

Ивановский Ростислав Игоревич

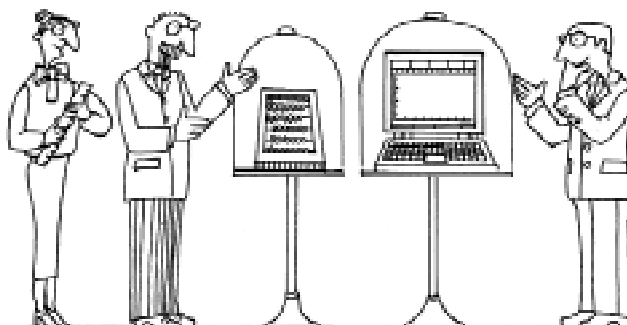
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

В профессорско-преподавательских кругах технических вузов, среди учителей школ, гимназий и колледжей часто обсуждается вопрос о целесообразности и необходимости внедрения систем компьютерной математики (СКМ) в процесс образования. В этой статье автор хочет поделиться своими соображениями по поводу дискутируемых вопросов, сделав два предварительных замечания. По-видимому, многое из того, что ниже будет обсуждаться, может быть отнесено не только к техническим, но и к другим, например, гуманитарным направлениям, но автор не хотел бы затрагивать те области, которые непосредственно не относятся к сфере его профессиональной деятельности. Затрагивая вопросы использования информационных технологий в образовательных процессах, автор не пытается кого-то переубедить. Он лишь делает попытку изложить свои мысли и будет рад, если они покажутся кому-нибудь полезными. В этом ключе и целесообразно рассматривать все то, что следует ниже.

Проблема внедрения СКМ в образовательный процесс затрагивает глубинные вопросы текущего состояния отечественной системы образования, краткой характеристикой которой целесообразно предварить освещение основной темы статьи.

Текущий период развития отечественной системы образования отмечен рядом факторов, среди которых имеются объективно способствующие повышению качества образования, такие как:

- рост востребованности образования у различных слоев общества;
- рост потребности в молодых квалифицированных кадрах у современной науки и производства;
- постепенная модернизация системы образования, все более широкое внедрение информационных и наукоемких технологий образования;
- повышение требований к качеству подготовки специалистов со стороны потенциальных потребителей выпускников вузов.



...обсуждается вопрос о целесообразности и необходимости внедрения систем компьютерной математики...

Факторы противодействующего плана:

- снижение социального статуса профессорско-преподавательских кадров;
- снижение престижности ученых степеней кандидатов и докторов наук;
- снижение у преподавателей побудительных мотивов к самосовершенствованию, повышению качества работы;
- использование в ряде случаев технологий образования невысокого уровня, которые характеризуются доминированием чтения лекций с контролем знаний на зачетах и экзаменах, недостаточным вниманием к практическим занятиям, слабым использованием компьютеров.

Эти позиции, как способствующие, так и противодействующие развитию отечественной системы образования, характерны для периода ее функционирования, который можно назвать «переходным». Переходным потому, что он связывает период хорошо отлаженной системы образования пятидесятых-восьмидесятых годов прошлого столетия с периодом будущего установившегося состояния системы образования. И если прошлый период характеризовался общепризнанными достижениями нашего общества (спутники, ракеты, авиационные и морские системы), во многом обеспеченными успехами системы образования, то новый установившийся процесс системы образования должен характеризоваться гармоничным сочетанием передовых достижений науки и техники с эффективными технологиями образования при высоком

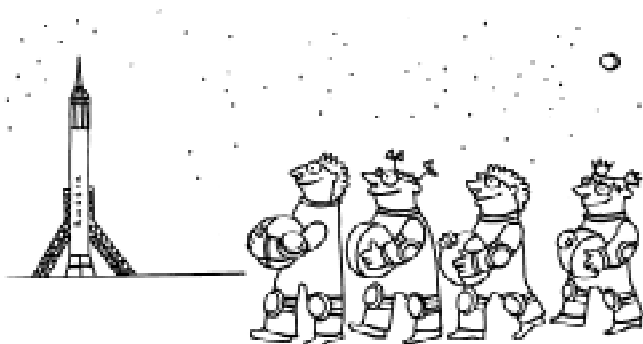
уровне престижности труда работников высшей школы.

Качество высшего образования во многом определяется уровнями трех основных составляющих: уровнем преподавательских кадров, уровнем используемых технологий образования, уровнем (потенциальными возможностями) студентов. Достижение высоких показателей качества образования может быть обеспечено лишь при условиях, когда относительные уровни перечисленных составляющих одинаковы.

На текущем этапе развития системы образования стала очевидной необходимость применения, наряду с традиционными, новых технологий образования, основанных на широком использовании современных информационных технологий (ИТ) при подготовке специалистов, подготовке кадров высшей квалификации и переподготовке действующих кадров. Новые технологии опираются не только на разработку новых методик образования и использование современных ИТ, но и предполагают создание соответствующей инфраструктуры современного образовательного процесса. Такая инфраструктура в настоящее время создается на основе образовательных порталов (ОП).

Немаловажную роль в дальнейшем повышении качества отечественного технического образования должно сыграть внедрение СКМ в учебный процесс образовательных учреждений.

Безликий термин «образовательное учреждение» нуждается в конкретизации. Формирование специалиста начинается со школьной скамьи и продолжается в вузе. Именно в школе даются базовые знания, опираясь на которые вуз строит свой образовательный процесс. В этом смысле система «школа – вуз» все больше становится интегрированной системой, системой единого образовательного процесса, позволяющей молодому человеку получить хорошее образование. Прибегая к космической терминологии, можно сказать, что школа как бы обеспечивает



...школа как бы обеспечивает стартовые условия и возможность старта будущего специалиста...

стартовые условия и возможность старта будущего специалиста; в вузе он получает необходимое ускорение, приобретает те параметры своего развития («движения»), которые позволяют ему выйти на требуемые орбиты образования. Любые недоработки на этапе старта, «белые пятна» в образовании школьника способны нанести ущерб последующему процессу его образования, который, даже при идеально настроенном учебном процессе в вузе, трудно или практически невозможно устранить. Это объясняется предельно высокой интенсивностью вузовского процесса образования, при котором нет времени на задержки для корректировки базовой системы знаний. С другой стороны, в стенах вуза должны осуществляться корректировки учебного процесса, касающиеся специальных разделов науки и техники. Они необходимы для обеспечения требуемой специализации как реакция на изменяющуюся конъюнктуру рынка труда.

Сказанное означает, что период обучения в школе для будущего молодого специалиста является весьма значимым как период закладки фундамента образования. Это должен осознать каждый школьник, вопреки бытующему среди учеников представлению, что настоящее образование начинается только в вузе. С точки зрения единого процесса образования, период школьного обучения характеризуется слабой лабильностью и должен обеспечивать унифицированный базовый уровень подготовки выпускника. Унификация этого уровня обеспечивается стандартными требованиями высшей школы.

Учитывая многоплановость методов и практическую неисчерпаемость средств обеспечения требуемого качества образования, в рамках этого материала остановимся лишь на обеспечении необходимых соотношений между категориями *знаний* и *умений* в процессе формирования специалиста, роли современных информационных технологий в образовательном процессе и вытекающим из этого требованиям к школьному и вузовскому периодам образования.

Начнем с вуза.

Выше уже отмечалось, что современный образовательный процесс в вузе характеризуется высокой интенсивностью, то есть большим объемом сообщаемых знаний в единицу времени. Непрерывное развитие науки и техники, предъявление все более высоких требований к выпускнику вуза со стороны потенциальных работодателей способствуют тому, что интенсивность процесса обучения будет расти и далее. Отмеченная особенность современного процесса обучения, в свою очередь, предъявляет свои требования к методике построения учебного процесса по отдельным дисциплинам, методике их преподавания.

Любая техническая дисциплина предполагает теоретические, практические и лабораторные занятия. Они направлены на приобретение студентом необходимых *знаний*, формирование у него соответствующих *умений*. Последнее понятие в немалой степени, если не в основном, относится к умению применять теоретические положения (знания) к решению практических задач, умению доводить «до числа» результаты анализа. Базой для этого служат знание математических методов решения, умение формализовать рассматриваемую задачу.

При решении прикладных задач специалистами всего мира широко используются программные системы компьютерной математики (СКМ) универсального типа (MathLAB, Mathematica, MathCAD, Maple и др.). Знание этих систем существенно облегчает получение конечного результата, его графическое представление, оформление пояснительных записок, отчетов, статей. Вуз должен осознанно и рационально использовать возникающие возможности в учебном процессе, учитывая, что будущая профессиональная деятельность выпускника будет осуществляться в условиях широкого использования персональных компьютеров, расширяющейся палитры программных и аппаратурных средств.

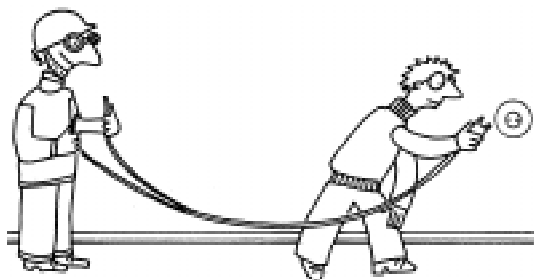
Представляется, что СКМ целесообразно внедрять в процесс обучения, исходя из соображений разумной доста-



...СКМ целесообразно внедрять в процесс обучения, исходя из соображений разумной достаточности и необходимости.

точности и необходимости. Первое должно приниматься во внимание на начальном периоде обучения в вузе (изучение методов, элементов теории). В течение этого периода одну из СКМ можно использовать для проверки результатов, графической интерпретации сущности задачи и результатов ее решения, составления пояснительных записок, рефератов.

Необходимость применения всего спектра возможностей СКМ возникает на последующих этапах обучения, начиная с 3 курса, когда студент должен демонстрировать умение практически применять полученные теоретические знания для решения уже достаточно сложных прикладных задач. На этих этапах уже нет времени для составления собственных программ на языках высокого уровня для решения, например, систем линейных или нелинейных алгебраических и дифференциальных уравнений, при построении математических моделей исследуемых процессов. Нужно уметь пользоваться специально разработанными для этих целей процедурами



...нужно определить токи и напряжения.

(встроенными функциями в арсенале СКМ, операторами формирования циклов, операторами символьных вычислений) для получения конечного результата. Отказ от применения СКМ на этих этапах будет неизбежно приводить к снижению уровня подготовки ввиду сокращения числа и типов рассматриваемых задач, возникновению негативного процесса скрытой подмены одной дисциплины другой. Нетрудно привести примеры этих явлений и представить возможные последствия. Чтобы не быть голословным, приведу два примера.

Пример 1. Предположим, что на занятиях по электротехнике студентам предлагается некая схема, в определенных точках которой нужно определить токи и напряжения. Зная законы Кирхгофа, студент достаточно просто составляет систему линейных алгебраических уравнений с комплексными коэффициентами. Такая система может содержать несколько уравнений. Владея методами решения систем алгебраических уравнений, но не используя СКМ, студент начинает вручную обрабатывать комплексную матрицу, например, третьего порядка и очень скоро убеждается, что погряз в рутинной громоздкой алгебре. После весьма длительного периода простых преобразований большого объема, решение, наконец, находится. Но при этом подавляющее время тратится на большой объем элементарных преобразований, а вовсе не на электротехнические проблемы. При таком подходе к практическим занятиям нет времени для принципиально важного анализа влияния параметров схемы на величины токов и напряжений, поскольку для каждой вариации параметров необходимо решать задачу, аналогичную первоначальной. В результате электротехника фактически подменяется элементарной, но весьма громоздкой алгеброй, а число и тип задач, с которыми сталкивается студент в период изучения дисциплины, становятся недостаточными. В то же время применение встроенных функций одной из СКМ позволяет моментально (через доли секунд после ввода исходных данных) решить подобную

задачу как в символьном (формальном) виде, так и в численной форме. Появляющиеся при этом резервы времени можно использовать для

$$A := \begin{pmatrix} 0.3 + 3i & 0.2 - 2i & 6.6 + i \\ 4.5 - 2.5i & -1.8 + 0.6i & -0.3 + 2.1i \\ -7.3 - 3.7i & 9.7 + 2.3i & 10.9 - 5i \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} 1 + 2i \\ 0.1 - i \\ 0.01 + 0.5i \end{pmatrix}$$

$$x := A^{-1} \cdot y \quad x^T = (0.201 - 0.222i \quad -0.047 - 0.18i \quad 0.127 + 0.193i)$$

решения других профильных задач. Преимущества применения СКМ в этих случаях очевидны.

На рисунке 1 приведен пример численного решения подобной системы уравнений в среде MathCAD 2001 Pro.

Пример 2. В процессе изучения одной из дисциплин направления «Системный анализ» преподаватель ставит перед студентами типовую задачу построения математической модели динамического объекта по данным наблюдений. Преподаватель и студенты ЗНАЮТ, как формализовать задачу, ЗНАЮТ методы поиска экстремума функций многих переменных. Однако этого мало, поскольку необходимо дойти до численного решения задачи, то есть УМЕТЬ практически реализовать эти знания. Возникают два варианта:

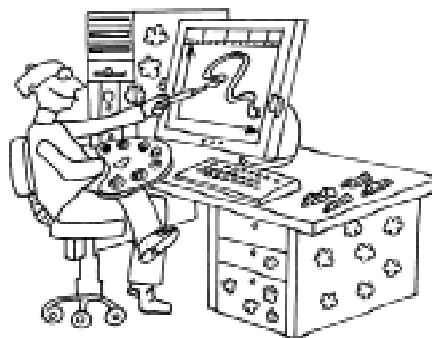
- Не располагая знанием и практикой применения СКМ, преподаватель рекомендует студентам разработать и отладить программу решения задачи на одном из языков программирования. Время, затраченное на это, может измеряться неделями. Вместо занятия курсом, в котором изучаются подобные задачи, студент будет вынужден большую часть времени заниматься программированием.

- Зная одну из СКМ, преподаватель, опираясь на собственный опыт, рекомендует использовать ее конкретную встроенную процедуру. Студенты решают задачу на том же практическом занятии, анализируют ее при других исходных данных или переходят к следующей профильной задаче, интенсивно наращивая багаж ЗНАНИЙ на базе УМЕНИЙ.

Как правило, пользователь СКМ может выбрать метод решения задачи из заранее предусмотренного набора, либо

реализовать собственный алгоритм. Поэтому использование СКМ – не механическое применение стандартного средства и заранее заготовленных шаблонов, а творческий процесс, позволяющий выделить доминирующие моменты задачи и исключить непродуктивные потери времени. Даже при разработке с помощью СКМ конкретного алгоритма, предназначенного для решения задач определенного класса, большую часть процедур программировать не нужно ввиду наличия множества встроенных функций и операторов. В их состав входит более сотни функций различного рода: тригонометрических, векторных и матричных операторов, функций для интегрирования дифференциальных уравнений и систем, решения систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений и многие другие.

Практика применения СКМ в учебном процессе свидетельствуют о необходимости творческого подхода к каждому этапу процесса решения задачи. Схоластическое использование этих систем принципиально невозможно. Поэтому несостоятельными являются опасения ряда уче-



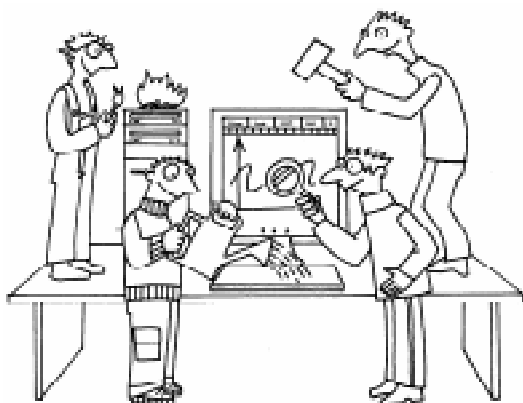
...использование СКМ – не механическое применение стандартного средства.... а творческий процесс.

Рисунок 1. Пример решения системы.



...деятельности «в полевых условиях», где основными орудиями фиксации мозговой деятельности выступают лист бумаги и грифельная доска.

ных, утверждающих, что изучение систем компьютерной математики на ранних стадиях обучения может разучить молодежь думать самостоятельно. По мнению автора, системы подобного класса лишь облегчают получение конечного результата, освобождая исследователя от рутинных вычислений для большего проникновения в логику процесса вычислений, не принося вреда творческому процессу мышления и не исключая его. Все зависит от того, кто ведет занятия, от его уровня. Применение СКМ выдвигает требования к соответствующей подготовке преподавателей. Это – один из проблемных вопросов, достойный отдельного детального рассмотрения.



...в старших классах школы можно... применять СКМ для изучения и визуализации..., анализа..., проверки...

Опыт показывает, что студенты, владеющие навыками практического применения СКМ, резко опережают в успеваемости тех из них, кто таких навыков не имеет. Дозированное введение сведений об особенностях практического применения СКМ при решении прикладных задач следует давать с начала периода обучения в технических вузах. В большом числе специальностей необходимость проникновения в СКМ оговаривается государственными образовательными стандартами (ГОС) по циклам дисциплин «Информатика». Такие факты вызывают удовлетворение как проявление заботы о настоящем и будущем студента, которого необходимо готовить для будущей профессиональной деятельности в условиях глубокого проникновения средств вычислительной техники и информационных технологий во все сферы жизни, а вовсе не для деятельности «в полевых условиях», где основными орудиями фиксации мозговой деятельности выступают лист бумаги и грифельная доска.

Для того чтобы студенты могли, начиная с первого курса, дозировано, но эффективно использовать СКМ, некоторые базовые понятия и навыки начального использования этих программных средств целесообразно сообщать школьникам старших классов. Это будет «работать» на достижение нескольких целей, среди которых *экономия времени* школьников, *повышение информативности* учебного процесса в школе, *предварительная начальная подготовка* выпускников школы к этапу вузовского образования.

Образовательный процесс в современной школе также характеризуется высокой интенсивностью, и проблема высвобождения времени школьников остается актуальной. Учитывая простоту выполнения вычислительных работ и графического (2-D, 3-D) представления результатов, в старших классах школы можно успешно применять СКМ для *изучения и визуализации* тригонометрических и других функций, *анализа* влияния параметров функций на их вид, *проверки* преобразования

выражений, проверки вычисления производных, интегралов, пределов. При изучении, например, раздела, связанного с решениями систем линейных алгебраических уравнений, с помощью СКМ предварительно может быть получено графическое решение конкретной системы (построены графики прямых линий, точка пересечения которых и является решением системы). Опыт показывает, насколько полезным является подобная визуализация для проникновения в сущность решаемой задачи, повышения информативности занятий. Этот же подход, основанный на визуализации решения, можно применить и для систем нелинейных уравнений, используя для предварительного ознакомления с особенностями задач такого класса, с неоднозначностью их решения, влиянием начальных приближений. Сказанное надо воспринимать лишь в качестве вариантов возможного рационального использования СКМ в старших классах.

Для предварительного ознакомления школьников с СКМ достаточно сообщить общие характеристики, назначение и возможности СКМ, привести форматы представления данных, дать особенности ввода данных и функций, вывода результатов, построения графиков и основ их форматирования, привести методику вставки фрагментов полученных решений в текстовые файлы. К процессу предварительного ознакомления с СКМ могут привлекаться и вузовские специалисты. Такая предварительная подготовка резко облегчит адаптацию молодого человека к условиям вузовского периода обучения. Следует отметить, что в некоторых школах Санкт-Петербурга изу-

чение основ СКМ уже введено в учебные программы старших классов.

Выбор конкретной системы компьютерной математики зависит от конечных целей использования СКМ, классов задач, научного направления работ и многого другого. Все типы СКМ универсальны, имеют единое назначение: автоматизировать процесс решения математических задач и получить конечный результат в числовой, формульной, графической формах, освободить пользователя от непродуктивных затрат времени. Все СКМ имеют достаточно мощный арсенал средств для решения задач различных классов, оснащены большим числом встроенных функций, средствами символьных преобразований, визуализации, анимации и проч. По-видимому, каждый специалист должен самостоятельно осуществить выбор того средства, которое будет наиболее полно удовлетворять его профессиональным запросам.

Ввиду универсальности СКМ, в подавляющем большинстве случаев достаточно использовать одну из этих систем в учебной, научной и профессиональной деятельности. В то же время, овладение одной из СКМ обычно облегчает процесс использования СКМ других типов.

Важно лишь разумно использовать мощный арсенал средств, предоставляемый программным обеспечением математического профиля, подготавливая специалистов с крепким теоретическим фундаментом и большим запасом умений решать прикладные задачи своего профиля, которые им будет ставить жизнь на этапе профессиональной деятельности.

*Ивановский Ростислав Игоревич,
Санкт-Петербургский
государственный политехнический
университет.*



Наши авторы, 2002.
Our authors, 2002.