

**NEW INFORMATION  
TECHNOLOGIES:  
APPLICATION  
FOR FUNDAMENTAL  
SCIENCE TEACHING**

Yu. G. MARTYNENKO

*New achievements in information technologies and their applications for fundamental science teaching are discussed. The opportunities provided by global computer networks, distance education, and virtual reality systems are considered. A short classification of available and developing computer-aided teaching systems is given.*

**Обсуждается применение достижений новых информационных технологий в преподавании фундаментальных наук. Рассматриваются возможности, предоставляемые глобальными компьютерными сетями, дистанционным образованием и системами виртуальной реальности. Проводится краткая классификация существующих и разрабатываемых в настоящее время компьютерных обучающих систем.**

© Мартыненко Ю.Г., 1997

**ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ  
В ПРЕПОДАВАНИИ  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК**

Ю. Г. МАРТЫНЕНКО

Московский энергетический институт  
(технический университет)

**ВВЕДЕНИЕ**

Почти на каждой международной конференции или симпозиуме, посвященных проблемам преподавания, возникают острые дискуссии о том, как наиболее эффективно использовать имеющиеся достижения информационных и коммуникационных технологий в такой консервативной области человеческой деятельности, как образование. Простые вопросы типа: должен ли школьник вы зубрить таблицу умножения или ему достаточно научиться нажимать клавиши микрокалькулятора, нужно ли тратить время на чтение “Войны и мира” или можно ограничиться просмотром небольшого ролика на видеомagneтoфoнe? – увы, не имеют простого ответа. Биологически современный школьник или студент, наверное, практически не отличается от своего средневекового сверстника, возможности усвоения информации человеческим мозгом по-прежнему ограничены несколькими часами в сутки, а общее время обучения пятнадцатью–двадцатью годами. Технология и особенно философия процесса обучения достаточно консервативны, и попытки резких изменений, как правило, обречены на неудачу. По-видимому, только следующее поколение сможет достойно оценить или осудить те идеи, которые закладываются в данный момент.

Мы живем в период так называемого информационного взрыва, когда объем знаний, накапливаемый человечеством в ходе своего развития, удваивается каждые 10 лет, а по некоторым оценкам, уже к началу XXI века это удвоение будет проходить каждые 5 лет. Это означает, что становится невозможно за относительно короткий период обучения ознакомить обучаемого даже с малой частью информации, необходимой ему в процессе будущей деятельности. Разумеется, образование в постиндустриальном обществе и не может ставить своей целью только чистую передачу некоторого объема информации. Роль точных наук состоит в обучении студента современному научному языку, логическому мышлению и быстрому восприятию новых идей, умению доучиваться уже во время своей профессиональной

деятельности. Сейчас общество остро нуждается в специалистах, способных постоянно обновлять свои знания и самостоятельно овладевать новыми навыками и умеющих с успехом не только искать, но и создавать новые рабочие места в условиях постоянно меняющегося рынка труда.

Не секрет, что язык научных журналов становится все сложнее, происходит достаточно быстрое старение многих технологий. Неоправданное увеличение доли узкоспециальных дисциплин в учебных программах неизбежно приведет к консервации экономической отсталости. Все эти обстоятельства существенно увеличивают цену специалиста с глубокой фундаментальной подготовкой, умеющего самостоятельно разобраться в многочисленных сенсационных сообщениях о гравилетах, инерцоидах и других устройствах, противоречащих объективным законам окружающего нас мира. Многочисленные астрологи и маги, изобретатели вечных двигателей, колдуны и просто шарлатаны, столь густо заполнившие газетные страницы и экраны телевизоров, не только увеличивают уровень бесполезного шума в окружающем нас информационном пространстве, но и требуют от ученых активного участия в просветительской миссии в современном обществе и распространении подлинно научного знания. Соросовская Образовательная Программа, и в частности подпрограмма “Профессиональные Контакты”, дает замечательные примеры такой просветительской миссии.

В данной статье проанализированы новые средства, используемые в учебном процессе, и сделана попытка сравнения эффективности различных методов использования новых технологий в преподавании точных наук. Основное внимание обращено на вопросы, неоднократно возникавшие в процессе общения с Соросовскими учителями на региональных соросовских конференциях.

## ГЛОБАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

Разработка первой в истории компьютерной сети была начата в военных целях в 1968 году Министерством обороны США. Требования, сформулированные при создании этой сети, не утратили своего значения и в настоящее время, так как дают ключ к пониманию принципов функционирования любых компьютерных сетей. Во-первых, сеть а ргіогі предполагается ненадежной, то есть любая часть сети может исчезнуть в любой момент. Во-вторых, все системы в сети являются равноправными, то есть любой компьютер может связаться с любым как равный с равным.

Сеть задумывалась и проектировалась так, чтобы от пользователей не требовалось никаких знаний о конкретной ее структуре, которая в каждый момент могла измениться. В течение первых лет развитие компьютерных сетей происходило неза-

метно: их услугами пользовались только специалисты по вычислительной и военной технике. Потом появились и стали завоевывать популярность локальные вычислительные сети. Возникновение новых задач потребовало связи между локальными сетями, и в 1973 году было организовано первое международное расширение сети: к сети подключились Англия и Норвегия. В конце 80-х годов Национальный научный фонд США создал пять суперкомпьютерных центров для проведения научных исследований. Возникла задача соединить эти центры и предоставить доступ к ним различным пользователям из всех университетов США. Эта задача была решена, причем доступность информации в сети для работников науки и образования (а затем и для работников других сфер) стала причиной экспоненциального роста компьютерных сетей. Люди, оставшиеся вне сети, очень быстро стали осознавать, что они начинают безнадежно отставать от конкурентов, уже использующих сеть.

Сегодня [1] информационная среда “Интернет” объединяет около 30 тыс. компьютерных сетей, ее “население” составляет 30 млн пользователей и около 10 млн компьютеров, причем количество узлов каждые полтора года удваивается (узлом сети называется компьютер, связывающей две сети с одинаковыми форматом и процедурой обмена информации). “Интернет” являет собой замечательный пример открытости и сотрудничества множества людей из самых разных стран в деле развития информационных технологий и осознания истинной ценности информации.

Среди важнейших сетей, входящих в состав “Интернета”, необходимо упомянуть так называемые академические сети, объединяющие университеты и научно-исследовательские учреждения различных континентов нашей планеты. В Европе, на Ближнем Востоке и в Африке такой сетью является EARN – Европейская академическая исследовательская сеть. В свою очередь, EARN соединена с аналогичной сетью BITNET, охватывающей США, Канаду и Японию. В академических сетях осуществляется:

- пересылка любых файлов данных, компьютерных программ, документов;
- электронная почта;
- обеспечение диалогового обмена сообщениями;
- доступ к удаленным ресурсам других ЭВМ, в том числе и за рубежом;
- доступ к удаленным базам данных, библиотекам программ и прикладным процессам.

Одними из основных задач академических сетей являются организация совместных научных исследований, обеспечение ежедневного обмена научной информацией и выполнение совместных проектов и публикаций.

Ограничения, существующие в академических сетях, вполне естественны: в сети запрещается заниматься коммерческой, политической и религиозной деятельностью, передавать лицензионное программное обеспечение без разрешения владельца, а также совершать любые действия, имеющие целью несанкционированный доступ к информационно-вычислительным ресурсам.

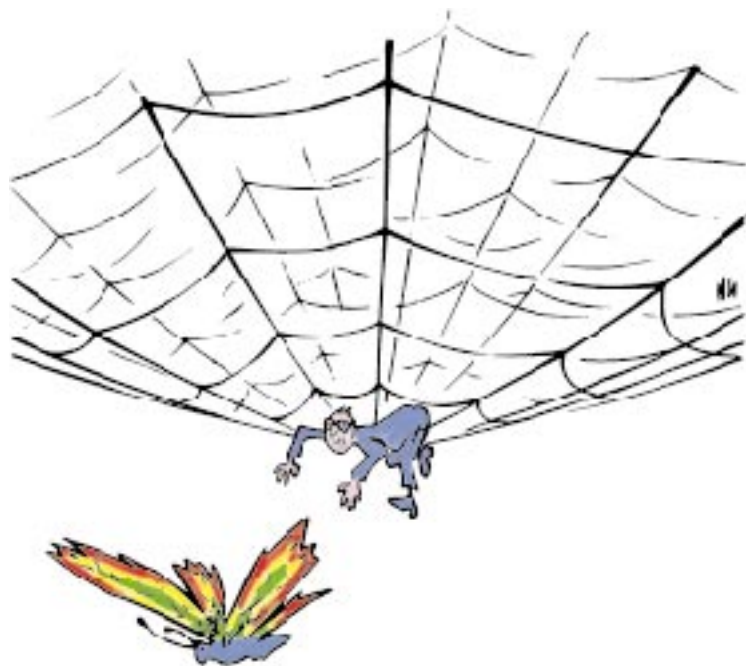
Появление глобальных компьютерных сетей изменило понятие публикации научной статьи, ибо появилась возможность, передав файл с текстом статьи в компьютерную сеть, практически мгновенно ознакомить коллег и любых заинтересованных лиц со своими результатами. Любой пользователь сети может увидеть текст вашей статьи на экране своего компьютера или распечатать ее текст на принтере. Электронные журналы фактически представляют собой список адресатов, который имитирует организацию и формат реального журнала. Это же можно сказать о методических работах преподавателей вузов и школ, при этом число обращений к той или иной “методичке”, хранящейся в сети, можно рассматривать как оценку внедрения методических результатов данного преподавателя в учебный процесс. (Здесь естественным образом может возникнуть аналог индекса цитирования научных результатов ученого.) Уже сейчас нетрудно привести огромное число примеров программного продукта, непосредственно предназначенного для преподавания и обучения, начиная от карты звездного неба и кончая системами анализа переходных процессов в системах автоматического управления.

Проведение телеконференций (они называются также электронными конференциями) позволяет в минимально возможный срок обсудить возникшую проблему, найти единомышленников независимо от того, в какой точке планеты они находятся в данный момент. Сеть допускает обсуждение проблемы в реальном времени: люди общаются друг с другом, как будто они находятся в одной комнате.

Служба WWW (World-Wide Web) – Всемирная паутина<sup>1</sup>, предложенная в 1992 году, не только позволяет студенту любого вуза связаться с библиотекой самого престижного университета и с помощью электронных каталогов получить исчерпывающую информацию по интересующему его вопросу, но и открывает удивительные возможности в деловой сфере. Эти интересные коммерческие приложения компьютерных сетей чрезвычайно разнообразны. Все более привычной становится возможность приобретения нужного товара с помощью сети. Причем несложные манипуляции позволяют не только за считанные секунды находить нужный товар, но и поворачивать и рассматривать в любом масштабе виртуальный трехмерный образец приглянувшейся вещи.

Известен случай успешного применения сети “Интернет” для поимки особо опасного преступника – в сети были распространены его портрет и приметы, что через несколько суток привело к тому, что преступник оказался за решеткой. В некоторых крупных клиниках уже используют компьютерные

<sup>1</sup> Рисунок к статье выполнен проф. МГУ И.В. Новожиловым.



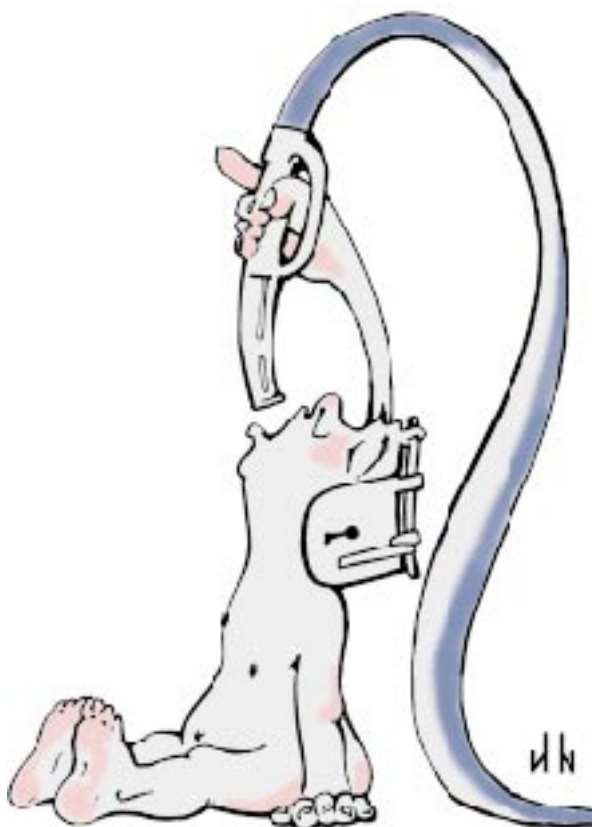
сети для диагностики наиболее сложных заболеваний и консультирования врачей, находящихся в отдаленных районах. Число спасенных такими методами человеческих жизней неуклонно растет. С этой точки зрения трудно переоценить значение средств, выделенных Джорджем Соросом для подключения большинства российских провинциальных университетов к сети “Интернет”.

### ДИСТАНЦИОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Среди основных тенденций, являющихся общими для систем и учебных заведений высшего образования во всем мире, сейчас на первый план выходит тенденция количественного роста студентов при сохраняющемся неравенстве на межгосударственном и межрегиональном уровнях в доступности получения образования. При этом происходит все большая диверсификация учебных заведений, программ и форм обучения. В России эти процессы дополняются уменьшением, а иногда и полным исчезновением такой традиционной формы образования, как вечернее и заочное обучение. За последние несколько лет в некоторых крупных российских вузах полностью ликвидированы вечерние отделения [2]. Кроме того, трудности финансирования создают дополнительные препятствия для талантливой молодежи в получении качественного образования.

Поэтому возникновение дистанционного образования является естественной реакцией системы образования на перечисленные выше проблемы. В США различные формы организации дистанционного обучения инициировались в основном самими колледжами по согласованию с корпорациями-работодателями, являясь по существу ведомственными образовательными структурами. В Европе дистанционное образование в основном развивается “открытыми” университетами с использованием радио, телевидения и компьютерных технологий. Существующие в России космические технологии позволяют уже сегодня студенту “ракетно-космической глубинки” стать учеником столичного профессора. При этом ценность зарубежного опыта состоит не столько в конкретных методиках обучения, сколько в современном содержании дистанционного образования, так как именно сейчас происходит интенсивный процесс его интернационализации. Образование становится инструментом взаимопроникновения не только знаний и технологий, но и капитала, инструментом борьбы за рынок. Стратегическая цель дистанционного образования в мире состоит в предоставлении возможности для каждого обучающегося в любом месте изучить программу любого колледжа или университета. Выполнение этой цели потребует перехода от обмена идеями и знаниями к обмену образовательными ресурсами [3].

Часто приходится сталкиваться и со скептическим отношением к идеям дистанционного обучения, которые рассматриваются как образователь-



ный курьез. Иногда это отношение выражается в прессе в статьях с броскими заголовками типа “Как получить виртуальный диплом?” и основывается на отсутствии информации о реальном состоянии дел.

Техническая реализация разрабатываемой системы дистанционного образования в России приведена на рис. 1, где также изображены зоны связи, обеспечиваемой двумя геостационарными спутниками связи “Горизонт”, расположенными в точках стояния  $40^\circ$  в.д. и  $96,5^\circ$  в.д. Передающая станция находится на подмосковном пункте космической связи ОКБ МЭИ “Медвежье озеро” [2].

Примерный набор материалов, который используется перед началом дистанционного образования для получения, например, инженерного образования, выглядит следующим образом:

- текст с изложением теоретического материала,
- видеозаписи лекций,
- вопросы для самоконтроля с подробными ответами на них,
- задачи для самоконтроля с подробными решениями,
- контрольные вопросы для проверки знаний,
- методические указания по лабораторному практикуму,

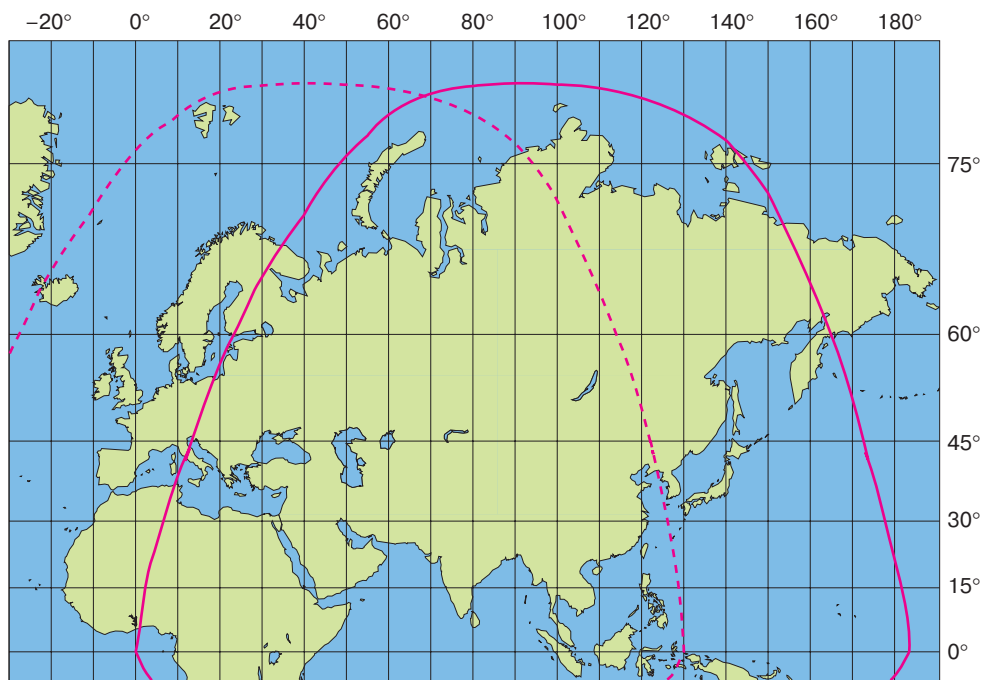
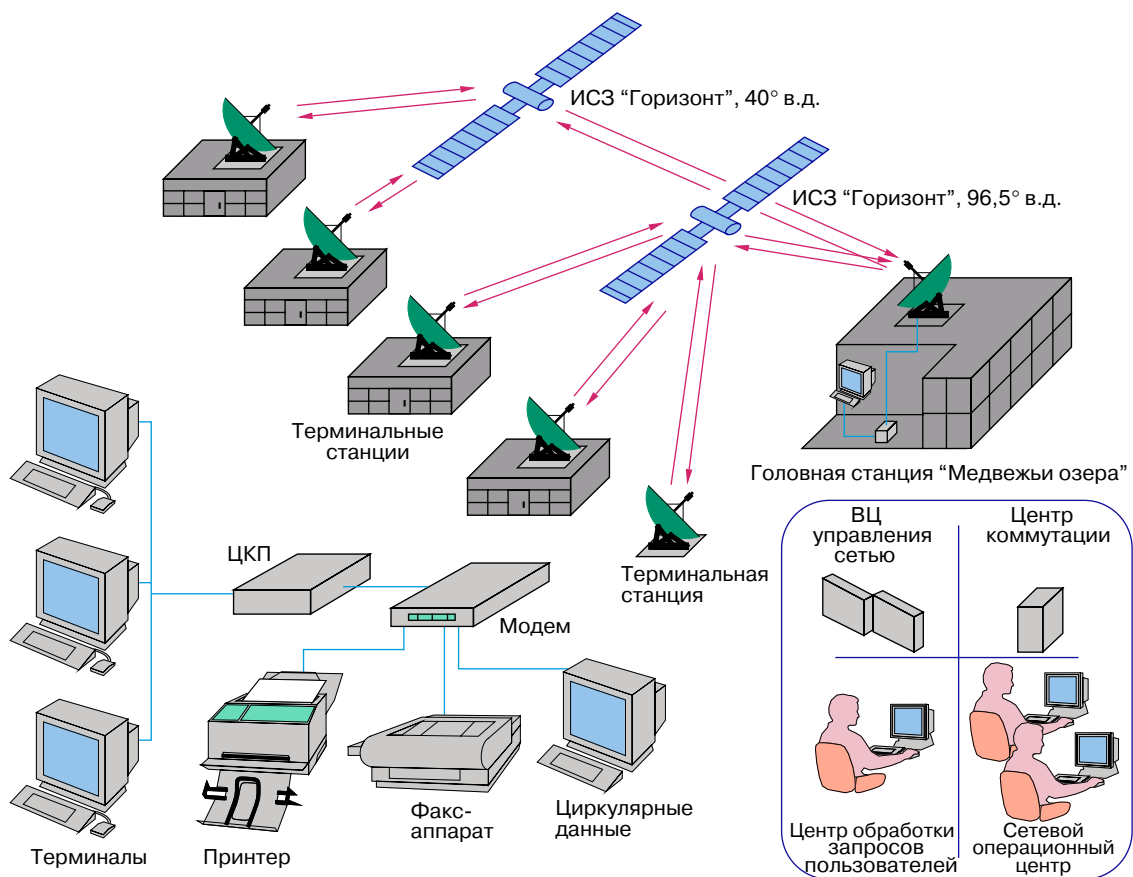


Рис. 1. Использование системы космической связи для дистанционного образования

- задания для типовых расчетов (курсовых работ, проектов) и методические указания по выполнению этих работ,
- справочные материалы, необходимые для работы над курсом.

Разумеется, при дистанционном образовании на первый план выходит самостоятельная работа обучающегося, оптимально поддерживаемая консультациями со стороны преподавателей различного профессионального уровня. Причем эта поддержка должна реализовываться не только в прямом или дистанционном общении между обучаемым и обучающим, но и в создании всеобъемлющей справочной базы по изучаемой дисциплине и смежным с ней предметам. В процессе обучения необходимо ввести обучаемого в круг знаний и навыков информационных технологий, имеющих для современного человека такое же культурное значение, которое имели в свое время изображение и распространение письменности и книгопечатания.

При регулярной работе над курсом к концу его изучения у преподавателя накапливается достаточно большой материал, позволяющий судить об уровне знаний каждого студента и приобретенных навыках. Заключительный экзамен по курсу должен быть письменно-устным и очным, чтобы объективно оценить, насколько самостоятельно выполнялась студентом работа в семестре.

Безусловно, использование дистанционного образования открывает большие перспективы и в деле послевузовского образования и при переподготовке кадров. Работа над внедрением дистанционного образования соответствует логике развития системы образования в обществе, где приоритетной становится потребность каждого отдельного человека, и по мере накопления опыта будут совершенствоваться как технические средства, так и учебно-методические приемы этой новой технологии обучения [3].

## ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Виртуальную реальность<sup>1</sup> можно рассматривать как синтез новых электронных и информационных технологий [4]. Системы виртуальной реальности позволяют человеку ощутить эффект присутствия в некоторой искусственной, “воображаемой” среде

<sup>1</sup> Термин *виртуальный* происходит от французского слова *virtuel* – возможный, потенциальный. Понятие *виртуального (возможного) перемещения* было введено Лагранжем и явилось одним из основных понятий аналитической механики. В последнее время этот термин широко используется в вычислительной технике для обозначения различных устройств, которые воспринимаются иначе, чем они фактически реализованы (виртуальный диск, виртуальная память и т.д.). *Виртуальную реальность* можно определить как кажущуюся гипотетическую среду, существующую в нашем воображении как один из возможных вариантов реального мира.

посредством одновременного воздействия на органы чувств визуальной, звуковой и сенсомоторной информации.

Пользователь системы виртуальной реальности надевает на голову шлем с смонтированными в него двумя жидкокристаллическими мониторами стереоизображения, наушниками стереозвучания и системой отслеживания положения головы. Затем он надевает облегчающий тело информационный костюм и перчатки с волоконно-оптическими кабелями и датчиками, отслеживающими движения пальцев, рук и положения тела, а также с силомоментными датчиками, дающими ему тактильные ощущения. Компьютер выдает пользователю картины сценария, подстраивающегося до 30 раз в секунду, чтобы соответствовать изменениям в положении головы, рук и тела пользователя, а также звуки и силомоментные нагрузки, сопровождающие события в этих картинах.

Простейшую систему виртуальной реальности нетрудно представить себе, рассмотрев ситуацию, когда движением некоторого объекта управляет оператор с помощью рукоятки. Управляемый объект взаимодействует во время движения с окружающей средой. Подобное взаимодействие происходит, например, при движении манипулятора, осуществляющего какие-либо сборочные операции, в частности соединение двух деталей. При наличии такого взаимодействия для достижения цели управления целесообразно, а иногда и необходимо, чтобы оператор ощущал силы, приложенные к управляемому объекту. Если, например, какой-либо предмет мешает управляемому объекту двигаться в некотором направлении, то оператор должен чувствовать, что перемещение рукоятки в соответствующем направлении затруднительно. Управляющую рукоятку, со стороны которой на руку оператора действует сила, приложенная к управляемому объекту, принято называть рукояткой с отображением усилий [5]. Силы, действующие на объект, могут отображаться на рукоятке “один к одному” или в каком-то другом масштабе. Таким образом, для создания рукоятки с отображением усилий требуются измерение сил, действующих на управляемый объект, и передача этих сил на рукоятку. При наличии на рукоятке силового поля, соответствующего реальному взаимодействию управляемого объекта с окружающей средой, для оператора, который находится на некотором расстоянии от этого объекта, возникает эффект присутствия на месте событий. (Подобный эффект называется также *телеприсутствием*.) Даже при наличии визуального контроля за движением управляемого объекта отображение усилий на управляющую рукоятку существенно помогает оператору. (Эта же ситуация имеет место и при управлении самолетом, когда сопротивление штурвала усилиям летчика, пропорциональное аэродинамической

нагрузке на рули летательного аппарата, существенно облегчает управление.)

Если на силомоментные датчики рукоятки подать сигналы с компьютера, в котором имеется достаточно полная математическая модель взаимодействия управляемого объекта с окружающей средой, то оператору не удастся отличить реальную сборку деталей от сборки виртуальных деталей, описываемых только математическими уравнениями внутри компьютера. Системы моделирования процессов управления манипулятором, “ощупывающим” контур предмета или вставляющим деталь в отверстие, описаны в [5]. Принципы, использованные при создании рукоятки с отображением усилий, применяются при создании информационной перчатки (DataGlove), информационного костюма (DataSuite) и т.д.

Системы виртуальной реальности допускают, например, управление виртуальным объектом, взаимодействие которого с окружающей средой построено на законах, отличных от законов ньютоновской механики. Здесь возникают совершенно уникальные возможности экспериментально убедиться в оптимальности окружающего нас мира, объективные физические законы которого и реализуют свойства “этого лучшего из миров”. Виртуальные миры, в которых можно простым изменением знака в какой-нибудь формуле поменять свойства геометрии пространства или законы классической механики, допускают личное присутствие обучаемого. Изучение первичных и очень непростых понятий геометрии и механики: пространства, времени, инертности, взаимодействия, мерами которых являются расстояние, длительность, масса и сила и которые требуют ясного и четкого изложения в преподавании, может быть изменено и дополнено с помощью систем виртуальной реальности. А ведь именно в вопросе об исходных положениях фундаментальных наук периодически появляются разночтения и кривотолки. Здесь можно сослаться на различные трактовки сил инерции, привлечение в классическую механику таинственного влияния удаленных звезд, галактического газа, вакуума.

Военные тренажеры, разработанные для обучения космонавтов, пилотов самолетов и вертолетов, можно также рассматривать как системы виртуальной реальности. Они показали высокую эффективность в процессе обучения, однако их широкому распространению в настоящее время препятствует высокая стоимость. Тренажеры и иные системы виртуальной реальности следует рассматривать как перспективную высокую технологию будущего образования.

## КОМПЬЮТЕРНЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

При разработке компьютерных учебников безупречно необходимо учитывать тенденцию интегра-

ции естественных наук, повышение роли фундаментального образования, которое может возникнуть только тогда, когда теоретики и прикладники проходят одну и ту же школу, говорят только на одном языке. Тот, кто захочет применить или интерпретировать теорию, разобраться в тайнах и хитросплетениях идей, должен прежде всего их изучить. После этого приложения сразу в руки не поплывут, но приобретенные знания дадут инструмент для их эффективного моделирования, разработки новых методов, принятия смелых инженерных решений и создания прогрессивных технологий.

Компьютерные обучающие системы можно опередить как комплекс программно-технических и учебно-методических средств, позволяющих:

- изучать конкретную предметную область знаний;
- поддерживать разработку обучающих курсов;
- управлять процессом обучения.

Использование уже разработанных в некоторых вузах России компьютерных обучающих систем в учебном процессе показало их высокую эффективность. Многие курсы позволяют существенно расширить возможности подготовки специалистов для решения теоретических проблем и конкретных задач техники. С точки зрения преподавателя, компьютерные обучающие системы можно разделить на следующие классы:

- системы типа ЛЕКТОР, имитирующие лекции и имеющие жесткий план подачи изучаемого материала. Как правило, они дополняются жестким контролем знаний, определяющим возможность перехода к следующему разделу или лекции;
- системы типа АССИСТЕНТ, имитирующие семинар, лабораторные занятия или практикум. Создается дружественная среда, в которой учебный материал подается в виде сообщений, подсказок и пояснений. Тестирование осуществляется в основном через самоконтроль. Данный тип программ предназначен для развития практических навыков путем самообразования;
- системы типа РЕПЕТИТОР, адаптирующиеся к обучаемому выбором темпа изложения материала, проверки начального уровня знания и учета психологических особенностей обучаемого. Допускается выборочное изучение отдельных тем курса. Большое внимание уделяется практической деятельности обучаемого под постоянным контролем системы;
- системы типа КОНСУЛЬТАНТ, представляющие собой справочную базу данных по изучаемому и смежным предметам с удобным доступом;
- системы типа КОНТРОЛЕР, предназначенные для тестирования и оценки уровня знаний.

Диапазон контролируемых систем достаточно широк — от примитивных систем, в которых обучаемому предлагается ответить (да/нет) или выбрать

верный ответ из небольшого числа заранее сформулированных вариантов, до интеллектуализированных систем, проверяющих аналитические формулы и выражения, получаемые обучаемым.

В современных обучающих компьютерных системах широко применяются средства мультимедиа (под мультимедиа понимается одновременное использование информации различных видов: текста, графики, звука, видеофрагментов и т.д.). В частности, в системах обучения иностранному языку включение в курсы популярных видеоклипов облегчает накопление словарного запаса, создает надлежащий эмоциональный фон и существенно интенсифицирует весь процесс обучения.

Использование персонального компьютера в процессе преподавания точных наук имеет свою специфику. Успешное освоение научного аппарата невозможно, если студент не научится строить математические модели многообразных природных и технических систем и квалифицированно использовать алгоритмы их аналитического и численного исследования, которыми так богаты точные науки. В свою очередь, глубокое понимание этих алгоритмов может быть достигнуто только путем решения задач, содержательных в практическом плане и зачастую требующих для решения значительного объема вычислений и аналитических выкладок, выполняемых при помощи компьютера. Важное значение для успешного освоения учебного материала имеет также возможность визуализации получаемых результатов на экране графического дисплея (это позволяет вернуть точным наукам непосредственную наглядность, искони им присущую, но нередко скрывающуюся за абстрактностью используемого формального аппарата и сложностью формул). В этой связи обращение студента к ресурсам персонального компьютера происходит совершенно естественно.

Если определить процесс обучения как борьбу человека со своим нежеланием узнать что-то новое, то включение игровых элементов в компьютерные учебники может оказаться достаточно эффективным. В качестве иллюстрации этого тезиса можно привести пример классической задачи  $n$  тел. Формулировка этой задачи выглядит несложно: нужно найти движение  $n$  свободных материальных точек, каждая из которых притягивается к другой обратно пропорционально квадрату расстояния между точками, то есть по закону всемирного тяготения. Это одна из принципиальнейших задач в истории человеческой цивилизации: решение задачи  $n$  тел очень точно описывает движение центров масс тел Солнечной системы, на одной из планет которой возникло и развивалось человечество.

Судьба распорядилась так, что в Солнечную систему входят планеты, достаточно далеко находящиеся одна от другой и имеющие массы намного меньше массы центрального светила – Солнца. По-

этому влияние планет друг на друга незначительно и в качестве первого приближения задачи можно рассмотреть движение одной отдельной планеты вокруг Солнца. С точки зрения математики это случай двух тел ( $n = 2$ ), который был исследован Исааком Ньютоном. Ему первому удалось найти точное решение дифференциальных уравнений задачи двух тел. Это решение оказалось довольно простым (периодическим) и совпало с экспериментально установленными И. Кеплером законами движения планет вокруг Солнца. Однако уже в случае  $n = 3$  задача оказалась неинтегрируемой и нерешаемой в квадратурах, то есть ее точное решение не может быть построено аналитическими методами.

Компьютер уничтожил четкую грань между интегрируемым и неинтегрируемым случаями в теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Поэтому если студент или школьник может написать дифференциальное уравнение, устанавливающее связь между ускорениями точек и силами тяготения, то он может увидеть на экране своего компьютера, например, движение планеты в поле притяжения двойной звезды.

Астрономические данные показывают, что в нашей Галактике существует довольно много планетных систем, обращающихся вокруг двойных звезд. Пусть эти звезды имеют одинаковые массы  $M$  и вращаются вокруг общего центра масс  $O$  по круговой орбите радиуса  $L$  с одинаковыми постоянными скоростями. Введем инерциальную систему координат  $x, y$  с началом в точке  $O$  и плоскостью  $xy$ , содержащей плоскость движения звезд. Пусть в этой плоскости находится планета массы  $m$ , причем величина  $m$  столь мала, что влиянием планеты на движение звезд можно пренебречь. Тогда, согласно закону всемирного тяготения уравнения движения планеты в инерциальной системе координат имеют вид

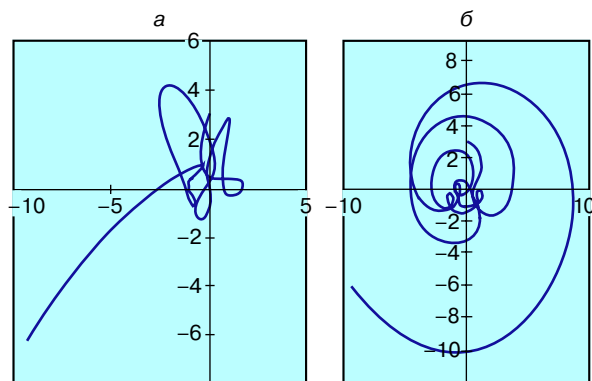
$$\begin{aligned} \dot{x} &= u, \\ \dot{y} &= v, \\ m\ddot{u} &= -\gamma m M \left( \frac{x - L \cos \Omega t}{R_1^3} + \frac{x + L \cos \Omega t}{R_2^3} \right), \\ m\ddot{v} &= -\gamma m M \left( \frac{y - L \sin \Omega t}{R_1^3} + \frac{y + L \sin \Omega t}{R_2^3} \right). \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь точка означает дифференцирование по времени  $t$ ;  $x, y$  – координаты планеты;  $u, v$  – проекции ее скорости на инерциальные оси координат;  $\gamma$  – постоянная всемирного тяготения;  $2\pi/\Omega$  – период обращения звезды по своей орбите;  $R_1, R_2$  – расстояния от планеты до “первой” и “второй” звезды,

$$\begin{aligned} R_1 &= \sqrt{(x - L \cos \Omega t)^2 + (y - L \sin \Omega t)^2}, \\ R_2 &= \sqrt{(x + L \cos \Omega t)^2 + (y + L \sin \Omega t)^2}. \end{aligned}$$

Задавая различные начальные условия в системе дифференциальных уравнений (1), студент с





**Рис. 2.** Траектория движения планеты в инерциальной системе координат (а) и во вращающейся вместе со звездами системе координат (б); масштаб выбран таким образом, чтобы радиус круговой орбиты звезд был равен единице

помощью компьютера получает численное решение  $x = x(t)$ ,  $y = y(t)$ , описывающее траекторию планеты на плоскости  $xу$ . Найденный во время игры студентов с системой (1) один из возможных катаклизмов с двумя соударениями планеты и звезд приведен на рис. 2.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Российская высшая школа всегда славилась высоким уровнем фундаментальной подготовки в области точных наук. Достойно ответить на вызов новых

проблем в деле подготовки специалистов XXI века можно сохраняя эту традицию и дополняя ее новыми методами обучения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Клименко С., Уразметов В. Internet – среда обитания информационного общества. Протвино: Рос. центр физ.-техн. информатики, 1995.
2. Роль МЭИ в становлении системы дистанционного образования в России // Магистр. 1996. 5 февр. № 1(26).
3. Тихомиров В.П. Дистанционное образование: ожидания и реальность // Развитие образования и науки на пороге XXI века. М.: МАН ВШ, 1996. № 2. С. 29–42.
4. Полонская Н.Я. Системы “виртуальной реальности” – синтез новых электронных и информационных технологий // Прикладная физика: Межотрасл. науч.-техн. сб. 1994. №1. С. 18–25.
5. Гурфинкель Е.В., Формальский А.М. Об управлении движением при помощи рукоятки с отображением усилий // Изв. АН. Теория и системы управления. 1996. № 1. С. 150–158.

\* \* \*

Юрий Григорьевич Мартыненко, доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой теоретической механики Московского энергетического института. Автор более 130 научных работ.