 для студентов и инженеров: русская версия. БХВ-Петербург 2009 – http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Mathcad_14/RusIndex.html.
6. Очков В.Ф. Физические и экономические величины в Mathcad и Maple. М.: Финансы и статистика, 2002 – http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Units/Forword_book.htm
7. Очков В.Ф. Формулы в научных публикациях: проблемы и решения // Тезисы доклада IV Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование» Москва, факультет вычислительной математики и кибернетики МГУ им. Ломоносова, 14-16 декабря 2009 г. – <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/formula>.