

Математические пакеты и проблема передачи знаний



Валерий Очков,
д.т.н., профессор МЭИ



Георгий Яньков,
к.т.н., директор Издательского Дома МЭИ

В историческом процессе развития средств и технологий передачи знаний от поколения к поколению можно выделить три революционных события: возникновение письменности, изобретение книгопечатания и глобальное внедрение компьютерных информационных технологий. Мы являемся очевидцами и участниками последнего события.

Проблема унаследованных программ и данных

Любые преобразования, как правило, сопровождаются кризисами различной глубины. Если говорить об информационных технологиях, то в этой области сегодня наблюдается кризис, который называют «кошмаром унаследованного программного обеспечения».

Представим себе некую фирму, корпорацию или университет, которые за 30-40 лет использования компьютеров накопили большое количество программ для расчета и моделирования разнообразных процессов, аппаратов и технологий в тех или иных областях науки и техники, а также для создания и управления базами данных (знаний).

На смену морально и физически устаревшим компьютерам приходят новые с новыми операционными системами. Компьютеры объединяются в локальные сети, которые, в свою очередь, интегрируются в Интернет. Модернизация компьютерного парка часто приводит к тому, что старые прикладные программы перестают запускаться на новых или обновленных рабочих станциях и серверах. Иногда просто невозможно считать программу с носителей, т.к. новые компьютеры не имеют соответствующих считывающих устройств. Приходится либо отказываться от таких программ, либо тратить время и средства на создание или приобретение эмуляторов для запуска старых программ на новых или обновленных компьютерах.

Но это еще полбеды. Настоящая беда состоит в том, что из «фирм, корпораций, университетов» уходят специалисты, которые создавали эти программы, а пришедшая им на смену молодежь не может модернизировать эти программы, адаптировать их к новым требованиям.

Еще одна проблема заключается в следующем. В научных статьях, монографиях, учебниках и учебных пособиях всегда публикуются формулы, таблицы, графики, рисунки. Для ввода формул в электронный текст созданы специальные редакторы – Word Equation, LaTeX и др. Но формулы, введенные в текст с помощью компьютерных редакторов, остаются «мертвыми», так как ими можно воспользоваться, только написав программу для компьютера. Кроме того, в «мертвых» формулах нередко «сидят»

ошибки. Авторы настоящей статьи собрали большую коллекцию опечаток в справочниках солидных отечественных и зарубежных издательств. Например, вместо 0,0₂387 напечатано 0,02387 (двойка перестала быть нижним индексом, отмечающим повторяющиеся нули), а вместо 27.39 – напечатано 72.93 (типичная ошибка наборщиков) и т.п. Такие ошибки практически невозможно выявить при традиционной правке корректур «бумажных» справочников, которые часто, но далеко не всегда выходят со списком опечаток (в настоящее время наблюдается практика публикации в Интернете непрерывно дополняющихся списков опечаток книг и справочников).

От машинного кода – к «живым» формулам

Историю использования компьютеров для научно-технических расчетов условно можно разбить на три этапа:

- работа с машинными кодами;
- программирование на языках высокого уровня;
- использование математических пакетов типа Mathcad, Maple, Matlab, Mathematica, MuPAD, Derive и др.

Четких границ между этапами не существует. Работая в среде математической программы можно при необходимости вставить в расчет электронную таблицу или собственные функции, написанные на языке C, в код которых вкраплены фрагменты ассемблера. Машинные коды, кстати, остались в программируемых калькуляторах, которые по-прежнему широко используются в научно-технических расчетах.

Скорее следует говорить не об изолированных этапах развития компьютерных средств решения задач, а о расширении и переплетении спектра инструментальных средств, о некоей тенденции, которая, в частности, привела к резкому сокращению времени реализации на компьютере расчетных методик и математических моделей, к исключению программиста как дополнительного звена между исследователем и компьютером, к повышению открытости самих расчетов, к возможности видеть не только результат, но и все формулы в традиционном их написании, а также все промежуточные данные, подкрепленные графиками и диаграммами.

В настоящее время многие компьютеры подключены к Интернету. В интернете можно найти не только справочно-информационные материалы в виде текстов, графиков, таблиц и рисунков, но и «живые» расчеты, в которых можно изменить исходные данные и получить новый ответ. Нередко эти расчеты делаются на мощных серверах с распараллеливанием вычислительных операций, что намного ускоряет сам расчет, если, конечно, этот процесс не лимитируется скоростью передачи данных по сетям.

Нельзя не отметить еще один важный аспект проблемы «человек–компьютер». Языки программирования высокого уровня не терпят дилетантства со стороны исследователя. Из-за трудности в их освоении многие специалисты в конкретных областях знания (физика, химия, биология, машиностроение и т.д.), а также студенты и школьники не могли эффективно использовать компьютер. Математические пакеты вслед за электронными таблицами создавались как средство, альтернативное языкам программирования. Многолетний опыт использования пакетов Mathcad, Maple, Matlab, Mathematica, MuPAD, Derive и др. показывает, что математические задачи можно решать быстро и качественно без привлечения программистов.

Но «нет роз без шипов». Главный недостаток многих математических пакетов состоял в том, что они, как правило, не могли генерировать исполняемые файлы, которые можно запускать без программы-прародительницы. Это, в частности, существенно мешало такому прогрессивному явлению, как разделение сидящих за компьютером на пользователей и разработчиков. Специалисты, работающие с математическими пакетами, как правило, вели «натуральное хозяйство»: разрабатывали расчетные методики исключительно для личного использования. Передать свои наработки, в том числе и на коммерческой основе можно было только тому, у кого на компьютере установлен соответствующий математический пакет.

Самый распространенный математический пакет – это Mathcad. Главная причина такой популярности состоит в том, что Mathcad имеет очень низкий «порог вхождения», позволяя успешно решать довольно сложные задачи уже через несколько часов после установки. При усло-

ви, конечно, если этот человек знаком с азами компьютерной грамотности. Другие же математические программы требуют специальных знаний, которые приобретаются далеко не за несколько часов. Mathcad также требует от пользователя специальных знаний. Но эти знания плавно приобретаются пользователем по мере углубления в «недра» пакета и изучения методов решения задач: решение уравнений и систем уравнений (алгебраических, дифференциальных и др.), построение графиков, разбор статических задач и многое другое. При необходимости пакет Mathcad можно дополнить приложениями, расширяющими его возможности и позволяющими решать специальные задачи. Пример – программа WaterSteamPro (www.wsp.ru), подключающая к Mathcad функции по теплофизическим свойствам теплоносителей и рабочих тел энергетики.

Можно сказать и так. У пакета Mathcad нет «порога вхождения», а есть некий «пандус» с низким углом наклона, позволяющий пользователю «быстро и плавно въезжать» на любой уровень сложности использования данного пакета.

У пакета Mathcad порог доступности низкий и в, так сказать, юридическом смысле. В Сети и на развалах торговцев программами всегда можно найти нужную русифицированную нелицензионную версию этого пакета. Многие пользователи, освоив Mathcad на таких «пиратских» версиях и почувствовав все его преимущества, покупают легальную версию или, по крайней мере, ставят в своем НИИ или вузе вопрос о покупке пакета Mathcad.

Серверные технологии и «живые» расчеты

В Московском энергетическом институте «в рамках решения проблемы передачи знаний от поколения к поколению» (а это, как известно, основная функция сферы образования) был запущен в эксплуатацию так называемый Mathcad Calculation Server (MCS) — сервер, позволяющий обращаться к документам Mathcad дистанционно через Интернет. Технология MCS позволяет решить следующие проблемы.

- Нет необходимости ставить на компьютер пользователя саму программу Mathcad нужной версии. Достаточно подключить компьютер к интернету и обратиться к MCS через браузер. При этом сохраняется полная иллюзия того, что на компьютере открыт документ Mathcad, в котором можно изменить исходные данные, а затем выполнить расчет и получить ответ. Сама же расчетная методика (набор формул в традиционной математической нотации, а не в виде компьютерных программ — особенность, за которую так любят Mathcad), а также промежуточные данные могут быть либо открыты, либо закрыты полностью или частично.

- Новые расчетные методики, открытые для изучения, становятся доступны всем членам интернет-сообщества или работникам отдельной организации. Для этого достаточно опубликовать соответствующие интернет-адреса. Начиная с 12-й версии в Mathcad документы можно записывать не только в виде закрытого двоичного формата, но и в виде текстового xml-файла.
- Любые ошибки, опечатки, недоработки, обоснованные и необоснованные допущения в расчете, замеченные как самим разработчиком, так и пользователями, могут быть быстро исправлены. Несложно также модернизировать и расширять расчеты, редактируя открытые формулы.
- Технология MCS не исключает возможности скачивания с сервера самих Mathcad-документов для их редактирования. Для этого достаточно в расчете сделать соответствующие ссылки. Документы можно открывать как для расчетов на компьютере с установленным пакетом Mathcad, закрыв с помощью пароля сами формулы, так и в открытом виде - безвозмездно или на коммерческой основе для работы без ограничений.
- Технология MCS позволяет экономить денежные средства на приобретение математического обеспечения корпорации или университета, а также оптимально решать проблему лицензирования программ. Нет необходимости ставить всем сотрудникам программу Mathcad для ведения рутинных расчетов, достаточно поставить ее только тем, кто создает или модернизирует Mathcad-документы. Остальные могут вести расчеты через общедоступный MCS.

Пример применения: MCS в образовании

В 2005-2007 гг. в Московском Энергетическом Институте (МЭИ-ТУ) создан сайт <http://twf.mpei.ac.ru/tthb>, с помощью которого на базе MCS реализованы в Интернете в онлайн-форме многие формулы, таблицы и графики справочной серии в четырех томах «Теплоэнергетика и теплотехника». Эти ресурсы широко используются в учебном процессе студентами, аспирантами и преподавателями теплоэнергетических специальностей технических вузов и колледжей, в системе подготовки и переподготовки кадров для энергетики, в инженерной практике, а также при выполнении научных и проектных работ.

В 2007 г. Издательским Домом МЭИ при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (www.rffi.ru) был выпущен фактически пятый том справочника под названием «Интернет-версия справочника «Теплоэнергетика и теплотехника»: Инструментальные средства создания и развития». Данное издание призвано систематизировать всю информацию об интернет-ресурсах такого характера, а также о способах их создания и поддержки. Отдельные фрагменты справочника, а также дополнения к нему опубликованы в интернете и уже являются неким «живым», развивающимся изданием справочника, которое непрерывно дополняется наработками читателей – пользователей сайта. Эти наработки в настоящее время уже доступны широкому кругу потенциальных пользователей.

В первой главе справочника описан интерфейс инструментальных средств создания web-справочников на базе математической программы Mathcad,

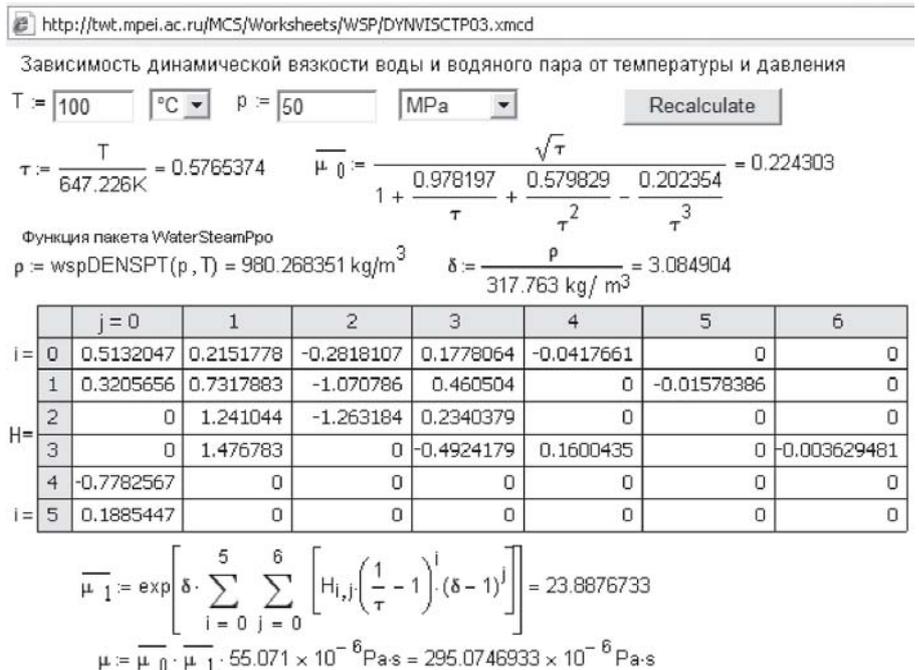


Рис. 1. Сетевой расчет, использующий одну из функций пакета WaterSteamPro, возвращающая плотность воды и водяного пара в зависимости от давления p и температуры T, что позволяет рассчитать динамическую вязкость по открытому алгоритму.

а также приемы и методы публикации документов Mathcad со справочной информацией в Сети. Приемы «оживления» формул и расчетных методик в Сети представлены во второй главе справочника. В третьей главе описаны методы перевода графиков в цифровой формат и последующего «оживления» их в Сети. Четвертая глава посвящена проблеме «оживления» в интернете табличной информации. В пятой главе описаны приемы опубликования в интернете расчетов, созданных с помощью языка программирования С. Приложение содержит перечень основных справочных ресурсов, открытых в интернете по описываемой в книге технологии, а также иллюстрации типичных файлов.

Как известно, основным рабочим телом энергетики является вода и водяной пар. Теплофизические свойства этого теплоносителя рассчитываются по наборам формул, разработанных под эгидой Международной ассоциации по свойствам воды и водяного пара (IAPWS – www.iapws.org). На рис. 1 показан сайт, зайдя на который, можно рассчитать по формулам IAPWS 2003 года динамическую вязкость воды и водяного пара в зависимости от температуры и давления. Приведены все формулы, по которым ведется расчет, со всеми промежуточными данными. Это позволит при необходимости посетителю сайта создать собственную программу по расчету данного фи-

зического свойства воды и, главное, быстро отладить ее, имея под рукой контрольные промежуточные данные из интернета. Подобные открытые «живые» расчеты, доступные в интернете, созданы и для других наборов формул, утвержденных IAPWS.

С сайта www.wsp.ru можно скачать специальные программы и подсоединить их к популярным расчетным средам, в том числе и к пакету Mathcad, чтобы иметь под рукой свойства воды и водяного пара без обращения к Интернету.

В настоящее время в энергетике наряду с водой и водяным паром используют и другие рабочие тела и теплоносители. В частности, на электростанциях стали использовать газовые турбины. На описываемых сайтах есть соответствующие странички, зайдя на которые можно рассчитать теплофизические свойства газов и газовых смесей, применяемых в виде рабочих тел газотурбинных и парогазовых энергетических установок.

Создание функций, возвращающих теплофизические свойства рабочих тел энергетических установок, позволили разработать и открыть в Интернете сайт с адресом <http://twf.mpei.ac.ru/TTHB/2/ThermCycl eMCS.html>, на котором собраны ссылки на страницы с «живыми» расчетами термодинамических циклов. На рис. 2 показан сайт с «живыми» формулами, по которым ведется расчет термического КПД цикла

Отто. Эту величину можно вычислить по формуле, приведенной в правом нижнем углу рис. 2.

Но, по-видимому, немногие помнят, как была выведена эта формула (проблема передачи знаний от поколения к поколению!). На рис. 2 расчет данного КПД ведется с опорой на базовые законы и термодинамические соотношения с помощью решения систем интегро-алгебраических уравнений (блок Given – Find). Все это позволяет, с одной стороны, легко понять логику расчета, а с другой, учесть зависимость удельных изобарных теплоемкостей рабочих тел от температуры и давления.

Выводы

Математические пакеты, работающие на интернет-серверах, позволяют решать проблему передачи знаний от поколения к поколению за счет реализации в Сети открытых «живых» расчетов. Интернет-версия справочной серии «Теплоэнергетика и теплотехника» – «живой» пример передачи знаний новому поколению людей, работающих в энергетической отрасли.

Работа по созданию сетевого справочника «Теплоэнергетика и теплотехника» выполняются в рамках инновационной образовательной программы (<http://inedu.mpei.ru>), выполняемой Московским энергетическим институтом (www.mpei.ru) в рамках развития Электронной Энциклопедии Энергетики (www.trie.ru).

<http://twf.mpei.ru/MCS/Worksheets/Thermal/Otto-cycle-2e.xmcd>

Расчет термического КПД цикла Отто

$P1 / \text{atm} := 1$ $r := 7$ $T1 / \text{K} := 300$ $T3 / \text{K} := 1200$

$R := 8.314472 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ $Cp / R := 7/2$ $Cv / R := 5/2$ **Recalculate**

Point 1

$$V1 := \frac{R \cdot T1}{P1} = 24.617 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$$

$$S1 := \int_{T0}^{T1} \frac{Cp}{T} dT - R \cdot \int_{P0}^{P1} \frac{1}{P} dP = 70.15 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$U1 := \int_{T0}^{T1} Cv dT = 6215.068 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$$

Point 2, line 1-2 - isentropy $S2 := S1$ $V2 := \frac{V1}{r} = 3.517 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$

$P2 := r \cdot P1 = 7 \text{ atm}$ **Guess Values $T2 := T1$ for the system of 2 Equations solution**

Given $P2 \cdot V2 = R \cdot T2$ $S2 = \int_{T0}^{T2} \frac{Cp}{T} dT - R \cdot \int_{P0}^{P2} \frac{1}{P} dP \left(\frac{P2}{T2} \right) = \text{Find}(P2, T2)$ $U2 := \int_{T0}^{T2} Cv dT = 13560.334 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$

$S2 = 70.15 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ $P2 = 15.245 \text{ atm}$ $T2 = 653.37 \text{ K}$

Point 3 Line 2-3 - isochor $V3 := V2$

$$P3 := \frac{R \cdot T3}{V3} = 28 \text{ atm}$$

$$S3 := \int_{T0}^{T3} \frac{Cp}{T} dT - R \cdot \int_{P0}^{P3} \frac{1}{P} dP = 82.787 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$U3 := \int_{T0}^{T3} Cv dT = 24922.63 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$$

Point 4, line 1-4 - isochor $V4 := V1$ **Line 3-4 - isentropy $S4 := S3$**

$P4 := P2$ **Guess Values $T4 := T2$ for the system of 2 Equations solution**

Given $P4 \cdot V4 = R \cdot T4$ $S4 = \int_{T0}^{T4} \frac{Cp}{T} dT - R \cdot \int_{P0}^{P4} \frac{1}{P} dP \left(\frac{P4}{T4} \right) = \text{Find}(P4, T4)$ $U4 := \int_{T0}^{T4} Cv dT = 11432.143 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$

$S4 = 82.787 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ $P4 = 1.837 \text{ atm}$ $T4 = 550.99 \text{ K}$

$q1 := U3 - U2 = 11362.3 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$ $q2 := U4 - U1 = 5217.07 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$ $\eta_t := \frac{q1 - q2}{q1} = 54.084 \%$ or $1 - \frac{1}{r^{Cp/Cv-1}} = 54.084 \%$

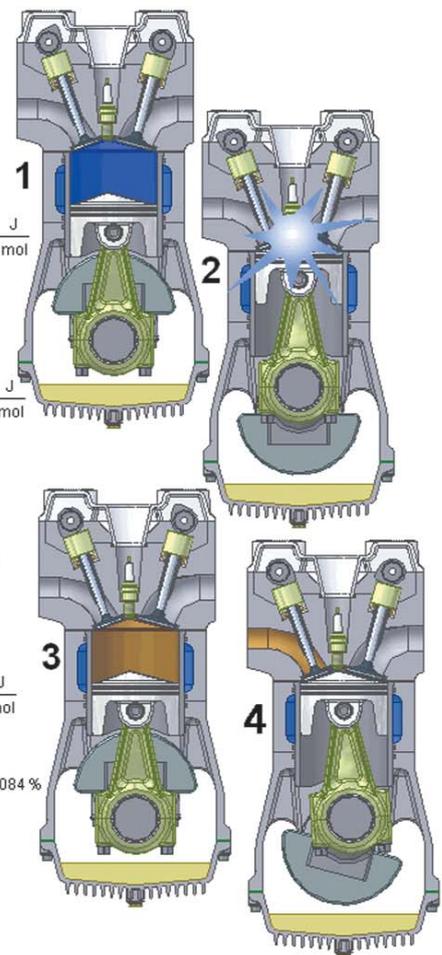


Рис. 2. «Живые» формулы, по которым ведется расчет термического КПД цикла Отто.