

ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРУЮЩИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

Дмитрий Владиславович Баяндин,

доцент кафедры общей физики Пермского государственного технического университета,
кандидат физико-математических наук

- информационно-образовательная среда • виртуальные учебные объекты
- математическое и компьютерное моделирование • интерактивность •

Продолжительное время в среднем и высшем образовании декларируется необходимость переноса центра тяжести учения на самостоятельную работу школьников и студентов, на развитие механизмов их самообразования и формирование новой информационной культуры. На практике этому препятствует традиция обучения на основе прямой передачи знаний педагогом и недостаток необходимых ресурсов и условий. Одновременно слабо сформированной оказывается способность учащихся применять полученные знания. Для решения названных проблем требуется серьезная модернизация информационно-образовательной среды. Одно из перспективных направлений — внедрение в её состав электронных средств образовательного назначения (*ЭСОН*), содержащих *интерактивные* виртуальные учебные объекты.

Постепенно в педагогических кругах складывается понимание того, что эффективное *полнофункциональное* (то есть обеспечивающее поддержку широкого спектра форм организации учебных занятий и видов учебной деятельности) *ЭСОН* должно основываться на технологиях математического и компьютерного моделирования. При этом разнообразие виртуальных учебных объектов существенно возрастает по сравнению с традиционными мультимедиа-средами.

Виды виртуальных учебных объектов

Учебные объекты, входящие в состав современного *ЭСОН*, можно подразделить на объекты *исчисляемые* и *неисчисляемые*.

Более простой класс неисчисляемых объектов включает в себя тексты, статическую двумерную (оцифрованные традиционные фотографии и рисунки, оригинальные цифровые изображения) и, отчасти, трёхмерную графику, видео и анимации. Неисчисляемые объекты существуют в учебной среде как законченные с содержательной и технической точек зрения информационные блоки, не изменяющиеся при функционировании среды. Вмешательство пользователя в их структуру в ходе обучения не предусмотрено. Иначе говоря, процесс предъявления каждой единицы такой информации (и потребления в известной мере тоже) детерминирован. Поэтому неисчисляемые, детерминированные объекты, естественно, не обладают весьма важным для процесса учения свойством интерактивности.

К классу исчисляемых объектов в предметной области «физика» отнесём: интерактивные модели различных видов, интерактивные задачи, интерактивные тренажёры операциональных навыков, сформированные на основе таких задач и тренажёров тесты, а также интерактивные обучающие сценарии.

Исчисляемые объекты принципиально интерактивны, их предъявление и потребление не детерминированы. Они обладают свойством давать адекватные реакции на действия пользователя, иначе говоря, обладают поведением. Поэтому будем также называть исчисляемые объекты *модельными*.

Под *моделированием* в широком смысле понимают способ отображения и познания

действительности, состоящий в замещении исследуемого феномена его *моделью*. Последняя — вспомогательный реальный объект или абстракция, обладающая существенными чертами исходного объекта или явления, используемая для изучения этого объекта или явления и обладающая прогностическими свойствами¹.

При использовании понятия *модели* в широком смысле к этому типу объектов относят и двумерные (даже полиграфические) изображения молекул или технических устройств, схемы экспериментальных установок, видеозаписи демонстрационных экспериментов. Все перечисленные объекты — цифровые или выполненные традиционными средствами — действительно являются моделями фрагментов реального или воображаемого мира, моделями знания. С этой точки зрения моделью является также текст, описывающий тот или иной феномен. Ниже, однако, модель понимается в более узком смысле — как «живой», интерактивный объект, поведение которого меняется в зависимости от условий, а потому модельными называются только исчисляемые, недетерминированные объекты.

Модельные объекты представляются наиболее важной и перспективной составляющей современных ЭСОН. Ядром всех исчисляемых объектов является математическая модель, которая подлежит интерпретации входящим в состав среды обучения решателем задач.

Структура электронного средства образовательного назначения

В состав ЭСОН входят виртуальные учебные объекты, представляющие собой его содержательное наполнение, и объекты, позволяющие организовать работу пользователя. Выделим следующие компоненты полнофункционального ЭСОН:

- предметно-информационный, представленный описательно-иллюстративной и интерактивной моделирующей частями, из которых первая предназначена для отражения реального мира в рамках изучаемой предметной области, его описания аппаратом учебной дисциплины с целью предъявления готового знания, а вторая — для активного добывания нового знания самим учащимся;

- предметно-процедурный, ориентированный на усвоение и закрепление знаний, выработку умений и навыков, оценку качества этих процессов на основе взаимодействия пользователя с системами интерактивных задач, тренажёров, и тестов;

- методический;

- система навигации (навигаторы, справочники, поисковые системы, структурно-логические модели дисциплины, отражающие взаимосвязи её понятий и законов);

- система управления обучением.

Описанная структура изображена на рис. 1. Видно, что функции большей части компонентов обеспечиваются педагогическим инструментальным средством, которое является важнейшим элементом среды обучения. Оно обеспечивает процесс разработки ЭСОН, его функционирование и настройку на уровень пользователя. В последние годы в этом качестве всё чаще выступают объектно-ориентированные среды проектирования и моделирования.

Каждому компоненту ЭСОН соответствуют свои формы организации учебного материала, а им, в свою очередь, различные виды виртуальных учебных объектов.

Виртуальные учебные объекты, входящие в состав ЭСОН, естественным образом образуют три блока, связанные с изложением учебного материала (левый блок), закреплением учебного материала и контролем его усвоения (средний блок) и навигацией по программному средству (правый блок). Эти блоки соответствуют трём частям дидактического аппарата традиционной учебной книги: *аппаратам представления, усвоения и ориентировки*².

¹ Новик И. Б. О моделировании сложных систем. М.: Мысль, 1965; Штофф В.А. О роли моделей в познании. Л.: ЛГУ, 1963.

² Современная учебная книга: подготовка и издание / под ред. С. Г. Антоновой, А. А. Вахрушева. М.: МГУП, 2004; Оспенникова Е. В. Использование информационно-коммуникационных технологий в преподавании физики. М.: БИНОМ, 2010.

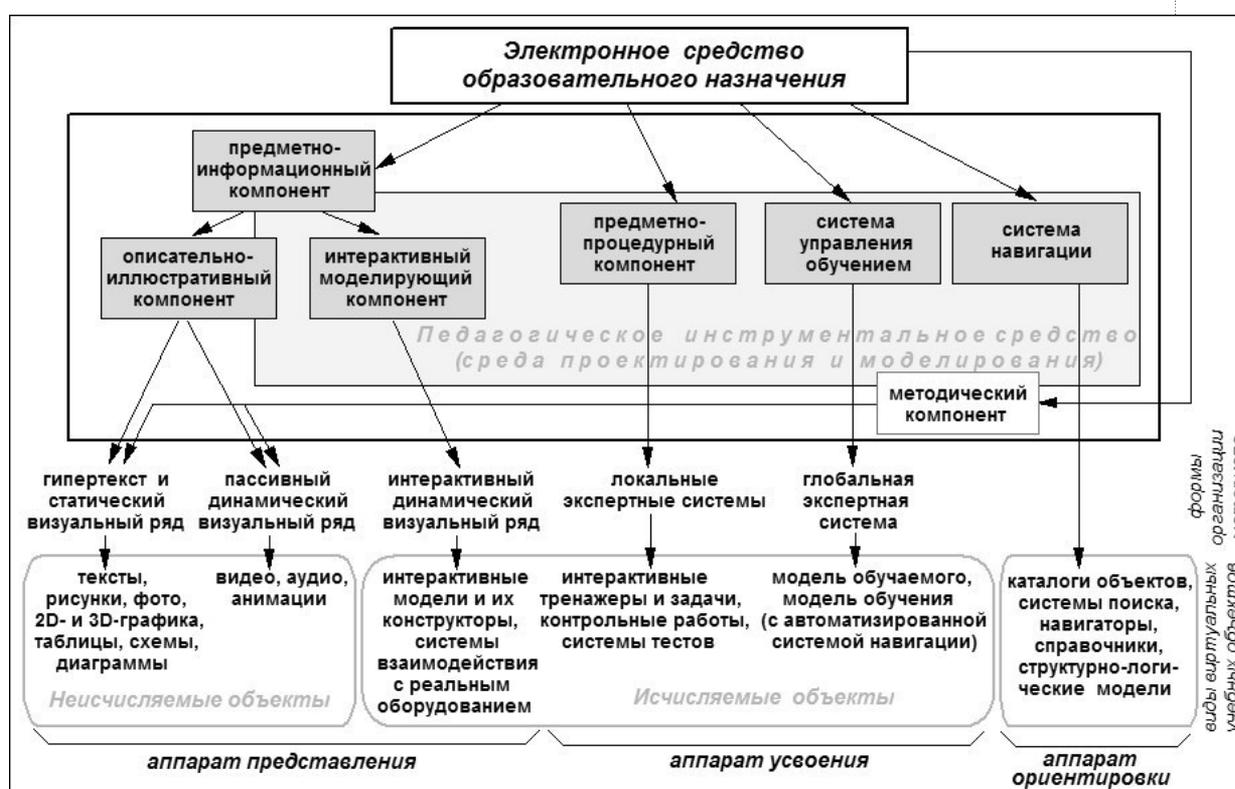


Рис. 1. Структура ЭСОИ и состав виртуальных учебных объектов

Внутренняя структура интерактивных моделей и их роль в учебной среде

1. В виде интерактивных моделей, входящих в предметно-информационный компонент ЭСОИ, могут быть представлены понятия и законы предметной области. Математическое ядро модели описывает структуру объекта, его дистрибуцию в заданной системе координат, закономерности поведения в созданных условиях. Говоря об адекватности модели, имеют в виду корректность этого описания для определённых классов ситуаций.

Интерактивная компьютерная модель — это программная система, допускающая управление со стороны пользователя и адекватно реагирующая на его действия. Такие системы в большинстве случаев отображают внешний вид (если он есть) и поведение моделируемого объекта, взаимосвязи его характеристик, а также визуализируют глубокие, скрытые в реальном мире от глаз и приборов процессы и даже реально не существующие или не имеющие внешнего вида объекты (понятия).

Модель может иметь *однойдерную*, *многодерную* или *иерархическую* структуру.

Для базовых, элементарных моделей характерна *однойдерная* структура. Такие модели описывают феномен «на микроуровне», обладают объективной сущностью. Они в значительной степени универсальны в смысле возможности вхождения в состав разнообразных более сложных моделей. Само по себе ядро, математическая модель, будучи «сущностью в себе», как правило, не является готовым виртуальным учебным объектом. Это элемент конструктора, кирпичик, из которого складывается объект (рис. 2а). Поэтому базовым, элементарным моделям свойственна высокая ценность при постановке исследовательских задач, при конструировании. Информационные входы и выходы для математического ядра не являются закреплёнными, благодаря чему возможно решение обратных задач. Сказанное, конечно, относится не к той ситуации, когда модель сразу формулируется в виде жёсткого алгоритма, а к общему случаю, когда она записывается в виде систем алгебраических и дифференциальных

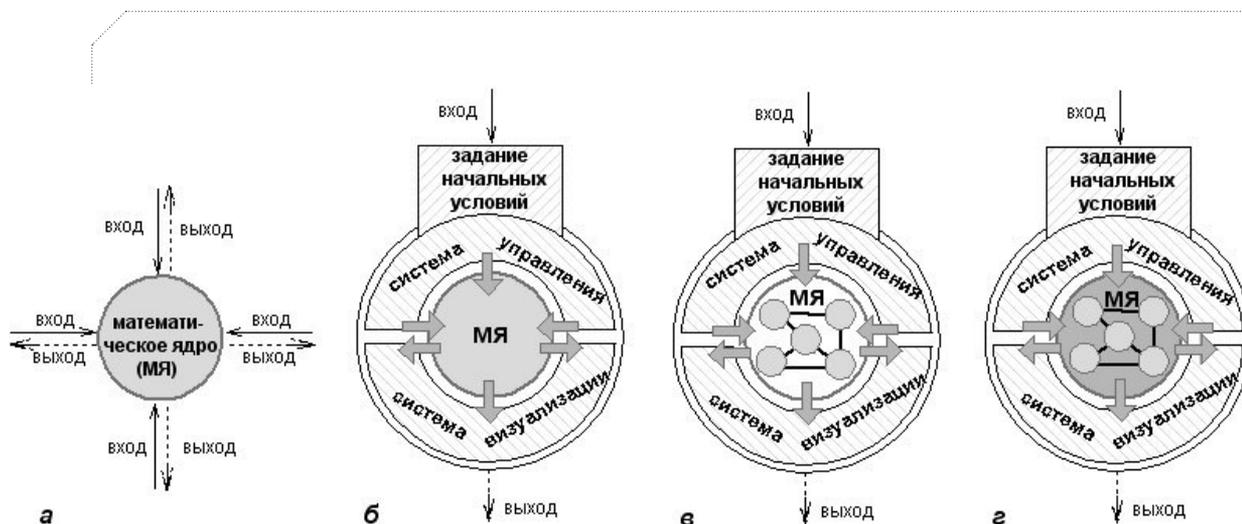


Рис. 2. Структура интерактивных моделей различной организации

уравнений на языке среды моделирования, а алгоритм строится решателем задач скрытым от пользователя образом. Фиксация входных и выходных параметров происходит на уровне взаимодействия ядра с другими базовыми моделями или элементами интерфейса, в соответствии с технологией построения исследуемой системы и методическими соображениями по её использованию в учении.

Законченный объект учебной среды имеет помимо ядра слои визуализации и управления (рис. 2б). Система визуализации обеспечивает предъявление изображения и поведения объекта в реальном или фазовом пространстве в натурном или абстрактном виде (информационные транспаранты, числовые данные, цветовая индикация, таблицы, графики, диаграммы — векторные, столбчатые, цифровые, цветовые). Система управления, основанная на *манипуляционно-графическом интерфейсе*, позволяет производить перемещения и модификации объекта, изменение его характеристик посредством рычагов управления или непосредственного ввода числовых параметров; особо может быть выделен блок настройки модели (возможно, с отдельного учительского пульта) и блок задания начальных условий.

Богатство визуализации и количество рычагов управления ограничиваются не столько возможностями модельного ядра или среды моделирования, сколько методическим назначением учебного объекта в целом. В соответствии с этим назначением нужно

обеспечить, во-первых, условия для концентрации внимания учащегося на конкретной проблеме и, во-вторых, доступность потребных для её решения инструментов. Таким образом, в слоях визуализации и управления, в основном, сосредоточен инструментарий обеспечения методики.

Одноядерная структура присуща простым модельным объектам; в общем случае возможна более сложная организация. Она возникает, если сущность моделируемого феномена выражается не одной элементарной математической моделью, а их системой, которую можно изобразить в виде схемы.

Для сообщества равноправных базовых объектов характерна *многоядерная* модель (рис. 2в). В случае же, когда объединение базовых объектов в систему порождает некоторое новое качество, когда система управляется не только законами отдельных объектов, но и новыми законами, стоящими *над* ними, *вне* их, модель имеет *иерархическую* структуру (рис. 1г). Количество уровней в иерархии может быть сколь угодно большим.

Приведём примеры интерактивных моделей различной организации, изображённых на рис. 2, применительно к физике.

Базовые модели: второй закон Ньютона для частицы, движущейся в условиях воздействия абстрактных полей; закон Ома для однородного или неоднородного участка цепи.

Одноядерные модели: движение тела, брошенного под углом к горизонту, с возможностью задания начальной скорости и угла бросания; протекание тока через резистор в условиях изменения его сопротивления и внешнего напряжения.

Многоядерная модель: разветвлённая электрическая цепь с изменяемыми параметрами.

Иерархически организованная модель: идеальный газ в изменяемых внешних условиях (например, нагревание или сжатие).

Обратим внимание, что объединение электрических элементов в сложную цепь не привело к иерархически организованной модели, поскольку правила Кирхгофа, традиционно применяемые при аналитическом решении таких задач, являются прямым следствием законов, использованных в базовых моделях. Напротив, для описания столкновений частиц идеального газа потребовалось использовать законы сохранения импульса и энергии, независимые от законов Ньютона, значит, многоядерная структура данной системе не соответствует.

Модель любой структуры имеет выход, с которого информация поступает к ученику; ученик, в свою очередь, подаёт управляющие сигналы на вход модели. В более сложном случае имеется ещё одна часть системы — реальная экспериментальная установка. Модель может управлять ею или обрабатывать исходящую с неё информацию. Таким образом, субъект управления, ученик, воздействует на объект управления, модель (через клавиатуру, мышь, джойстик) или реальную систему (путём перемещения объектов, их трансформации и изменения свойств, создания и уничтожения).

2. Интерактивные модели как объекты учебной среды могут играть различные *методические роли*. В порядке возрастания сложности это:

- интерактивные анимации;
- динамические иллюстрации;
- модельные демонстрации (демонстрационные стенды);
- модели локально-исследовательского характера (лабораторные стенды);
- модельные конструкторы (конструкторские стенды).

Модельная демонстрация обычно строится на основе модели, имеющей небольшое число доступных пользователю «рычагов управления», позволяющей наглядно иллюстрировать явление или поведение объекта в создаваемых условиях. Математическое ядро может быть как простым, так и сложным, но характерной особенностью является упрощённая система управления. Подчёркнём, лаконичность системы управления связана не с особенностями ядра модели, а с методическим аспектом: внимание учащегося должно сосредоточиться на проявлениях актуальной предметной сущности, не рассеиваясь на богатстве возможностей управления. Входы и выходы модели, используемой для демонстрации, как правило, закреплены.

Модельные демонстрации могут быть редуцированы по двум направлениям.

Первое, связанное с сокрытием пульта системы управления, приводит к *динамической иллюстрации*, действие которой разворачивается без участия, только под наблюдением, пользователя. Это не означает, однако, что динамическая иллюстрация — детерминированный объект, равноценный традиционной анимации, поскольку в модельном ядре может происходить генерация значений параметров.

Второе направление редукции модельной демонстрации — упрощение математического ядра вплоть до полного его подавления с точки зрения физической содержательности, когда ядром, по сути, становится логика визуализации. В этом случае модель вырождается в *интерактивную анимацию*.

Локально-исследовательская модель (модельный лабораторный стенд) предоставляет пользователю значительное число степеней свободы и обеспечивает исследование и анализ различных сторон моделируемого явления, особенностей поведения объекта при свободном выборе последовательности воздействий и их интенсивности. С точки зрения структуры этот виртуальный учебный объект обладает развитой системой управления и системой визуализации «с запасом» изобразительных средств (либо моделирующая среда позволяет их пополнять по ходу дела). Входы и выходы могут быть закреплены или переключаются динамичес-

ки. Например, для иллюстрации изменений состояния идеального газа при циклических процессах нужно поочередно фиксировать один из параметров p — V — T , при этом другой служит аргументом, а оставшийся — рассчитываемой функцией. Сам переключатель играет при этом роль дополнительной степени свободы.

Модельный конструктор основан на наборе элементов, позволяющих пользователю собрать на экране, *спроектировать* новую систему, чтобы затем исследовать её. Математическое ядро в этом случае имеет самую сложную, иерархическую организацию. Система управления должна быть развитой, притом желательно, чтобы среда моделирования позволяла пополнять её в ходе работы. Система визуализации, по умолчанию, представлена локальными оболочками отдельных элементов, но обобщённый слой визуализации может создаваться пользователем средствами среды моделирования. В плане гибкости, адаптивности к запросам пользователя конструкторы являются высшей формой организации модельных объектов.

Наконец, выделим особо случай, когда интерактивная модель предоставляет не один, а два и более пультов управления. Такой виртуальный учебный объект может использоваться для проведения *деловой игры*, соревнования.

Итак, для всех разновидностей интерактивных моделей ядрами объектов учебной среды являются математические модели, обычно снабжённые оболочками управления и визуализации. Для удобства использования объекты должны обеспечиваться методическим сопровождением. Поэтому с точки зрения пользователя формула виртуальных учебных объектов как элементов учебного материала имеет следующий вид: интерактивная модель = математическое ядро + системы визуализации и управления + методика использования.

Внутренняя структура модельных объектов процедурного типа

1. Ко второму, более сложному типу исчисляемых объектов в составе ЭСОН относятся элементы

его предметно-процедурной компоненты — *интерактивные задачи* и *интерактивные тренажёры*³. Назовём их модельными объектами *процедурного типа*.

Такие объекты, во-первых, описывают некоторую сущность в пределах предметной области, во-вторых, обеспечивают возможность достижения пользователем поставленной цели путём перемещения объектов, манипуляций с инструментами, графических построений и других действий, а не просто путём выбора ответа или ввода числа (слова); в-третьих, благодаря наличию в своей структуре экспертной системы способны распознавать логику действий пользователя, оценивать правильность решения и, при необходимости, корректировать его.

Интерактивная задача — программная система, предполагающая совершение при выполнении задания выверенной последовательности активных действий, которые обеспечиваются развитым *манипуляционно-графическим интерфейсом*.

Интерактивный тренажёр — программная система, предназначенная для освоения технологических приёмов и отработки навыков, необходимых при решении задач или работе с приборами и оборудованием (включая оценку погрешности измерений, отображение функциональных зависимостей в форме таблиц, графиков, формул и так далее).

Математическая модель входит в структуру процедурного объекта:

- 1) в виде математического ядра, описывающего физическую сущность и обеспечивающего на её основе генерацию задания и получение его решения;
- 2) в виде прилегающего к нему слоя экспертной системы, основанной на математической модели необходимых для решения действий.

Математическое ядро обеспечивает:

- генерацию условия задачи и, как следствие, её многовариантность за счёт случайного или направленного выбора;
- пространственно-временной конфигурации системы;
- состава и свойств её подобъектов;

³ Баяндин Д.В., Медведева Н.Н., Ханнанов Н.К. Интерактивные компьютерные тренажёры в школьном курсе физики // Физика в школе. 2006. № 4.

— состава принимаемых во внимание исходных и искомых параметров;
 — значений характеристик, их модулей и направлений, других свойств;

- определение искомых параметров системы в соответствии с условием задачи (в том числе, решение обратной задачи);
- представление ответа в неявном, модельном виде (расчёт выполняется системой после окончания работы учащегося, например, по нажатию им кнопки «Готово»), так что исключено «подсматривание» ответа;
- вариативность формы представления исходной и получаемой информации (вербальная, численная, в виде функциональной или графической зависимости, стробоскопической картины, чертежа, формулы, системы уравнений, динамической системы — видео, анимации, модельной демонстрации, модельного исследования);
- возможность преобразования информации из одной формы в другую.

Математическая модель, образующая экспертную систему задачи, позволяет:

- строить методически полную систему реакций и подсказок;
- производить просчёт типовых ошибочных действий учащегося, распознавать его логику при неправильных рассуждениях, в соответствии с этим диагностировать и классифицировать ошибки, направлять ход решения;
- формировать динамическую модель знаний, умений и навыков ученика.

Результатом работы экспертных систем отдельных интерактивных задач и тренажёров является информация, которая может служить входной для глобальной экспертной системы, назначение которой — управление процессом обучения в среде (см. ниже).

Манипуляционно-графический интерфейс позволяет подавать на модельное ядро управляющие воздействия и всесторонне визуализирует изучаемый феномен. А также предоставляет возможности операций с фрагментами текста и изображениями объектов: построение отрезков, векторов, ломаных, окружностей, углов, графиков функций, измерение расстояний, углов, то есть всего того, что ученик делает при решении задач в тетради, — при постоянном

контроле этих действий экспертной системой. Это даёт возможность

- ставить задания на установление соответствия между текстовыми или графическими объектами, на составление фраз (определений, формулировок законов) из предложенных фрагментов;
- строить картины действующих на тела сил как на качественном (какие и как направлены), так и на количественном (каковы их величины) уровне, картины электрических и магнитных полей (например, проводить их расчёт на основе принципа суперпозиции);
- строить разнообразные графики зависимостей характеристик от параметров задачи и т. д.

Можно поставить задачу исследования того или иного эффекта на интерактивной модели с представлением результата в виде числа, графика, фразы для оценки экспертной системой.

Слои управления и визуализации трансформируются в случае интерактивной задачи в единую манипуляционно-графическую систему (рис. 3).



Рис. 3. Структура интерактивных задач и тренажёров

Интерактивный тренажёр, в отличие от задачи, — это последовательность тематически связанных, обладающих содержательной преемственностью, шаг за шагом

усложняющихся заданий. Выполняя их, учащийся вынужден последовательно и самостоятельно разбирать ключевые ситуации для некоторого класса задач. Системность рассмотрения вкупе с целенаправленностью и осмысленностью манипуляций графическими и текстовыми объектами обеспечивают усвоение и фиксацию действий и связанных с ними знаний, умений и навыков, в результате чего в сознании учащегося складывается устойчивая и ассоциативно связанная совокупность представлений и операциональных компетенций по изучаемой теме.

Учебная среда должна также содержать блоки текущего и рубежного *контроля*, включающие как простые задания традиционных форм закрытого и открытого типа, так и более сложные задания — с множественными ответами, на установление соответствия и далее вплоть до высокоинтерактивных заданий, предполагающих построение графиков или картин векторов, запись уравнений, компоновку систем объектов.

Экспертная система осуществляет пошаговый контроль правильности действий ученика, генерируя контекстные реакции на ошибки, что обеспечивает формирование индивидуальной траектории обучения. Если система подсказок полна и методически продуманна, она гарантированно даёт реальный обучающий эффект: учащиеся, кто быстрее, кто медленнее, приходят к финишу тренажёра с различным, но ненулевым уровнем освоения учебного материала, со сформированными в определённой мере знаниями, умениями и навыками. При этом для учителя существенно снижаются объёмы рутинной работы — многократных детальных объяснений с контролем освоения каждого элемента.

В состав ЭСОН могут также входить *обучающие сценарии*, представляющие собой синтетическую, комбинированную форму организации учебного материала. Он может содержать теоретические сведения с иллюстрациями, модельный эксперимент демонстрационного или исследовательского характера, блоки отработки умений и навыков, а также работающую в режиме вопрос-ответ экспертную систему, предназначенную для контроля хода обучения и его корректировки. Отличительная осо-

бенность обучающих сценариев в том, что они, как правило, имеют строго обусловленную (возможно, сложную и разветвлённую) внутреннюю сеть маршрутов прохождения учебного материала. В узлах этой сети, своеобразных точках ветвления, в зависимости от успешности выполнения обучаемым тех или иных заданий определяется траектория дальнейшего движения, точнее, шага движения до следующего узла.

Система управления обучением

Для реализации *технологизированной* системы обучения, способной обеспечить относительно автономную работу учащихся, экспертные системы заданий, репетиторов, тренажёров должны фиксировать информацию об успешности прохождения заданий. Эта информация будет обработана интеллектуальным ядром обучающей среды — *глобальной* экспертной системой, которая должна содержать:

- систему ведения с обучаемым диалога, по ходу которого строится модель его знаний по данной дисциплине;
- базовую, достаточно универсальную модель (алгоритм) обучения;
- автоматизированную систему навигации, обеспечивающую генерацию — на основе полученной модели знаний и базовой модели обучения — индивидуализированной образовательной траектории.

Желательно также, чтобы глобальная экспертная система имела развитый интерфейс, предпочтительно самоценный, то есть информативный и облечённый в наглядную графическую форму. Весьма удобным представляется его совмещение с интерфейсом системы навигации.

Таким образом, глобальная экспертная система должна:

- а) по ответам учащегося (правильным и неправильным) определять, какие знания, умения и навыки не сформированы в должной мере, то есть уметь *измерять знания*;
- б) кратко, но корректно и наглядно объяснять при необходимости материал;
- в) быть способной направленно задавать новый вопрос, генерировать очередное задание, то есть направлять работу учащегося в среде.

При наличии такой системы возможно создание дополнительной мотивации обучения — игровой (повторить, догнать, преодолеть помехи), проблемной или иного рода. Всё перечисленное помогает формированию некоторой — в идеале оптимальной для данного учащегося — траектории движения в среде обучения. *Глобальная экспертная система* решает задачу управления обучением со стороны компьютерной среды.

В настоящее время такие мощные экспертные системы создаются для узкопрофильных задач, например, при разработке тренажёров-имитаторов, ориентированных на персонал производственно-технологических установок. Для учебных дисциплин в их традиционном понимании глобальные экспертные системы, вероятно, будут созданы в перспективе на основе технологий искусственного интеллекта. С их развитием станут реальностью полноценные *программно-технологические* (то есть не требующие постоянного вмешательства педагога) средства обучения. Пока же в существующих *ЭСОН* глобальная экспертная система заменяется методическими рекомендациями, встроенными в программный продукт или (и) изложенными в виде прилагающейся к нему брошюры. Таким образом, практически все современные *ЭСОН* используются в качестве *программно-методических* средств, предоставляющих возможность выбора маршрута пользователю (учащемуся или учителю), с опорой на оглавления, каталоги и навигаторы системы. Управление учебным процессом в этом случае обычно осуществляется учителем, отслеживающим ход обучения либо традиционно визуально, либо с помощью создаваемых программным средством журналов работы, которые показывают, какой материал «пройден» и насколько успешно.

Результаты работы экспертных систем и содержание файлов журналов пользователя являются исходными данными для систем мониторинга.

Ожидаемые результаты использования моделирующих систем

С позиций использования *ЭСОН* как средства усиления деятельностной компоненты процесса учения и его индивидуализации,

основным типом учебных объектов являются *интерактивные задачи и интерактивные тренажёры*, назначение которых — формирование знаний, умений и навыков. Компьютерная система регламентирует на этапе тренажа необходимые шаги (даёт ориентировочную основу действий), позволяет последовательно рассмотреть ключевые ситуации, пройдя их с постепенным повышением сложности заданий, оценивает правильность действий в изменённых и нестандартных ситуациях, обеспечивает при необходимости возможность возврата к типовым ситуациям, реализуя цикличность процесса учения, осуществляет детальный контроль, проводит статистическую обработку результатов и отслеживает динамику развития учащихся.

Тренажёрно-контролирующую часть в учебной среде предваряет *иллюстративно-демонстрационный ряд* (видео, анимации, интерактивные модели, а также максимально структурированный и лаконичный статический ряд, например, в виде опорного конспекта). Интерактивный визуальный ряд не только обеспечивает новое качество наглядности, но и позволяет контролировать уровень уяснения, осмысления и усвоения предъявляемых материалов, адекватность этих процессов. Для этого изложение теории должно быть насыщено несложными, но контекстно привязанными заданиями, требующими активного восприятия, анализа и обобщения учебной информации. Ошибки в ответах являются поводом к повторному прохождению материала, его дополнительному осмыслению.

Интерактивные модели не демонстрационного, а локально-исследовательского характера (модельные лабораторные стенды) и *модельные конструкторы* не просто продолжают иллюстративно-демонстрационный ряд, но способствуют развитию мышления, самостоятельности, навыков исследования, формированию модельного знания. При работе с моделями — как дополнению к лабораторному практикуму — учащиеся осуществляют в режиме диалога такие формы деятельности как наблюдение, сопоставление, обобщение, выбор, анализ результатов, поиск условий для реализации поставленной задачи, конструирование ситуаций и систем. Это особенно полезно и важно для самостоятельных,

инициативных учащихся, которым работа с тренажёрами представляется полезной, но рутинной. В то же время для слабых, неподготовленных учащихся работа с моделями обычно малопонятна и сложна, поэтому при проведении модельного практикума необходимы значительные усилия учителя по организации эффективной работы учащихся, желательно в аудиторном варианте.

Использование ЭСОН с описанными свойствами даёт возможность индивидуализировано и автоматически определять целесообразный объём занятий учащихся: каждый должен усвоить основной материал ценной, соответствующей его способностям и исходному уровню подготовки, благодаря прохождению индивидуальной траектории обучения. При этом если в процессе учения обеспечен непрерывный рост уровня сложности (то есть сложность нарастает последовательно и постепенно), то даже относительно большой объём работы воспринимается учащимся легче и усваивается быстрее и надёжнее, чем при выполнении немногих разрозненных заданий, содержание которых не складывается в голове обучаемого в систему.

Наибольшие перспективы, по нашему мнению, имеют разработки, основанные не на методах прямого программирования, а на использовании педагогических инструментальных средств. Инструментальность технологии позволяет педагогу организовать среду сообразно особенностям его деятельности и его предметного мира. Образуется *активная компьютерная среда*, то есть среда, способная адекватно интерпретировать и диагностировать действия пользователя; обеспечивать управление моделями, проведение расчётов и наглядное отображение их результатов; реагировать на действия пользователя, обеспечивать обратную связь, управлять процессом обучения.

В системе компьютерной поддержки предметного обучения, построенной на основе активной среды, реализуются:

- деятельностный подход, формирование не только знаний, но и умений и навыков решения задач дисциплины — на основе высокой степени интерактивности;
- наглядность представления реальных объектов (явлений) и абстрактных понятий,

визуализация мысли — на основе мультимедийности, модельности описания;

- вариативность представления материала, гибкость системы, открытость для модификаций не только разработчиком, но и пользователем (учителем, учащимся) — на основе модельного и инструментального подхода;
- развитие самостоятельности учащихся, формирование умений создавать новое знание и навыков принимать решения, что является важным шагом в решении задачи «научить учиться» — на основе модельного подхода;
- личностно-ориентированный подход, индивидуализация обучения — на основе модели обучения и модели знаний, формируемых глобальной экспертной системой. □