

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

А.В. СОЛОВОВ, А.А. МЕНЬШИКОВА, Л.С. КЛЕНТАК

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Рекомендовано Минобрнауки РФ в качестве учебного пособия
для слушателей факультетов повышения квалификации преподавателей
на основании экспертизы уполномоченного вуза ФГБОУ ВПО «МАИ»

САМАРА
Издательство СГАУ
2013

УДК 004.9
ББК 32.97
С 60

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. С. А. П и я в с к и й;
д-р техн. наук, проф. Н. И. Л а п т е в

С 60 **Соловов А. В.**
**Методические основы проектирования электронных образова-
тельных ресурсов:** учеб. пособие / *А.В. Соловов, А.А. Меньшикова,
Л.С. Клентак.* – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013. –
180 с.: ил.

ISBN 978-5-7883-0931-6

Рассматриваются методики дидактического проектирования различных видов электронных образовательных ресурсов: учебных мультимедиа комплексов, электронных учебников, интеллектуальных тренажеров и виртуальных учебных лабораторий.

Пособие подготовлено на кафедре общей информатики и в Центре новых информационных технологий (ЦНИТ) СГАУ для факультета повышения квалификации преподавателей. Может быть полезно магистрантам и аспирантам, изучающим дисциплины, связанные с применением информационных и коммуникационных технологий в образовании.

УДК 004.9
ББК 32.97

ISBN 978-5-7883-0931-6

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2013

Впечатляющий прогресс в развитии аппаратных и программных средств технологий электронного обучения (ЭО) предоставляет хорошие технические возможности для реализации различных дидактических идей. Однако как показывает анализ отечественных и зарубежных компьютерных систем учебного назначения, ряд из них по своим дидактическим характеристикам нельзя назвать даже удовлетворительными. Дело в том, что уровень качества "мягкого" продукта учебного назначения закладывается на этапе его проектирования при подготовке учебного материала для электронных мультимедийных учебников, при создании сценариев учебной работы с компьютерными системами моделирующего типа, при разработке систем компьютерного тренинга и тестирования и т.п.

К сожалению, методические аспекты ЭО отстают от развития технических средств. Да это и неудивительно, поскольку в методическом плане ЭО интегрирует знания таких разнородных наук, как психология, педагогика, математика, кибернетика, информатика. Разработка средств ЭО для поддержки профессионального образования осложняется еще и необходимостью хорошо знать содержание предметной области и учитывать присущую ей специфику обучения. Именно отставание в разработке методологических проблем, "нетехнологичность" имеющихся методик являются одними из основных причин разрыва между потенциальными и реальными возможностями ЭО.

В данном пособии рассматриваются методики дидактического проектирования различных видов электронных образовательных ресурсов (ЭОР). Пособие состоит из трех разделов: 1) проектирование учебных мультимедиа комплексов; 2) методические основы электронных учебников; 3) интеллектуальные тренажеры и виртуальные учебные лаборатории. Каждый раздел содержит теоретическую часть, вопросы для самоконтроля знаний и задание на проектную работу.

В основу пособия положены теоретические основы, технология и примеры ЭОР системы КАДИС (системы Комплексов Автоматизированных Дидактических Средств), разработанной и развиваемой в Центре новых информационных технологий (ЦНИТ) СГАУ.

1.1. Классификация электронных обучающих средств

Некоторые исходные предпосылки. Рост интереса к сущности знания в условиях информатизации общества привел к выявлению его неоднородности. В ходе исследований по проблемам методологии науки было предложено различать явные и неявные знания. В дальнейшем в связи с активизацией исследований проблем искусственного интеллекта, в частности экспертных систем, эти вариации знания были названы артикулируемыми и неартикулируемыми.

Артикулируемая часть знания относительно легко поддается превращению в информацию, которая является удобным средством передачи знаний от учителя к ученику. Неартикулируемая часть знания представляет собой тот неосознаваемый, но очень важный личностный компонент знания, который принято называть опытом, интуицией и т.п. Эта часть знания охватывает умения, навыки, интуитивные образы и другие формы личностного опыта, которые не могут быть переданы непосредственно от учителя к ученику. Они могут быть "добыты" учеником лишь в ходе самостоятельной учебной деятельности по решению практических задач.

В исследованиях проблематики искусственного интеллекта выделяют два больших класса компьютерных систем – системы декларативного и процедурного типов. Следуя этой классификации, будем называть электронные средства обучения для поддержки процесса освоения артикулируемой части знания декларативными. К их числу могут быть отнесены системы, позволяющие накапливать, хранить и передавать информацию учебного назначения с помощью детерминированных, заранее подготовленных алгоритмов обучения.

Электронные системы для поддержки процесса освоения неартикулируемой части знания будем называть процедурными. Эти систе-

мы не содержат овеществленное знание в виде информации. Они построены на основе математических моделей, которые позволяют учащимся получать (добывать) знания о свойствах изучаемых объектов или процессов.

Не следует отождествлять понятие артикулируемой и неартикулируемой частей знания с понятием соответственно формализованных и неформализованных знаний. Нередко и неформализованные знания можно представить в овеществленном виде, например, в виде описания эвристических правил, и передать их ученику с помощью систем декларативного типа.

Необходимо отметить также, что разделение знания на две части, артикулируемую и неартикулируемую, весьма условно. Знание по своей сути неделимо. В диалогах Платона Сократ говорит Федру: "Глуп и тот, кто надеется запечатлеть в письменах свое знание, и тот, кто потом вознамерится извлечь его оттуда нетронутым и годным к употреблению". Поэтому правильнее говорить о тех или иных аспектах знания как неделимого целого. В определенной мере можно считать условным и деление компьютерных систем поддержки процесса обучения на декларативные и процедурные. Можно говорить лишь о более высокой степени детерминированности знаний и процессов их изучения в одних системах и неопределенности знаний и свободы процесса их освоения – в других.

Классификация по этапам познавательной деятельности

В качестве еще одного из оснований классификации электронных обучающих средств будем использовать следующую рубрикацию этапов познавательной учебной деятельности:

- 1) восприятие;
- 2) осмысление и фиксация знаний;
- 3) формирование личностного опыта (умений, навыков, профессионально-ориентированной интуиции);
- 4) проектно-исследовательская, поисковая учебная деятельность.

В соответствии с этими этапами электронные обучающие средства можно классифицировать на четыре основных группы.

Первая группа включает средства декларативного типа – печатные материалы (точнее их электронные копии), аудио- и видеокассеты. Печатные издания обычно содержат теоретические материалы по теме в виде учебного текста и графических иллюстраций к нему, рекомендации для преподавателей и учащихся, сборники задач для других видов электронных систем обучения. На аудио- и видеокассетах размещают записи лекций. Сюда же можно отнести и электронные иллюстрации обычных, традиционных лекций, подготовленные, например, с помощью PowerPoint и т.п. Дидактический потенциал этих видов электронной поддержки обучения – первоначальное знакомство с учебным материалом (его восприятие).

Вторую группу также отнесем к средствам декларативного типа. Это электронные учебники, виртуальные учебные кабинеты и тестовые компьютерные системы, основные дидактические функции которых – осмысление, закрепление и контроль знаний.

Примечания:

1. Под термином "Электронный учебник" (ЭУ) будем здесь понимать программно-информационную систему, предназначенную для самостоятельной, прежде всего теоретической, подготовки с помощью компьютера и содержащую структурированную учебную мультимедиа информацию, упражнения для ее усвоения, тесты для самоконтроля и интерактивные компьютерные программы, реализующие сценарии учебной деятельности по восприятию, осмыслению и закреплению знаний. Таким образом, электронный учебник содержит не только информационную часть, но и программные средства, позволяющие проводить самоконтроль знаний и интерактивный компьютерный тренинг по сценариям, заданным разработчиками ЭУ.

2. Учебные виртуальные кабинеты сходны по подготовке и работе с ними с электронными учебниками. Но они выделены в отдельный вид учебного электронного ресурса, поскольку их содержательными прототипами являются не первоисточники на бумаге, а натурные экспонаты реальных учебных кабинетов. Это могут быть технические, археологические, медицинские, биологические и др. вида объекты, собранные и препарированные соответствующим образом для их изучения. Такие кабинеты имеют большое значение в профессиональной подготовке.

В третью группу электронных обучающих средств могут входить виртуальные тренажеры, виртуальные учебные лаборатории и

другие подобные компьютерные системы, отличительными особенностями которых являются математические модели изучаемых объектов или процессов и дидактический интерфейс, поддерживающий учащихся при решении специально подобранных учебных задач в режиме управляемого детерминированного исследования. Основное дидактическое назначение этих средств поддержки обучения – формирование и развитие неартикулируемой части знаний (профессионально-ориентированных умений, навыков, интуиции), исследование свойств изучаемых объектов или процессов.

Четвертую группу составляют компьютерные системы автоматизации профессиональной деятельности или их учебные аналоги: пакеты прикладных программ, CALS-системы и т.п. Они могут использоваться учащимися для решения различных задач по изучаемой теме, возникающих, например, в ходе курсового или дипломного проектирования. Процесс учебной работы проходит при этом в режиме свободного исследования и близок по своему характеру к профессиональной деятельности специалиста.

Примечание. CALS-системы (Continuous Acquisition and Life Cycle Support) обеспечивают непрерывную информационную поддержку продукции на всех стадиях жизненного цикла – проектирования, производства, эксплуатации, реализации, утилизации. В России используется и русскоязычный термин – ИПИ (Информационная Поддержка Изделий). В состав CALS-систем входят системы автоматизированного проектирования и производства, автоматизации инженерных расчетов, документооборота (CAD/CAM/CAE/PDM системы) и т.п.

К четвертой группе можно отнести и электронные средства автоматизации общего назначения: текстовые и графические редакторы, электронные таблицы, программы электронной почты, web-браузеры и т.п.

Психолого-педагогическая модель учебного мультимедиа комплекса. Наиболее эффективным в дидактическом плане является объединение рассмотренных групп электронных обучающих средств в единый учебный мультимедиа комплекс (УМК) (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Психолого-педагогическая модель УМК

Рациональная, дидактически обоснованная последовательность обучения предполагает следующий порядок учебной работы с такими комплексами:

- 1) первоначальное знакомство с теорией с помощью печатных материалов, аудио- и видеозаписей;
- 2) осмысление и закрепление теории с помощью ЭУ, виртуальных учебных кабинетов, контроль знаний по теории с помощью систем компьютерного тестирования;
- 3) формирование и развитие практических умений, профессионально-ориентированной интуиции на тренажерах, проведение учебных исследований в виртуальных лабораториях;
- 4) решение профессионально-ориентированных учебных задач по тематике УМК в курсовом и дипломном проектировании с помощью электронных компонентов УМК четвертой группы.

Таким образом, различным электронным компонентам УМК определена своя дидактическая ниша в соответствии с их возможностями.

Анализируя рассмотренные группы электронных обучающих средств с позиции одного из важнейших, особенно для систем электронного обучения, дидактических принципов — принципа активности и самостоятельности учащихся, можно выделить ряд следующих интерактивных элементов:

- в первой группе – это самостоятельный выбор учащимися учебного материала;
- во второй группе – выбор учебного материала и режимов учебной работы, ответы на вопросы и выполнение упражнений, управление иллюстрациями (flash, vml), видеоклипами и т.п.;
- в третьей группе – выбор заданий из сборника, выбор алгоритмов или виртуальных приборов, настройка их параметров, генерация эвристических решений и их экспериментальная проверка, анализ результатов и корректировка решений и т.п.;
- в четвертой группе – формулировка задач и планирование этапов их решения, построение математических моделей, выбор и настройка алгоритмов, анализ результатов, корректировка математических моделей, переформулировка исходных условий и формулировок задач и т.п.

Таким образом, роль и дидактическая значимость интерактивных элементов возрастают от первой группы к четвертой как в количественном, так и в качественном отношении. При этом реализуются и другие основополагающие дидактические принципы:

- доступность;
- систематичность и последовательность;
- преемственность;
- связь теории с практикой;
- профессиональная направленность обучения.

1.2. Таксономия показателей дидактического проектирования

Любое проектирование начинают с формулировки цели. Поэтому начнем с показателей, определяющих дидактические цели при проектировании УМК и их отдельных компонентов.

Заметим, что в первых версиях международных спецификаций электронного обучения ADL SCORM (SCORM-2) целевые дидактические показатели не рассматривались. Это очевидное упущение сразу же проявилось при внедрении SCORM-2 в практику разработки электронных образовательных ресурсов, и в дальнейшем в новых версиях этих спецификаций (SCORM-4) появились дополнения, связанные с целеполаганием, основанным на таксономии Блума. Бенджамин Блум (Benjamin Bloom), когнитивный психолог, описал схему когнитивных целей, которые развиваются от самого низшего уровня когнитивного функционирования (иногда называемого рядовым мышлением) к наивысшему (иногда называемому мышлением высшего порядка). С его теорией можно познакомиться, в частности, в книге Кэти Кэмпбелл «Создание материалов для учебных электронных курсов» (Effective Writing for e-Learning Solution), выдержки из которой опубликованы в журнале Elearning World, 2006, № 4.

Ниже используется система целевых дидактических показателей, предложенная В.П. Беспалько. Она менее детальна и более алгоритмична, чем таксономия Блума, и в большей степени подходит к электронному обучению. К тому же таксономия В.П. Беспалько более известна и распространена в России, чем таксономия Блума (рис. 1.2).

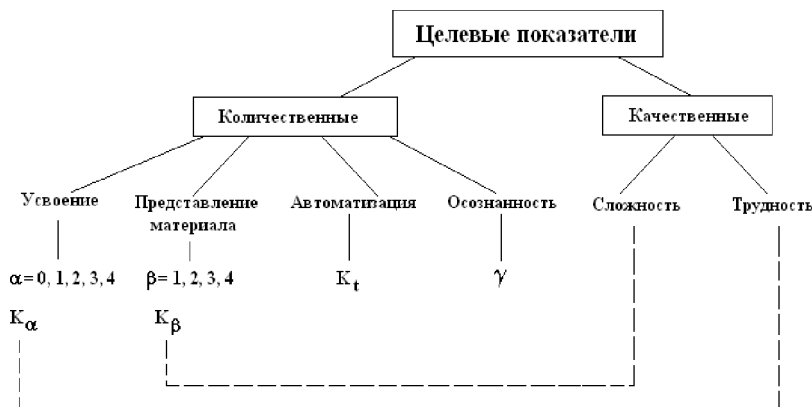


Рис. 1.2. Целевые показатели

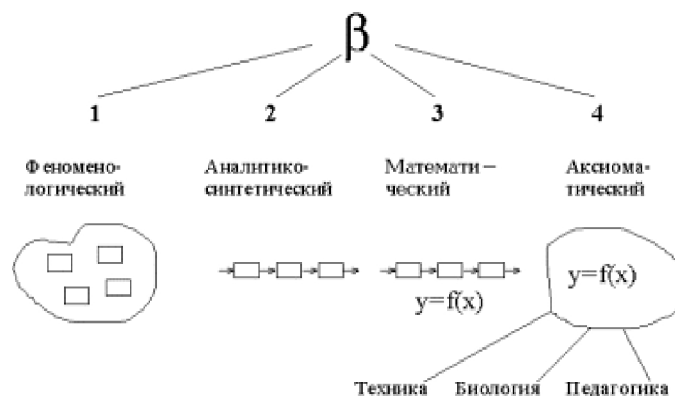


Рис. 1.3. Показатели уровня представления учебного материала

Уровень изложения. Различают четыре формы представления (изложения) учебного материала, которые соответствуют различным ступеням абстракции в описании (рис. 1.3).

Феноменологическая (описательная) ступень, на которой с использованием обычного естественного языка лишь описывают, констатируют факты, явления, процессы. Иногда дают их классификацию.

Аналитико-синтетическое описание (ступень качественных теорий), в котором на естественно-логическом языке излагают теорию частных явлений, что создает предпосылки для предсказания исходов явлений и процессов на качественном уровне.

Математическое описание (ступень количественных теорий), в котором на математическом языке излагают теорию частных явлений. Применение математических моделей создает при этом возможность для прогнозирования исходов явлений и процессов на количественном уровне.

Аксиоматическое описание, в котором формулируют законы, обладающие междисциплинарной общностью. Примеры таких описаний можно встретить в кибернетике, философии, теории систем. Принято обозначать уровень представления (иногда его называют уровнем научности) коэффициентом β . Он может принимать значения $\beta = 1, 2, 3, 4$ (см. рис. 1.3).

Уровень усвоения. Эти показатели классифицируют глубину проникновения и качество владения учащимся учебным материалом. Такая классификация позволяет четко формулировать дидактические цели при проектировании учебного комплекса и на их основе определять его состав. Дело в том, что часть элементов знания учащийся должен уметь применять при решении задач (для этого необходимы тренажеры, учебные ППП), а с какими-то элементами ему достаточно лишь познакомиться (для этого достаточно учебного пособия и электронного учебника).

Различают пять уровней усвоения учебного материала (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Показатели уровня усвоения учебного материала

«Нулевой» уровень (Понимание) – это такой уровень, при котором учащийся способен понимать, т.е. осмысленно воспринимать новую для него информацию. Строго говоря, этот уровень нельзя называть уровнем усвоения учебного материала по изучаемой теме. Фактически речь идет о предшествующей подготовке учащегося, которая дает ему возможность понимать новый для него учебный материал. Условно деятельность учащегося на «нулевом» уровне называют *Пониманием*.

Первый уровень (Опознавание) – это узнавание изучаемых объектов и процессов при повторном восприятии ранее усвоенной информации о них или действий с ними, например, выделение изучаемого

объекта из ряда предъявленных различных объектов. Условно деятельность первого уровня называют *Опознанием*, а знания, лежащие в ее основе, – *Знания-знакомства*.

Второй уровень (Воспроизведение) – это воспроизведение усвоенных ранее знаний от буквальной копии до применения в типовых ситуациях. Примеры: воспроизведение информации по памяти; решение типовых задач (по усвоенному ранее образцу). Деятельность второго уровня условно называют *Воспроизведением*, а знания, лежащие в ее основе, – *Знания-копии*.

Третий уровень (Применение) – это такой уровень усвоения информации, при котором учащийся способен самостоятельно воспроизводить и преобразовывать усвоенную информацию для обсуждения известных объектов и применения ее в разнообразных нетиповых (реальных) ситуациях. При этом учащийся способен генерировать субъективно новую (новую для него) информацию об изучаемых объектах и действиях с ними. Примеры: решение нетиповых задач, выбор подходящего алгоритма из набора ранее изученных алгоритмов для решения конкретной задачи. Деятельность третьего уровня условно называют *Применением*, а знания, лежащие в ее основе, – *Знания-умения*.

Четвертый уровень (Творческая деятельность) – это такой уровень владения учебным материалом темы, при котором учащийся способен создавать объективно новую информацию (ранее не известную никому).

Принято обозначать уровень усвоения учебного материала коэффициентом α . Он может принимать значения $\alpha = 0, 1, 2, 3, 4$ в соответствии с нумерацией уровней, приведенной выше.

Измерения в тестах. Для измерения степени владения учебным материалом на каждом уровне усвоения можно использовать коэффициент

$$K_{\alpha} = P1/P2,$$

где $P1$ – количество правильно выполненных существенных операций в процессе тестирования;

$P2$ – суммарное (общее) количество существенных операций в тесте или батарее тестов.

Под существенными понимают те операции, которые выполняются на проверяемом уровне. Операции, принадлежащие к более низкому уровню, в число существенных не входят.

При $K_{\alpha} < 0,7$ следует продолжать обучение (управлять процессом учения).

При $K_{\alpha} > 0,7$ наступает период самоорганизации, и процесс учения может быть свободным (неуправляемым), см. также ориентиры для оценок на рис. 1.5.

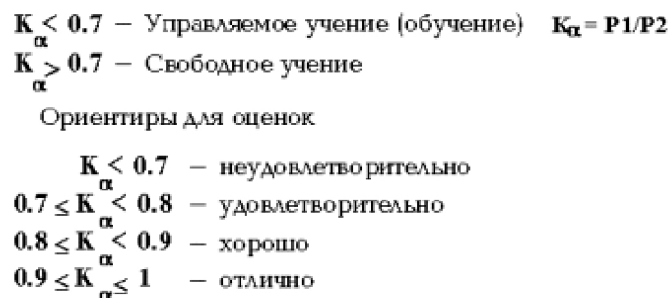


Рис. 1.5. Ориентиры для оценок

Степень автоматизации. Этот показатель характеризует умения как навыки в овладении осваиваемыми способами деятельности, что иногда требуется в процессе обучения. Можно измерять степень автоматизации усвоения коэффициентом

$$Kt = t1/t2,$$

где $t1$ - время выполнения теста учащимся; $t2$ - время выполнения теста профессионалом.

Осознанность. Осознанность как показатель качества усвоения учебной деятельности всегда высоко ценилась преподавателями. Под осознанностью обычно понимают умение обосновать выбор способа действия и его план - ориентировочную основу деятельности.

Различают три степени осознанности $\gamma = 1, 2, 3$.

$\gamma = 1$. Учащийся обосновывает свой выбор, опираясь на информацию изучаемой дисциплины.

$\gamma = 2$. Учащийся обосновывает свой выбор, опираясь на информацию не только изучаемой, но и какой-либо смежной дисциплины.

$\gamma = 3$. Учащийся обосновывает свой выбор с привлечением информации из различных дисциплин с широким использованием междисциплинарных связей.

Сложность. Это понятие относительное. Оно связано с уровнем представления учебного материала β . Если учащийся владеет аппаратом изложения материала на данном уровне (например, логикой – на 2-м уровне, математическим аппаратом – на 3-м), то изложение материала ему не кажется сложным, и наоборот. Так, человек с гуманитарной подготовкой, не владеющий математическим аппаратом, какой бы он ни был «сообразительный», не поймет изложение технической науки на 3-м уровне. Известный дидактический принцип от «простого к сложному» означает движение в ходе обучения от низшего уровня ($\beta = 1, 2$) к высшему ($\beta = 3, 4$).

Трудность. Это также понятие относительное. Оно связано с уровнями усвоения учебного материала. Чем выше уровень усвоения, тем выше трудность. При этом важна также преемственность в усвоении. Если учащийся владеет материалом на первом уровне, то переход к усвоению на втором уровне ему труден, но доступен. Если же ставится задача сразу перейти от первого уровня усвоения к третьему, например, после прочтения учебного пособия – к решению нетиповых задач, то это более высокая степень трудности, которая может оказаться недоступной.

В процессе обучения в зависимости от выбранного целевого показателя по α необходимо сначала организовать учебную деятельность на уровне $\alpha = 1$, затем $\alpha = 2$ и т.д. (рис. 1.6). Именно поэтому в УМК предусмотрена следующая последовательность применения различных компонентов учебных комплексов: учебное пособие ($\alpha = 1$), электронный учебник ($\alpha = 1-2$), тренажеры и виртуальные лаборатории ($\alpha = 2-3$), ППП ($\alpha = 3-4$) (см. рис. 1.6).

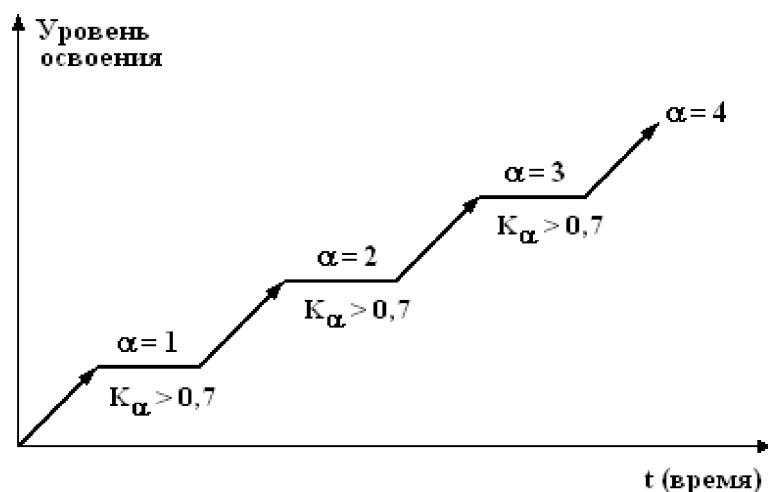


Рис. 1.6. Рациональная последовательность обучения

Одной из распространенных педагогических ошибок является ситуация, когда на экзамене «требовательный» преподаватель хочет, чтобы студенты решали нетиповые задачи лишь по материалам лекционных занятий, не организовав предварительно процесс обучения не только на третьем, но и на втором и первом уровнях усвоения. Хотя известно, что потенциал лекции вовсе не гарантирует усвоения учебного материала даже на первом уровне.

1.3. Модель содержания УМК

Предварительные замечания. Проектирование УМК или любого другого электронного образовательного ресурса начинают со структурирования учебного материала, планируемого для изучения. Основой международных унифицированных процедур структуризации учебных материалов в электронном обучении ныне являются спецификации SCORM (The Sharable Content Object Reference Model). Одна из базовых идей SCORM – это составление электронных образовательных ресурсов из блоков учебного материала, называемых совместно используемыми объектами содержания (Sharable Content Objects - SCOs). К таким объектам могут быть отнесены локальные в смысловом плане фрагменты текста, графические иллюст-

рации, компьютерные программы, видеоклипы, какие-либо другие типовые элементы гипермедиа или их комбинации. SCORM не накладывает ограничений на размер SCO и контактное учебное время работы с ними. Вместе с тем предполагается, что объект представляет относительно небольшую часть содержания изучаемого учебного материала. Разработчик содержания должен определять размер SCO, основываясь, во-первых, на объеме информации, необходимом для достижения учебного результата, и, во-вторых, на степени многократного совместного использования, которую разработчик хочет получить.

Различные SCO размещают в сетевых депозитариях (корпоративных или глобальных), что обеспечивает доступ к ним пользователям этих сетей. Разработчики учебных материалов, используя метаданные об SCO, отыскивают подходящие объекты и komponуют из различных SCO их агрегации в виде электронных учебных пособий, компьютерных курсов и т.п., причем выбранные SCO можно не копировать, а указывать лишь адреса (URL).

Собранная агрегация размещается в какой-либо системе управления обучением (Learning Management System - LMS), поддерживающей спецификации SCORM, причем любая такая LMS может запускать и выполнять SCO независимо от технологической платформы, на которой были созданы эти учебные объекты.

Однако спецификации SCORM (www.adlnet.org) не содержат конкретных методик и моделей структуризации, что затрудняет их практическое применение. Российская школа дидактики электронного обучения имеет опережающий опыт исследований в сфере структуризации учебных материалов. Рассматриваемая ниже методика структуризации учебных материалов адекватна базовым концепциям SCORM, дополняет их в плане целеполагания SCO, предлагает конкретные дидактически и математически обоснованные модели структуризации.

Построение модели содержания. На начальном этапе построения модели содержания планируемый для изучения учебный материал разбивают на отдельные учебные элементы (УЭ). Под УЭ пони-

мают объекты, явления, понятия, методы деятельности, отобранные из соответствующей науки и внесенные в программу учебной дисциплины или раздела учебной дисциплины для их изучения.

Совокупность УЭ объединяют в структурной схеме, называемой графом содержания. Будем представлять граф содержания (ГС) в виде ориентированного графа (орграфа) древовидной структуры $D=(V, Y)$, где V – конечное множество n вершин (множество УЭ), а Y – конечное множество m ориентированных ребер орграфа (иерархических связей между УЭ).

В качестве иллюстрации сказанного здесь и далее будем рассматривать небольшой фрагмент модели содержания учебного материала по теории ориентированных графов (рис. 1.7).

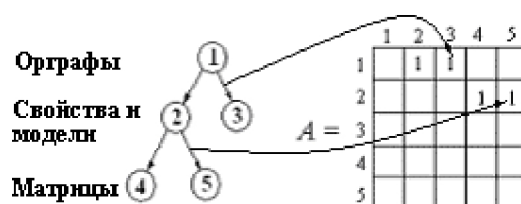


Рис. 1.7. Пример ГС и его матрицы смежности для фрагмента теории орграфов

При построении ГС соблюдают следующие правила:

- 1) ГС имеет вид перевернутого дерева с одной корневой вершиной – одним УЭ, соответствующим названию структурируемой темы;
- 2) связь (ориентация ребер) осуществляется только в направлении от корня (сверху – вниз);
- 3) отсутствуют отдельные (висячие) вершины, к которым нет связи (дуги) от вышестоящих УЭ, кроме корня;
- 4) к нижестоящему по иерархии УЭ может подходить только одна дуга от вышестоящих УЭ;
- 5) вышестоящие УЭ должны быть связаны не менее чем с двумя нижестоящими УЭ, в противном случае нижестоящий УЭ включается в вышестоящий УЭ;
- 6) группировка УЭ на одном уровне осуществляется по какому-либо общему признаку (общему основанию);

7) нумерация вершин (УЭ) ГС начинается с корня и продолжается последовательно по уровням группировки УЭ сверху вниз и слева направо. Иногда удобно нумеровать вершины ГС аналогично оглавлению печатных материалов. Тогда корневой вершине ГС присваивают номер 0, вершинам первого уровня – 1,2,3, ..., вершинам второго уровня – 1.1,1.2,1.3,...2.1,2.2,2.3... и т.д.

Будем также считать, что содержание нижестоящих УЭ не является простой декомпозицией (дроблением) содержания связанного с ними вышестоящего УЭ (в частности, содержание нижестоящих УЭ может детализировать, раскрывать отдельные компоненты содержания связанного с ними вышестоящего УЭ) и, наоборот, содержание вышестоящего УЭ хотя и интегрирует содержание связанных с ним нижестоящих УЭ, но не является их простым объединением.

Математической моделью ГС является его матрица смежности A (см. рис. 1.7). При ее заполнении строки и столбцы матрицы ставят в соответствие номерам УЭ, которые располагают слева и сверху матрицы. Ячейки этой матрицы могут содержать нули или единицы. Ноль означает, что между УЭ, указанным в номере строки, и УЭ, указанным в номере столбца, нет иерархической связи (нет ребра в ГС). При этом нули, как правило, не ставят, поскольку матрица смежности ГС обычно является слабо заполненной. Единицу в ячейку матрицы ставят, когда имеется иерархическая связь между УЭ. Например, единицы в ячейках 1-3 и 2-5 указывают наличие соответствующих ребер в ГС между УЭ 1 и УЭ 3, между УЭ 2 и УЭ 5 (см. рис. 1.7).

Параллельно с построением ГС составляют спецификацию (таблицу) УЭ, в которую вносят наименования УЭ. Можно рекомендовать следующую технологию практической работы. Берут два листа бумаги. На одном листе строят граф (сверху - вниз), на другом – последовательно вписывают строки спецификации УЭ (табл. 1.1). Аналогом этого процесса является составление оглавления учебного пособия, когда его содержание предварительно дробят на главы, параграфы и т.д. Однако при построении графа содержания учебного материала, в отличие от составления оглавления, нет нужды заботиться о последовательности изложения УЭ. Важно отобразить лишь иерархическую структуру учебного материала.

После структурирования и отбора содержания учебного материала для каждого УЭ формулируют требования по уровню усвоения α ($\alpha \in 0,1,2,3,4$), уровню представления β ($\beta \in 1,2,3,4$) и уровню осознанности γ ($\gamma \in 1,2,3$) учебного материала, которые включают в спецификацию УЭ. При этом по каждому показателю заполняют одну или две колонки таблицы УЭ (см. табл. 1.1). В первой колонке, не всегда включаемой в спецификацию, указывают "стартовую" величину показателя (предполагаемый уровень до обучения), во второй колонке, обязательной для включения в спецификацию, – "финишную" величину показателя (требуемый уровень после обучения). Учебный элемент вносят в таблицу и, следовательно, планируют его изучение лишь тогда, когда необходимо повысить хотя бы один из показателей. Таким образом, устанавливают четкую преемственность и взаимосвязь различных учебных дисциплин или отдельных тем в одной учебной дисциплине.

Таблица 1.1. Пример спецификации УЭ, соответствующей ГС на рис. 1.7

№ УЭ	Наименование УЭ	Изложение		Усвоение		Осознанность	
		$\beta_{\text{нач}}$	$\beta_{\text{кон}}$	$\alpha_{\text{нач}}$	$\alpha_{\text{кон}}$	$\gamma_{\text{нач}}$	$\gamma_{\text{кон}}$
1	Ориентированные графы	1	3	1	2	1	2
2	Орграфы и матрицы	-	3	0	2	-	2
3	Связность	-	3	0	1	-	2
4	Матрица смежности	1	3	1	2	1	2
5	Матрица расстояний	-	3	0	1	-	2

В приведенном примере (см. табл. 1.1) для показателей α , β , γ указан примерный уровень знаний студентов технического вуза, изучающих курс дискретной математики.

Совокупность графа содержания и спецификации учебных элементов будем называть *моделью содержания* учебного материала УМК или просто моделью содержания УМК.

Некоторые свойства ГС

Свойство 1. Число дуг ГС на единицу меньше числа его вершин, т.е. $m = n - 1$, при этом $n \geq 1$ и $n \neq 2$.

Свойство 2. Столбцы матрицы смежности вершин ГС $A=(a_{ij})$ содержат только одну единицу за исключением столбца, соответствующего корневой вершине, который содержит только нули. Это свойство определяется тем, что в соответствии с правилами построения 3-4 ГС в любую вершину ГС, кроме корня, есть только одна входящая дуга (см. рис. 1.7).

Свойство 3. Все пути в ГС являются простыми (без повторяющихся вершин).

Свойство 4. Для ГС с матрицей смежности $A=(a_{ij})$ элемент $\alpha_{ij}^{(t)}$ в матрице A^t , где t – степень, может быть равен 0 или 1, причем единица определяет наличие единственного простого (без повторяющихся вершин) пути длиной t из вершины v_i в вершину v_j (рис. 1.8).

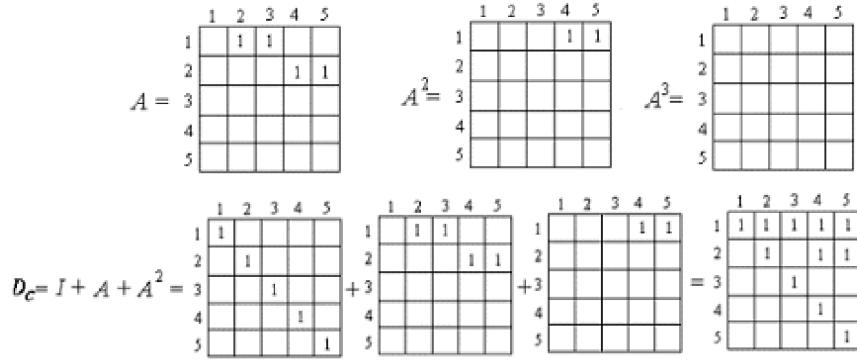


Рис. 1.8. Примеры матриц, иллюстрирующих свойства ГС

Свойство 5. Любая вершина ГС достижима из его корня, причем к каждой вершине существует единственный и простой путь из корня. Заметим, что любая вершина считается путем, поэтому корневая вершина достижима сама для себя.

Свойство 6. Матрица достижимости ГС D_c определяется через его матрицу смежности A по формуле

$$D_c = I + A + A^2 + \dots + A^{(n-1)/2}. \quad (1.1)$$

Первое слагаемое этой формулы – единичная матрица I – определяет тот факт, что каждая вершина ГС достижима сама для себя. Последующие слагаемые указывают все возможные пути в ГС длиной $1, 2, \dots, (n-1)/2$, причем единицы в столбцах матриц $A, A^2, \dots, A^{(n-1)/2}$, указывающие эти пути, находятся в разных позициях и не совпадают. Последнее слагаемое соответствует самому длинному (в потенциале) простому пути в ГС. Его длина равна $m/2 = (n-1)/2$, поскольку в соответствии с правилом 5 построения ГС вышестоящая вершина должна быть смежной не менее чем с двумя нижестоящими вершинами. Следовательно, результат суммирования по формуле (1.1) указывает все простые пути в ГС и определяет, таким образом, матрицу достижимости (см. рис. 1.8).

Интегральные характеристики модели содержания. Введем некоторые характеристики, позволяющие анализировать структуру учебных материалов УМК.

1. Число учебных элементов n . Эта характеристика определяет число вершин ГС и характеризует, хотя и не в полной мере, объем учебного материала. Величина $n \geq 1$ и $n \neq 2$ (см. свойство 1 ГС).

2. Число уровней (оснований) структуризации U . Величина U показывает число уровней (глубину структуризации учебного материала), степень иерархической вложенности одних учебных элементов в другие. Ее определяют две следующие теоремы (доказательство которых здесь не рассматривается).

Теорема 1. Для ГС с матрицей смежности A показатель степени t в ряду матриц $A, A^2, \dots, A^t, A^{t+1}, \dots$ определяет число уровней структуризации U , если среди коэффициентов A^t есть, кроме нулей, хотя бы две единицы, а в матрице A^{t+1} все коэффициенты равны нулю.

Теорема 2. Максимально возможная глубина структуризации ГС учебного материала $U_{\max}$ зависит от числа УЭ n ($n \geq 1, n \neq 2$) и определяется следующими соотношениями:

$$U_{\max} = (n-1)/2 \text{ для нечетных } n = 1, 3, 5, 7, \dots; \quad (1.2)$$

$$U_{\max} = (n-2)/2 \text{ для четных } n = 4, 6, 8, \dots. \quad (1.3)$$

3. Относительная глубина структуризации учебного материала

$$\overline{U} = U/U_{\max}. \quad (1.4)$$

Всегда полезно определять величину $\overline{U}$ и близость ее к предельному значению, равному единице, чтобы оценить использование потенциала иерархической структуризации. Так, для приведенного выше примера ГС (см. рис. 1.7) $U=U_{\max}=2$, а $\overline{U}=1$, что означает предельно возможную глубину иерархической структуризации.

4. Вектор структуризации учебного материала

$$S = (D_c - I)E, \quad (1.5)$$

где D_c – матрица достижимости;

I – единичная матрица;

E – вектор-столбец из n единиц.

Вектор S позволяет оценить степень структуризации всех УЭ. Каждый коэффициент S_i вектора S определяет скалярную величину – степень структуризации УЭ с номером i (т.е. количество входящих в него нижестоящих УЭ). Так, для приведенного выше примера ГС (см. рис. 1.7) $S = (4, 2, 0, 0, 0)$. Анализ вектора S позволяет четко выделить локальные, независимые УЭ, величина S_i для которых равна нулю, и интегрированные УЭ, которые обобщают, иерархически включают в себя другие УЭ (величина S_i для таких УЭ больше нуля). Таким образом, УЭ с $S_i = 0$ можно использовать по идеологии SCORM как локальные независимые учебные объекты (SCOs). Их можно готовить независимо от других учебных объектов и помещать вместе с соответствующим метаописанием в хранилища цифровых ресурсов для многократного повторного использования.

5. *Степень разветвленности* модели содержания учебного материала. Будем обозначать эту характеристику P и определять по формуле:

$$P = E^T S = E^T (D_c - I)E. \quad (1.6)$$

Величина P характеризует разветвленность ГС учебного материала. Ее связывает с числом УЭ и числом уровней структуризации следующая теорема (приводится здесь без доказательства).

Теорема 3. Степень разветвленности P модели содержания учебного материала зависит от числа уровней структуризации U и числа УЭ n ($n \geq 1, n \neq 2$) и связана с ними неравенствами:

$$n-1 \leq P \leq U(n-U); \quad (1.7)$$

$$n-1 \leq P \leq (n^2-1)/4 \text{ для нечетных } n = 1, 3, 5, 7, \dots; \quad (1.8)$$

$$n-1 \leq P \leq (n^2-2)/4 \text{ для четных } n = 4, 6, 8, \dots. \quad (1.9)$$

6. Относительная степень разветвленности модели содержания учебного материала

$$\bar{P} = P / P_{\max} = P / (U(n-U)). \quad (1.10)$$

7. Средний уровень представления учебного материала

$$\beta_{cp.} = \sum_{i=1}^n \beta_i / n. \quad (1.11)$$

8. Средний уровень усвоения учебного материала

$$\alpha_{cp.} = \sum_{i=1}^n \alpha_i / n. \quad (1.12)$$

9. Средний уровень осознанности учебного материала

$$\gamma_{cp.} = \sum_{i=1}^n \gamma_i / n. \quad (1.13)$$

Усредненные целевые показатели, определяемые по формулам (1.11-1.13) позволяют сравнивать между собой различные учебные материалы, прогнозировать трудоемкость их изложения при разработке, трудоемкость подготовки упражнений для тренинга и контроля. Чем больше величина этих показателей, тем выше трудоемкость. Например, если $1 < \alpha_{cp.} < 2$, то упражнения для тренинга и контроля должны включать два блока: первый на уровне знакомства ($\alpha = 1$), второй на уровне воспроизведения знаний ($\alpha = 2$).

Для приведенного выше примера модели содержания (см. рис. 1.7 и табл. 1.1) интегральные характеристики: $n = 5, U = 2, \bar{U} = 1, S = (4, 2, 0, 0, 0), P = 6, \bar{P} = 1, \beta_{cp.} = 3, \alpha_{cp.} = 1.6, \gamma_{cp.} = 2$.

Таким образом, используя интегральные характеристики модели содержания, можно анализировать и сравнивать различные учебные

материалы между собой, оценивать трудоемкость подготовки УМК уже на стадии проектирования.

Автоматизация проектирования модели содержания. Рассмотренные выше алгоритмы позволяют автоматизировать процесс подготовки модели содержания. Разработчик УМК создает в диалоге с компьютером множество УЭ и устанавливает иерархические связи между ними, заполняя значения целевых показателей в спецификации УЭ. При этом компьютерная программа контролирует структуру ГС согласно правилам его построения, визуализирует ГС, формирует матрицы смежности, достижимости и расстояний, вычисляет интегральные характеристики модели содержания, формирует оглавление учебного материала для его экспорта в инструментальную программу компоновки УМК (рис. 1.9-1.11)¹. Использование компьютера позволяет работать с подробными моделями содержания, состоящими из нескольких десятков УЭ, что практически нереально при подготовке моделей вручную.

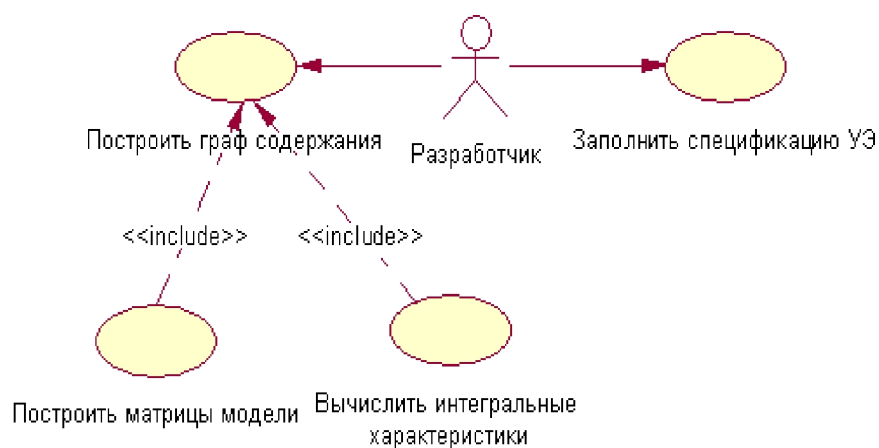


Рис. 1.9. Диаграмма вариантов использования компьютерной программы
Модель содержания

¹ Здесь и ниже при описании сценариев используются диаграммы UML, см. соответствующую методику в п. 1.6.

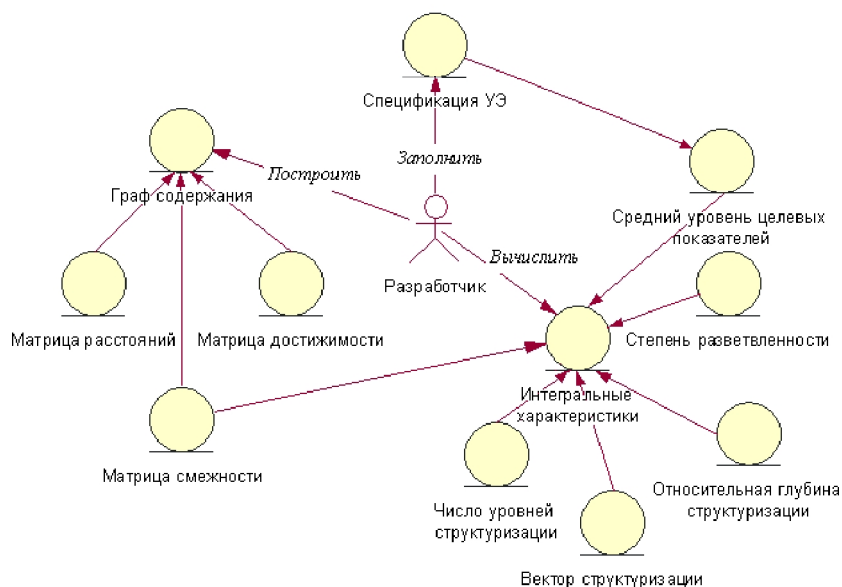


Рис. 1.10. Диаграмма взаимодействия пользователей и объектов программы *Модель содержания*

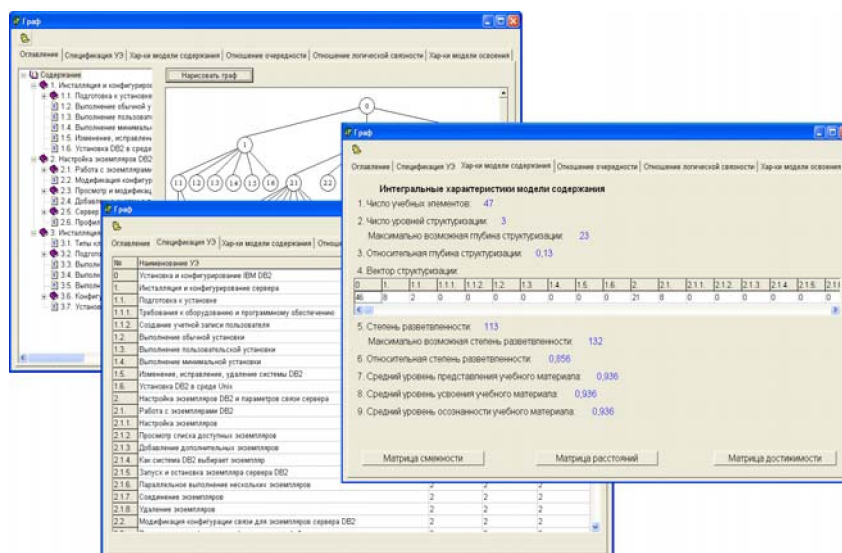


Рис. 1.11. Фрагменты экранных форм программы *Модель содержания*

Заключительные замечания. Модель содержания УМК позволяет:

- выделить необходимый материал из изучаемой учебной дисциплины, разбить его на отдельные учебные элементы, представить в виде наглядной и обозримой схемы, четко определить дидактические требования по его представлению и изучению;
- привлечь экспертов и заказчиков для обсуждения полноты содержания и целевых показателей по его представлению и изучению уже на начальной стадии проектирования УМК;
- сформировать системное (целостное) представление содержания УМК как у разработчиков, так и у пользователей (преподавателей-тьюторов и учащихся);
- оценить и сравнить различные учебные материалы по объему, степени структурированности, разветвленности, дать прогноз по трудоемкости, количеству и типу требуемых упражнений для тренинга и контроля;
- вести разработку УМК в соответствии с международными спецификациями SCORM.

Важно также подчеркнуть, что процесс построения модели содержания позволяет *даже опытным преподавателям* по новому взглянуть на свой учебный материал с точки зрения структуры, формы представления и требований по его усвоению.

Отметим также, что рассмотренные алгоритмы формирования и способы представления модели содержания позволяют автоматизировать процесс ее построения и дидактического анализа в форме визуального интерактивного диалога разработчика УМК в инструментальных авторских средах.

1.4. Модель освоения (навигации) УМК

После построения модели содержания УМК необходимо рассмотреть два важных вопроса, связанных с навигацией:

1) какая должна быть рациональная в дидактическом плане последовательность изучения УЭ в создаваемом УМК;

2) какие должны быть установлены логические связи между отдельными УЭ, чтобы обеспечить, например, целенаправленный «откат» из просматриваемого УЭ к какому-либо ранее изученному фрагменту учебного материала, где разъясняются исходные для рассматриваемого УЭ понятия, минуя линейную цепочку промежуточных УЭ.

Модель содержания УМК не содержит ответов на эти вопросы. Они рассматриваются при формировании *модели освоения* учебного материала. Это понятие включает совокупность *матрицы отношений очередности УЭ* и *матрицы логической связности УЭ* и соответствующих им *орграфа последовательности изучения УЭ* и *орграфа логической связности УЭ*. Вид модели освоения в существенной мере определяется содержанием и формой представления учебного материала, а эти факторы, в свою очередь, зависят от субъективных дидактических воззрений авторов содержания УМК. Поэтому процедуры формирования модели освоения являются по своей сути интерактивными и предусматривают участие авторов содержания.

Будем иллюстрировать методику построения модели освоения на приведенном выше примере фрагмента учебного материала (см. рис. 1.7 и табл. 1.1).

Отношение очередности учебных элементов. Пусть V – конечное множество номеров УЭ размером n . На этом множестве определим бинарное отношение (V, R) , смысл которого для всех $a, b \in V$ и aRb означает, что УЭ a излагается (должен изучаться) прежде УЭ b . Это бинарное отношение можно представить в виде орграфа и его матрицы смежности A (рис. 1.12, а). Будем в дальнейшем называть матрицу A матрицей отношения очередности.

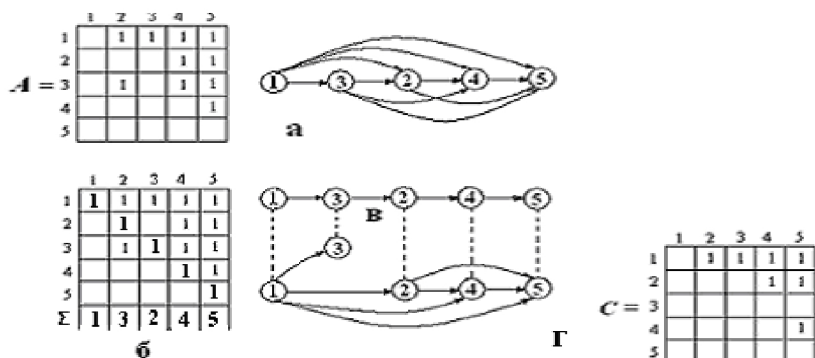


Рис. 1.12. Пример модели освоения:
а – матрица и орграф отношения очередности УЭ;
б – определение последовательности освоения УЭ;
в – последовательность освоения УЭ;
г – орграф и матрица логической связности УЭ

Процедура построения матрицы отношения очередности предусматривает анализ экспертом (автором содержания учебного материала) попарных отношений очередности УЭ. Для этого анализа необходимо иметь перед глазами спецификацию УЭ (см. табл. 1.1). При построении матрицы отношения очередности последовательно заполняют ее строки. Рассмотрим в качестве примера процесс заполнения третьей строки, соответствующей УЭ 3, в матрице A (см. рис. 1.12, а).

Сначала проанализируем отношение очередности УЭ 3 и УЭ 1: в нашем случае – это учебный материал понятия связности орграфа и общего понятия орграфа соответственно (см. табл. 1.1). Очевидно, что УЭ 3 должен изучаться после изучения УЭ 1. Поэтому в ячейку (3,1) матрицы A ставим нуль или оставляем ее пустой (см. рис. 1.12,а).

Далее проводим анализ отношения очередности УЭ 3 и УЭ 2. В этом случае УЭ 3 (понятие связности орграфа) должен изучаться прежде УЭ 2 (понятия связи орграфов и матриц). Поэтому в ячейку (3,2) матрицы A ставим единицу.

Анализируя таким образом все попарные отношения очередности УЭ 3 с остальными элементами (УЭ 4 и УЭ 5), заполняем всю третью

строку матрицы A . При этом единица ставится в соответствующую ячейку в случае, если УЭ 3 должен изучаться, по мнению эксперта, прежде УЭ, номер которого соответствует номеру столбца рассматриваемой ячейки матрицы. В диагональную ячейку (в нашем примере – это ячейка (3,3)) ставят нуль либо оставляют ее пустой, поскольку любой УЭ не может изучаться прежде самого себя (см. ниже свойства отношения очередности).

Аналогично заполняют все строки матрицы отношения очередности. Причем этот экспертный анализ можно сократить вдвое и анализировать отношения очередности только для верхнего либо нижнего треугольника матрицы. Другой треугольник матрицы может быть заполнен автоматически на основе свойств асимметричности и отрицательной асимметричности матрицы (см. ниже свойства отношения очередности). Например, если в заполненной экспертом ячейке матрицы (a,b) стоит единица, то в ячейку (b,a) ставят нуль и, наоборот, если в заполненной экспертом ячейке матрицы (a,b) стоит нуль, то в ячейку (b,a) ставят единицу. К тому же, таким образом исключаются возможные ошибки эксперта, нарушающие свойства асимметричности и отрицательной асимметричности.

Примечание. Отношение очередности может быть представлено и в виде орграфа (см. рис. 1.12, а), причем матрица отношения очередности является матрицей смежности этого орграфа.

Последовательность освоения учебных элементов. Для определения последовательности освоения УЭ необходимо перейти от бинарного отношения (V, R) , в котором указывают лишь попарные отношения между двумя УЭ типа «изучаться прежде», к упорядоченному множеству чисел $N=1, 2, 3, \dots, n$, каждое из которых соответствует какому-либо УЭ и определяет его порядковый номер в последовательности изучения учебного материала.

Один из формальных способов определения последовательности освоения УЭ заключается в следующем. Необходимо на главную диагональ матрицы отношения очередности поставить единицы и просуммировать столбцы матрицы (рис. 1.12, б). Полученная строка сумм и будет указывать порядковые номера УЭ в последовательно-

сти освоения учебного материала. При этом для наглядности последовательность освоения УЭ изображают в графическом виде (рис. 1.12, в).

Заметим, что иногда преподаватели (в частности слушатели факультета повышения квалификации) задают вопрос: «Зачем строить матрицу отношения очередности и затем с ее помощью определять рациональную последовательность изучения учебного материала? Не проще ли сразу построить эту последовательность?». Однако если «рисовать» последовательность освоения УЭ (см., например, рис. 1.12, в) без использования матрицы отношения очередности, то для расстановки УЭ в порядке их изучения требуется практически одновременный анализ отношений очередности всех УЭ, что чрезвычайно сложно, особенно для числа УЭ больше десяти. При построении же матрицы отношения очередности для каждой ее ячейки анализируется лишь попарное отношение очередности, что у авторов содержания учебного материала обычно не вызывает затруднений.

Не для всех УЭ может быть очевиден выбор последовательности: от общего – к частному или наоборот. Поэтому на вид матрицы отношения очередности и, следовательно, в дальнейшем и на форму представления учебного материала оказывают влияние не только объективные, но и субъективные факторы: «вкусы» автора содержания учебного материала, его привычки, интуитивные представления, склад мышления и т.п.

Свойства отношения очередности

1. *Антирефлексивность* ($\sim aRa \ \forall a \in V$). Это свойство означает, что любой УЭ не может изучаться прежде самого себя. Поэтому главная диагональ матрицы смежности A орграфа бинарного отношения (V, R) содержит одни нули (см. рис. 1.12, а).

2. *Асимметричность* ($aRb \Rightarrow \sim bRa \ \forall a, b \in V$). Означает, что если УЭ a должен изучаться прежде УЭ b , то УЭ b не может изучаться прежде УЭ a . Отсюда следует, что если коэффициент (a, b) в матрице смежности орграфа бинарного отношения (V, R) равен единице, что означает aRb , то коэффициент (b, a) этой матрицы должен быть равен нулю, что означает $\sim bRa$.

3. *Отрицательная асимметричность* ($\sim aRb \Rightarrow bRa \ \forall a, b \in V$). Означает, что если УЭ a не может изучаться прежде УЭ b , то УЭ b должен изучаться прежде УЭ a . Отсюда следует, что если коэффициент (a, b) в матрице смежности орграфа бинарного отношения (V, R) равен нулю, что означает $\sim aRb$, то коэффициент (b, a) этой матрицы должен быть равен единице, что означает bRa .

4. *Транзитивность* ($aRb, bRc \Rightarrow aRc \ \forall a, b, c \in V$). Означает, что если УЭ a должен изучаться прежде УЭ b и УЭ b должен изучаться прежде элемента c , то УЭ a также должен изучаться прежде УЭ c . Отсюда следует, что если коэффициенты (a, b) и (b, c) в матрице смежности орграфа бинарного отношения (V, R) равны единице, что означает aRb и bRc соответственно, то коэффициент (a, c) этой матрицы тоже должен быть равен единице, что означает aRc .

5. *Отрицательная транзитивность* ($\sim aRb, \sim bRc \Rightarrow \sim aRc \ \forall a, b, c \in V$). Означает, что если УЭ a не должен изучаться прежде УЭ b и УЭ b не должен изучаться прежде элемента c , то УЭ a также не может изучаться прежде УЭ c . В самом деле, пусть для a, b, c , принадлежащих множеству V , выполняется $\sim aRb$ и $\sim bRc$. Отсюда следует, что по свойству отрицательной асимметрии bRa и cRb , а по свойству транзитивности cRa . Последнее соотношение по свойству асимметрии приводит к $\sim aRc$. Таким образом, если коэффициенты (a, b) и (b, c) в матрице смежности орграфа бинарного отношения (V, R) равны нулю, что означает $\sim aRb$ и $\sim bRc$ соответственно, то коэффициент (a, c) этой матрицы тоже должен быть равен нулю, что означает $\sim aRc$.

6. Орграф отношения очередности (V, R) является *односторонне связным* (односторонним) орграфом со степенью (категорией) связности, равной 2.

В самом деле, по определению отношения очередности (V, R) любая пара УЭ из V является соединимой в одном направлении, следовательно, вершины орграфа односторонне достижимы.

Анализируя орграф какого-либо отношения очередности (см., например, рис. 1.12, а), начиная с последней вершины орграфа, можно подсчитать число дуг этого орграфа (число попарных отношений очередности)

$$m_o = (n-1) + (n-2) + (n-3) + \dots + (n-n) = n^2 - \sum_{k=1}^n k. \quad (1.14)$$

7. Матрица достижимости D_o орграфа отношения очередности (V, R) определяется через его матрицу смежности A по формуле:

$$D_o = A + I, \quad (1.15)$$

где I – единичная матрица.

Как уже отмечалось выше (см. свойство 6), по определению отношения очередности все вершины соответствующего орграфа односторонне достижимы. Следовательно, дополняя его матрицу смежности A единичной матрицей I (что соответствует достижимости каждой вершины до самой себя), получаем матрицу достижимости D_o .

8. Пусть A – матрица смежности отношения очередности (V, R) . Тогда

$$A + A^T + I = J, \quad (1.16)$$

где I – единичная матрица; J – матрица, состоящая из одних единиц.

В соответствии со свойством асимметричности отношения (V, R) транспонирование матрицы A ведет к заполнению единицами тех позиций, которые были нулевыми, и, наоборот, там, где в матрице A были нули, в матрице A^T , в соответствии со свойством отрицательной асимметричности, должны быть единицы. Исключением является главная диагональ A и A^T , которая в соответствии со свойством антирефлексивности отношения (V, R) должна быть нулевой. Следовательно, суммирование в (1.16) должно приводить к матрице, полностью заполненной единицами.

9. Алгоритм определения последовательности освоения УЭ. Представим множество УЭ в виде вектора $V = (v_1, v_2, v_3, \dots, v_n)$, где $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ – номера УЭ в модели содержания учебного материала. Введем вектор $F = (g(v_1), g(v_2), g(v_3), \dots, g(v_n))$ – вектор порядковых номеров УЭ в последовательности их изучения. Тогда

$$F = E^T(A+I), \quad (1.17)$$

где A – матрица смежности орграфа бинарного отношения очередности (V, R) ;

I – единичная матрица размером n ; E – вектор-столбец из n единиц.

В представленном выше примере (см. рис. 1.12) вектор $F = (1, 3, 2, 4, 5)$.

Проверка правильности составления матрицы отношения очередности. Выше уже отмечалось, как избежать ошибок составляющего матрицу A эксперта, нарушающих свойства асимметричности или отрицательной асимметричности. Ошибки, нарушающие свойства транзитивности или отрицательной транзитивности, приводят к появлению в векторе F одинаковых значений. Например, если в ячейке (3,5) матрицы A в приведенном выше примере (см. рис. 1.12,а) вместо единицы поставить нуль (что нарушает условия транзитивности – $3R4$ и $4R5$, но неверно, что $\sim 3R5$), то вектор $F = (1, 3, 2, 4, 4)$. Таким образом, диагностика подобных ошибок достаточно проста и может осуществляться автоматически, но их исправление требует привлечения эксперта (автора содержания учебного материала) для выявления допущенных им нарушений транзитивности или отрицательной транзитивности.

Еще один способ формальной проверки правильности заполнения матрицы отношения очередности базируется на его свойстве 8. Если какой-либо коэффициент в матрице J , полученной по формуле (1.16), отличается от единицы, следовательно, при определении соответствующего ему попарного отношения очередности эксперт допустил ошибку.

Интегральный способ проверки составления матрицы отношения очередности заключается в определении числа связей (дуг) соответствующего орграфа по формуле

$$m_O = E^T A E, \quad (1.18)$$

где E – вектор из n единиц, и сравнение полученной величины с числом, подсчитанным по формуле (1.14). Несовпадение сигнализирует об ошибке, допущенной экспертом при составлении матрицы отношения очередности.

Отношение логической связности в модели освоения. Пусть V – конечное множество номеров УЭ размером n . На этом множестве определим бинарное отношение (V, L) , смысл которого для некото-

рых $a, b \in V$ и aLb означает, что УЭ b логически связан с УЭ a («опирается» на него), т.е. при изложении содержания УЭ b используются понятия из a .

При *практической подготовке* модели освоения после заполнения матрицы отношения очередности и построения последовательности изучения УЭ заполняют матрицу логических связей учебных элементов – матрицу C , являющуюся матрицей смежности орграфа отношения логической связности (V, L) . При этом эксперт – автор содержания учебного материала – проводит анализ попарных отношений логической связности (опорности) УЭ. В ячейку (a, b) матрицы ставится единица, если УЭ a является опорным для УЭ b . В противном случае в ячейку матрицы ставится нуль (см. рис. 1.12, г).

Можно уменьшить трудоемкость этого экспертного анализа, если формально использовать свойство асимметричности (см. далее) отношения логической связности. Например, если в заполненной экспертом ячейке матрицы (a, b) стоит единица, то в ячейку (b, a) автоматически ставится нуль. Таким образом, исключаются потенциальные ошибки эксперта, нарушающие свойства асимметричности.

Составление матрицы логических связей удобно вести на основе матрицы отношений очередности путем исключения единиц из тех ячеек, для которых отсутствуют логические, опорные связи между учебными элементами.

Имея матрицу логических связей УЭ, можно построить соответствующий орграф, на котором более наглядно прослеживаются логические связи в модели освоения. При этом целесообразно строить этот орграф слева направо, сохраняя ранее определенную последовательность изучения (см. рис. 1.12, г). Удобно располагать этот граф под списком последовательности УЭ, сохраняя указанный в списке порядок освоения учебного материала.

Ребра графа логических связей указывают на опорные связи между УЭ. Так, ребро, связывающее УЭ номер 4 с УЭ под номером 2 (см. рис. 1.12, г), указывает, что для освоения понятия матрицы смежности необходимо иметь представление о понятии орграфа.

Отношение логической связности модели освоения является эффективным механизмом помощи учащимся в навигации по УМК. В частности, в ходе просмотра учебного материала УМК можно целенаправленно возвращаться к нужным, ранее пройденным учебным элементам, используя фрагменты графа логических связей УЭ (рис. 1.13).

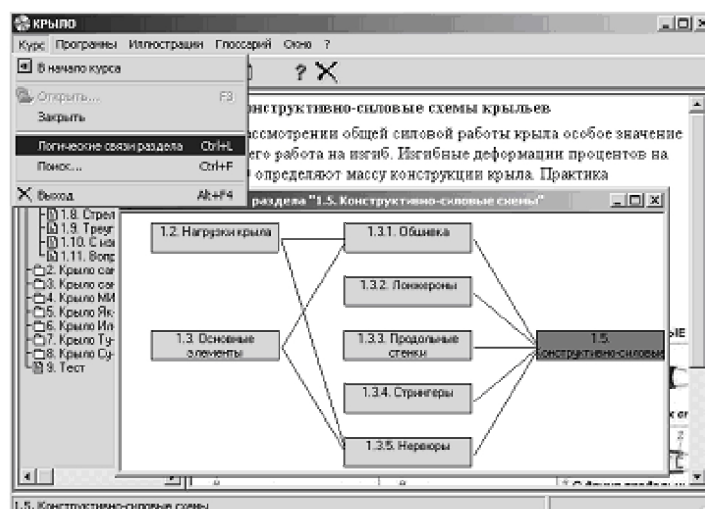


Рис. 1.13. Пример использования модели освоения в навигации по УМК

Свойства отношения логической связности

1. *Антирефлексивность* ($\sim aLa \quad \forall a \in V$). Это свойство означает, что любой УЭ не может логически «опираться» сам на себя. Поэтому главная диагональ матрицы смежности орграфа бинарного отношения (V, L) содержит одни нули.

2. *Асимметричность* ($aLb \Rightarrow \sim bLa \quad \forall a, b \in V$). Означает, что если УЭ b логически опирается на УЭ a , то УЭ a не может логически опираться на УЭ b . Отсюда следует, что если коэффициент (a, b) в матрице смежности орграфа бинарного отношения (V, L) равен единице, что означает aLb , то коэффициент (b, a) этой матрицы должен быть равен нулю, что означает $\sim bLa$.

Заметим, что в отличие от отношения очередности (V, R) отношение логической связности (V, L) не обладает свойствами отрица-

тельной асимметричности (т.е. $\sim(\sim aLb \Rightarrow bLa)$), транзитивности (т.е. $\sim(aLb, bLc \Rightarrow aLc)$), отрицательной транзитивности (т.е. $\sim(\sim aLb, \sim bLc \Rightarrow \sim aLc)$).

3. Пусть $C=(c_{ij})$ – матрица смежности орграфа бинарного отношения логической связности (V, L) . Тогда элемент $c_{ij}^{(t)}$ в матрице C^t , где t – степень, определяет число путей длины t , ведущих из вершины орграфа с номером i в вершину с номером j .

4. Пусть $C=(c_{ij})$ – матрица смежности орграфа бинарного отношения логической связности (V, L) . Тогда элемент $C_{\Sigma ij}$ в матрице

$$C_{\Sigma} = C + C^2 + C^3 + \dots + C^{n-1} \quad (1.19)$$

определяет суммарное число путей, ведущих из вершины орграфа с номером i в вершину с номером j .

В выражении (1.19) суммирование ограничено величиной показателя степени $n-1$, которая равна максимально возможной длине простого пути в орграфе.

Для приведенного выше примера (см. рис. 1.12, г) соответствующие свойства 3 и 4 матрицы показаны на рис. 1.14. Отсюда следует, что, например, из вершины 1 в вершину 5 (см. рис. 1.12, г) существует четыре пути (один простой путь единичной длины, два пути длиной 2 и один путь длиной 3).

$$C_{\Sigma} = C + C^2 + C^3 + C^4 =$$

	1	2	3	4	5
1		1	1	1	1
2				1	1
3					
4					1
5					

$$+ 3$$

	1	2	3	4	5
1				1	2
2					1
3					
4					
5					

$$+ 3$$

	1	2	3	4	5
1					1
2					
3					
4					
5					

$$+ 3$$

	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

$$=$$

	1	2	3	4	5
1		1	1	2	4
2				1	2
3					
4					1
5					

Рис. 1.14. Пример матриц, иллюстрирующих свойства 3, 4 отношения логической связности

5. Пусть C – матрица смежности и D_I – матрица достижимости орграфа бинарного отношения логической связности (V, L) . Тогда

$$D_I = B(C_{\Sigma} + I), \quad (1.20)$$

где B – булева функция для матриц, I – единичная матрица.

Интегральные характеристики модели освоения. Рассмотрим ряд характеристик модели освоения, позволяющих сравнивать между собой различные учебные материалы и более обоснованно подходить к проектированию упражнений для тренинга и тестов для контроля.

1. Число учебных элементов n . Эта характеристика определяет число вершин орграфов отношений очередности и логической связности и соответственно размер их матриц смежности.

2. Число попарных отношений очередности m_o . Соответствует числу дуг орграфа отношения очередности. Определяют по формулам (1.14) или (1.18).

3. Категории связности. Будем использовать здесь определение понятия категорий связности из теории графов. Понятие категории связности в теории графов делает более точным представление о том, что некоторые орграфы «сцеплены» лучше других. В нашем случае можно говорить о различных категориях связности УЭ в учебном материале.

Орграф отношения логической связности (V, L) может иметь одну из трех категорий связности (0, 1, 2), т.е. может быть соответственно несвязным, слабо связным или односторонне связным. Он не может быть сильно связным (иметь степень связности 3) в силу свойства асимметричности отношения (V, L) .

В большинстве практических случаев орграф отношения логической связности (V, L) и, следовательно, учебный материал является слабо связным (категория связности равна 1). В этом случае каждая пара вершин (УЭ) в орграфе соединена (полупутем).

Гораздо реже учебный материал может иметь более высокую категорию связности, равную 2. В этом случае орграф отношения (V, L) является односторонне связным и совпадает, как и его матрица смежности, с орграфом и матрицей смежности отношения очередности (V, R) .

В принципе возможен, хотя и маловероятен, случай несвязного учебного материала (категория связности равна 0), когда один или несколько УЭ не имеют опорных, логических связей с другими УЭ. Малая вероятность такого случая объясняется тем, что если какой-либо УЭ включен в состав учебного материала и в его модель содер-

жания, то должна иметься связь хотя бы с наименованием темы, обуславливающая включение УЭ в ее состав.

4. Степень опорности учебных элементов. Будем рассматривать абсолютную и относительную степени опорности УЭ. *Абсолютная степень опорности УЭ* определяется числом других УЭ, опирающихся на данный учебный элемент. *Относительную степень опорности УЭ* будем определять как отношение абсолютной степени опорности УЭ к $n-1$ – максимально возможному (в потенциале) числу УЭ, которые могут опираться на данный учебный элемент.

Будем обозначать абсолютную степень опорности i -го УЭ – O_{Ai} , относительную – O_{Oi} , а векторы абсолютных и относительных степеней опорности УЭ – $\overline{O_A}$ и $\overline{O_O}$ соответственно. Векторы

$$\overline{O_A} = CE, \quad \overline{O_O} = CE / (n-1),$$

(1.21)

где C – матрица смежности орграфа отношения логической связности;

E – вектор-столбец из n единиц.

Для приведенного выше примера (см. рис. 1.12, г) $\overline{O_A} = (4, 2, 0, 1, 0)$, $\overline{O_O} = (1, 0.5, 0, 0.25, 0)$.

Степень опорности УЭ определяет степень дидактической значимости УЭ для остального учебного материала. Например, во фрагменте учебного материала по теории орграфов (см. рис. 1.7, табл. 1.1 и рис. 1.12, г) понятие категорий связности (УЭ 3, $O_{A3} = 0$, $O_{O3} = 0$) можно исключить из рассмотрения безболезненно для изучения других УЭ. Но исключение из рассмотрения УЭ 4 (понятие матрицы смежности, $O_{A4} = 1$, $O_{O4} = 0.25$) или УЭ 2 (понятие орграфов и матриц, $O_{A2} = 2$, $O_{O2} = 0.5$), или, тем более, УЭ 1 (понятие орграфов, $O_{A1} = 4$, $O_{O1} = 1$) влечет за собой нарушение логики в изложении других УЭ.

Очевидно, что чем выше степень опорности УЭ, тем более тщательно должен готовиться его учебный материал, тем большее внимание следует обращать на подготовку упражнений для компьютерного тренинга, чтобы обеспечить более полноценное и гарантированное освоение всех понятий данного УЭ.

5. Степень опорности учебного материала. Будем различать абсолютную O_A и относительную O_O степени опорности учебного материала и определять их по формулам:

$$O_A = E^T \overline{O_A} = E^T CE, \quad (1.22)$$

$$O_O = O_A / m_O = E^T CE / m_O = E^T CE / (n^2 - \sum_{k=1}^n k). \quad (1.23)$$

Величина O_A равна числу опорных связей (дуг) в орграфе отношения логической связности модели освоения учебного материала. Величина $O_O \in [0,1]$ и характеризует степень близости орграфа отношения логической связности к орграфу отношения очередности. В приведенном выше примере (см. рис. 1.12, г)

$$O_A = 7, m_O = 10, O_O = 0.7.$$

6. Степень логической связности учебных элементов. Будем рассматривать абсолютную и относительную степени логической связности УЭ. Абсолютная степень логической связности УЭ определяется числом других УЭ, на которые он опирается. Относительную степень логической связности УЭ будем определять как отношение абсолютной степени логической связности УЭ к $n-1$ – максимально возможному (в потенциале) числу УЭ, на которые может опираться данный учебный элемент.

Будем обозначать абсолютную степень логической связности i -го УЭ – L_{Ai} , относительную – L_{Oi} , а векторы абсолютных и относительных степеней логической связности УЭ – $\overline{L_A}$ и $\overline{L_O}$ соответственно. Векторы

$$\overline{L_A} = C^T E, \quad \overline{L_O} = C^T E / (n-1). \quad (1.24)$$

Для приведенного выше примера (см. рис. 1.12, г) $\overline{L_A} = (0, 1, 1, 2, 3)$, $\overline{L_O} = (0, 0.25, 0.25, 0.5, 0.75)$.

Степень логической связности УЭ определяет степень интеграции в данном УЭ остального учебного материала. Такая трактовка может быть полезна, например, при выделении ключевых УЭ для итогового контроля уровня усвоения всего учебного материала. Це-

лесообразно готовить тесты, прежде всего для УЭ с более высокой степенью логической связности, чтобы при итоговом контроле с ограниченным числом тестов обеспечить более широкий охват учебного материала.

7. Степень логической связности учебного материала. Будем различать абсолютную L_A и относительную L_O степени логической связности учебного материала и определять их по формулам:

$$L_A = E^T \overline{L_A} = E^T C^T E, \quad (1.25)$$

$$L_O = L_A / m_O = E^T C^T E / (n^2 - \sum_{k=1}^n k). \quad (1.26)$$

Величина L_A равна числу логических связей (дуг) в орграфе отношения логической связности модели освоения учебного материала. Величина $L_O \in [0, 1]$ и характеризует степень близости орграфа отношения логической связности к орграфу отношения очередности.

Очевидно, что показатели опорности и логической связности учебного материала равны между собой, т.е. $O_A = L_A$ и $O_O = L_O$.

Таким образом, используя интегральные характеристики модели освоения, можно анализировать и сравнивать различные учебные материалы между собой, оценивать логическую связность учебного материала, обоснованно планировать тип и количество упражнений для тренинга и контроля, минимизировать трудоемкость подготовки упражнений для тренинга и тестов для контроля за счет устранения дублирования и, соответственно, уменьшить трудоемкость тренинговых и контрольных процедур электронного обучения.

Автоматизация проектирования модели освоения. Рассмотренные выше алгоритмы позволяют автоматизировать процесс подготовки модели освоения. При этом из компьютерной программы *Модель содержания* экспортируют подготовленное ранее множество УЭ. Далее разработчик УМК в диалоге с компьютерной программой определяет отношения очередности и логической связности УЭ. При этом компьютерная программа контролирует правильность этого процесса, формирует матрицы отношения очередности и логической связности, определяет последовательность освоения УЭ, вычисляет

интегральные характеристики модели освоения (рис. 1.15 – 1.17).

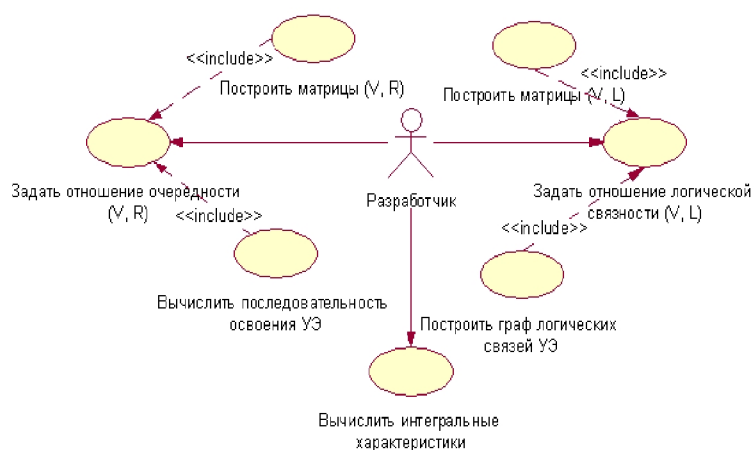


Рис. 1.15. Диаграмма вариантов использования компьютерной программы
Модель освоения

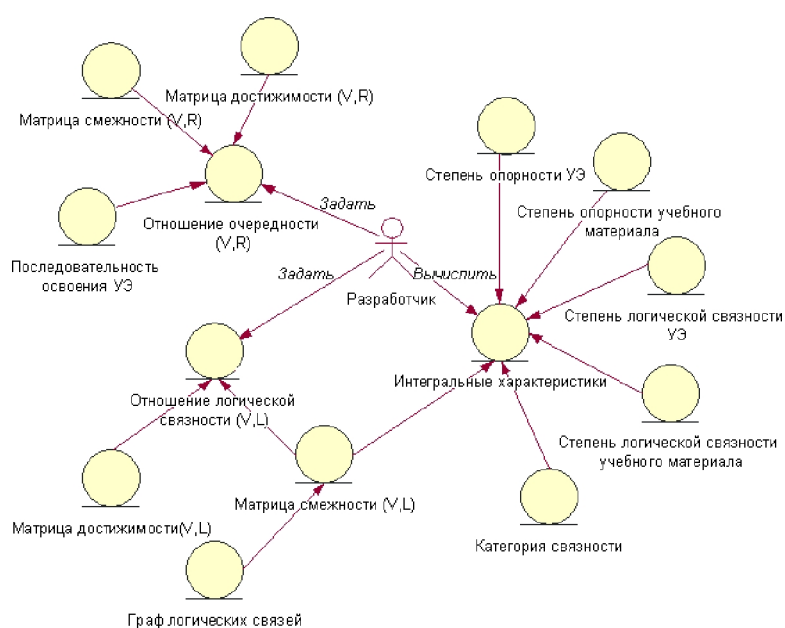


Рис. 1.16. Диаграмма взаимодействия пользователей и объектов программы
Модель освоения

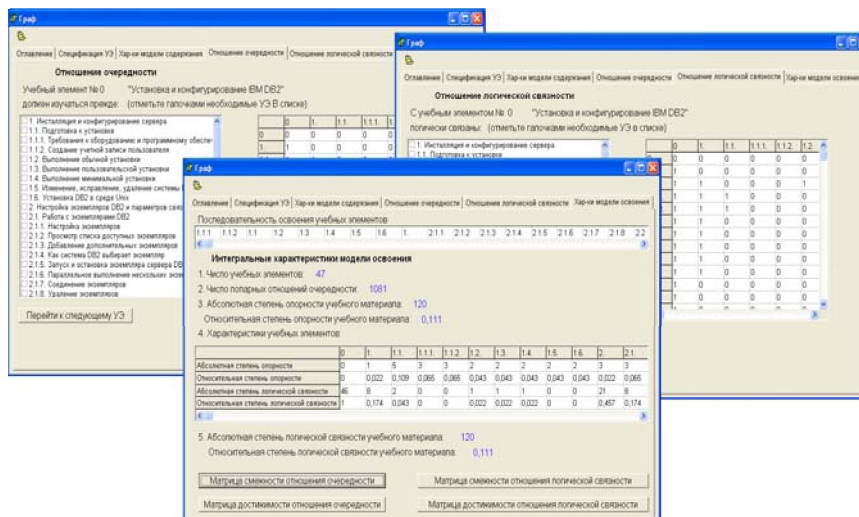


Рис. 1.17. Фрагменты экранных форм программы *Модель освоения*

Резюме. Модель освоения УМК позволяет:

- определять и визуально представлять рациональную последовательность изучения учебного материала, логические опорные связи между его различными фрагментами;
- обеспечивать эффективную помощь учащимся в навигации по учебному материалу;
- анализировать и сравнивать различные учебные материалы, оценивать уровень дидактической значимости различных учебных элементов;
- минимизировать трудоемкость подготовки упражнений для тренинга и тестов для контроля и трудоемкость тренинговых и контрольных процедур электронного обучения.

Рассмотренный подход к моделированию навигации хорошо согласуется с международными спецификациями электронного обучения SCORM и IMS, дополняя их конкретными алгоритмами для агрегации учебных объектов (SCOs) в электронные курсы и для оказания помощи учащимся в навигации внутри агрегаций SCOs.

1.5. Определение состава УМК

Состав УМК определяют на основе модели содержания учебного материала, руководствуясь, прежде всего, показателем уровня усвоения α . Напомним, что в соответствии с дидактическими рекомендациями обучение должно проходить последовательно по уровням усвоения: сначала на уровне $\alpha = 1$, затем $\alpha = 2$ и т.д.

Последовательность же применения основных компонентов комплекса: *учебное пособие, электронный учебник, тренажер или виртуальная учебная лаборатория, ППП*.

Учебное пособие является обязательным компонентом комплекса. Его учебный потенциал при обычном чтении текста $\alpha = 1$. В учебное пособие входят учебные тексты с графическими иллюстрациями, рекомендации по применению комплекса для преподавателей и учащихся, описание и набор задач для тренажеров, виртуальных лабораторий и учебных ППП. Структуру и содержание учебных текстов определяют граф содержания и перечень УЭ, вид описания – значения α и β .

Рекомендации по применению содержат возможные схемы использования комплекса (на аудиторных занятиях, при самоподготовке, при самостоятельном изучении темы и т.п.), инструкции по эксплуатации и поддержанию программно-информационного обеспечения. Описание задач включает формулировку и описание типовых задач, сборники задач для обеспечения многовариантной учебной работы, рекомендации по модификации и расширению сборников задач.

Электронный учебник (ЭУ) является одним из основных компонентов учебного комплекса. Он включает структурированную мультимедийную информацию и систему упражнений для осмысления и закрепления учебного материала после его изучения. Тип упражнений, разрабатываемых для электронного учебника, в существенной мере определяет показатель α .

Необходимо иметь в виду, что возможности электронных учебников нередко ограничиваются репродуктивным типом обучения из-

за отсутствия в их составе математических моделей изучаемых объектов и процессов. Поэтому целесообразно проектировать электронный учебник в основном для осмысления и запоминания теории на уровне $\alpha = 2$.

Тренажеры и виртуальные лаборатории не являются обязательными компонентами комплекса. Они необходимы только для тех учебных элементов, для которых требования по целевому показателю α не могут быть выполнены с помощью электронного учебника. Основное их назначение – формирование и развитие практических *умений и навыков*, ускоренное накопление *профессионального опыта*.

Тренажеры и виртуальные лаборатории основываются чаще всего на математическом моделировании объектов и процессов, для них пока не существует универсальных инструментальных средств. Поэтому процесс разработки тренажеров и виртуальных лабораторий – это весьма трудоемкое дело. Однако их обучающий потенциал весьма высок ($\alpha = 3$). Иногда их используют и для развития *творческих способностей, профессиональной интуиции* ($\alpha = 4$).

Особое место в учебном комплексе занимают промышленные ППП или их учебные аналоги. Диапазон их применения достаточно велик: от решения типовых задач по данной дисциплине ($\alpha = 2$) до поисковых междисциплинарных исследований ($\alpha = 4$).

Нередко требуемый диапазон по целевому показателю α может быть удовлетворен и без учебных ППП – с помощью электронного учебника и тренажеров. Однако в ходе курсового и дипломного проектирования, когда общая задача имеет комплексный характер и решается с помощью декомпозиции на ряд частных задач, относящихся к различным темам и дисциплинам, возникает потребность в компьютерных средствах решения этих частных задач. Поэтому целесообразно иметь в составе учебных комплексов учебные ППП, которые позволяли бы (в отличие от тренажеров, имеющих заранее подобранный набор задач) решать задачи по теме комплекса, сформулированные самим обучающимся. Включение промышленного ППП или его учебного аналога в состав комплекса значительно повышает его учебный потенциал.

Опираясь на высказанные выше соображения, составляют перечень компонентов комплекса, заполняя последние столбцы спецификации УЭ (табл. 1.2).

Таблица 1.2. К определению состава УМК

№ УЭ	Наименование УЭ	$\beta_{\text{кон}}$	$\alpha_{\text{кон}}$	$\gamma_{\text{кон}}$	Пособие	ЭУ	Тренажер	ППП
1	Ориентированные графы	3	2	2	+	+	-	-
2	Орграфы и матрицы	3	2	2	+	+	-	-
3	Связность	3	1	2	+	+	-	-
4	Матрица смежности	3	2	2	+	+	-	-
5	Матрица расстояний	3	1	2	+	+	-	-

Перечисленные выше основные компоненты учебного комплекса могут дополняться и другими материалами, если это позволяет бюджет проекта.

Например, хорошим дополнением к бумажному учебному пособию могут быть аудио- или видеокассеты с записями обзорных лекций, с демонстрацией лабораторных экспериментов, другими видеоилюстрациями.

Словом, чем разнообразней набор учебных материалов, тем выше учебный потенциал создаваемого УМК. Ограничениями здесь являются дидактическая целесообразность, определяемая требованиями по целевым показателям в модели содержания комплекса, и бюджет проекта.

1.6. Объектно-ориентированный подход к описанию сценариев

Подготовка УМК обычно ведется группой специалистов разных сфер деятельности (преподавателей-методистов, инженеров-программистов, компьютерных художников, психологов, видеооператоров и др.). Участие в этой работе людей с разной компьютерной подготовкой требует четкой спецификации программного обеспечения, особенно при описании сценариев УМК. Проблема описания

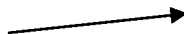
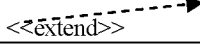
становится еще более острой при выпуске комплекса в эксплуатацию. Как бы ни был прост или, как говорят программисты, "интуитивно понятен" интерфейс компонентов УМК, описание его типовых сценариев должно быть, иначе какие-либо функции, на которые были потрачены значительные усилия разработчиков, пользователи могут просто не заметить. Применение для этой цели обычных текстовых описаний с иллюстрациями в виде экранных форм громоздко и ненаглядно. Такие описания трудно структурировать с точки зрения иерархии, они мало пригодны для обсуждений и внесения изменений.

Проблема документирования актуальна для любых программных систем, поэтому разработчики обучающих программ нередко используют универсальные методы. Наш опыт создания учебной САПР ПРОСК в 80-х годах, инструментального и ряда учебных мультимедиа комплексов системы КАДИС в первой половине 90-х годов, при разработке которых использовалась методика фирмы IBM, известная под аббревиатурой HIPO (Hierarchy, Input, Process, Output), показал высокую эффективность формализованного подхода к проектированию и документированию программных систем учебного назначения. Однако эта методика явно устарела и, самое главное, она была ориентирована на описание программного обеспечения, а не сценариев работы с ним.

Со второй половины 90-х годов в разработке новых версий инструментальных программных средств и УМК системы КАДИС используется унифицированный язык моделирования UML (The Unified Modeling Language), принятый в 1997 году консорциумом ведущих компьютерных фирм мира OMG (Object Management Group) в качестве стандарта графического языка для проектирования, создания, визуализации и документирования систем, в которых значительная роль принадлежит программному обеспечению. В настоящее время этот язык поддерживается многими объектно-ориентированными средствами разработки, например, известным в России пакетом программ Rational Rose, предназначенным для проектирования информационных систем (www.rational.com).

На основе опыта применения UML в системе КАДИС разработана методика описания сценариев электронных систем учебного назначения. В этой методике для визуального представления сценариев используются следующие типовые графические элементы UML (табл. 1.3).

Таблица 1.3. Некоторые типовые графические элементы UML

Элемент UML	Графическое представление	Назначение
Пользователь (Actor)		Набор ролей, которые пользователи системы играют при взаимодействии с ней
Вариант использования (Use case)		Последовательность действий, выполняемых системой для того, чтобы пользователь мог получить определенный результат, соответствующий назначению системы
Связь (Relationship)		Ненаправленная связь между объектами
Ассоциация (Association)		Направленная связь между объектами
Расширение (Extension)		Расширение одного варианта использования другим вариантом
Сущность (Entity)		Пассивный объект, с которым манипулирует пользователь в процессе работы с системой
Начало (Start state)		Начало последовательности действий
Конец (End State)		Окончание последовательности действий
Состояние (State)		Состояние системы, при котором она удовлетворяет каким-либо условиям или ожидает какого-то события
Деятельность (Activity)		Выполнение системой определенной последовательности действий
Ветвление (Decision)		Точка ветвления последовательности действий
Комментарий (Note)		Комментарий к любому объекту

Основу описания сценариев УМК составляет набор графических диаграмм UML. Рекомендуется следующая иерархия этих диаграмм:

1. Диаграмма вариантов использования (Use case diagram) первого уровня. Отражает работу с УМК всех категорий пользователей – учащихся и преподавателей (рис. 1.18).

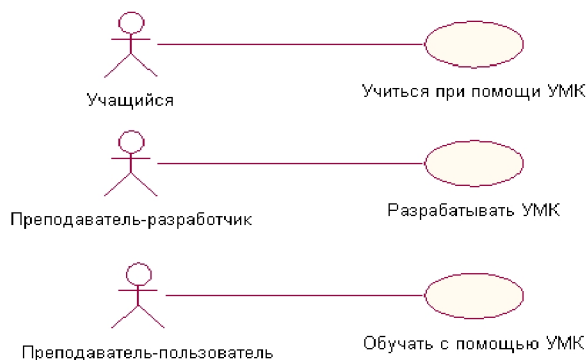


Рис. 1.18. Пример диаграммы вариантов использования первого уровня

2. Диаграммы вариантов использования второго уровня. Отражают работу с УМК каждой категории пользователей (рис. 1.19). Каждый вариант использования на этой диаграмме отражает отдельный типовой сценарий или совокупность типовых сценариев.

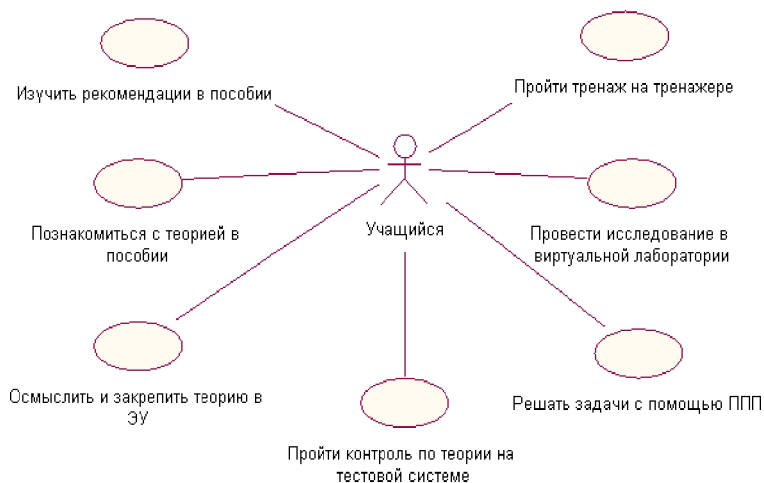


Рис. 1.19. Пример диаграммы вариантов использования УМК для категории *Учащийся*

3. Диаграммы взаимодействия объектов и пользователей (Business Object Model), которые строятся для каждого (или несколь-

ких в совокупности) вариантов использования УМК или его отдельных компонентов (см. примеры типовых сценариев в нижеследующих разделах пособия).

4. Диаграммы деятельности (Activity diagram), которые показывают последовательность действий при выполнении варианта использования. Эти диаграммы в существенной мере напоминают традиционные блок-схемы.

5. При необходимости набор диаграмм, описывающих типовые сценарные схемы и функции компонентов УМК, дополняется их спецификациями – текстовым описанием взаимодействия объектов и последовательности действий с иллюстрациями в виде экранных форм.

Построение подобных диаграмм можно осуществлять вручную либо с использованием специализированных программ типа указанного выше пакета программ Rational Rose, причем в последнем случае такие диаграммы позволяют автоматизировать и процесс разработки программного обеспечения УМК.

1.7. Оценка эффективности компонентов УМК

Достоинства электронного обучения общеизвестны – это активизация когнитивной деятельности учащихся, индивидуальный характер обучения, разгрузка преподавателей от рутины контроля и консультирования и т.п. Оценивая их в целом, обычно говорят о повышении качества и интенсивности учебного процесса, причем нередко отмечают, что высокий дидактический потенциал компьютеров может быть реализован только при использовании технологий, имеющих четкое психолого-педагогическое обоснование. Однако эти оценки обычно являются качественными, не подкрепляются количественными характеристиками и в большинстве случаев либо декларируются, либо обосновываются наблюдениями, собственным или чужим педагогическим опытом, результатами дискуссий с коллегами, анкетными опросами учащихся.

В описанных ниже исследованиях эффективность различных компонентов учебных мультимедиа комплексов оценивалась в ходе педагогических экспериментов.

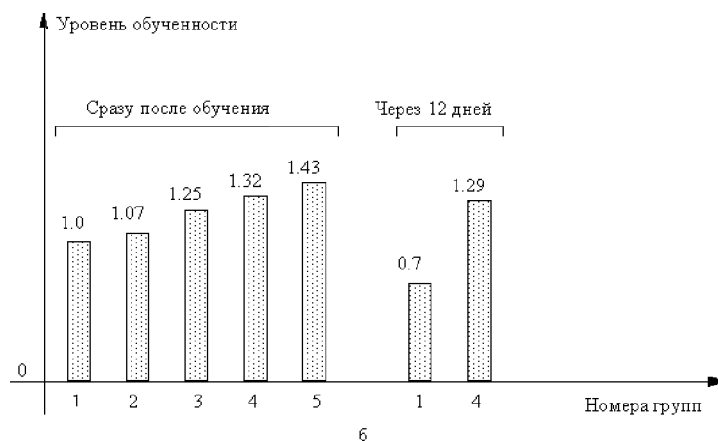
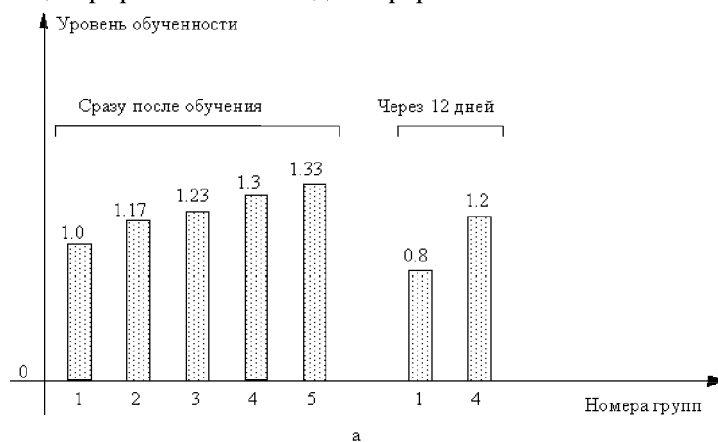
Исследование сценариев электронных учебников. Для педагогических экспериментов был выбран учебный материал раздела «Математическая формулировка и геометрическая интерпретация проектных задач» дисциплины «Основы САПР». Это достаточно непростой для понимания и практического применения, но небольшой по объему учебный материал. В учебном печатном пособии его изложение занимает 12 страниц, причем 40% от объема составляют примеры, сопровождаемые графическими иллюстрациями.

В эксперименте участвовали пять примерно равноценных по успеваемости групп студентов 3-го курса факультета летательных аппаратов СГАУ по 15-20 человек в каждой группе. Начальный этап изучения учебного материала студенты всех групп проводили одинаково: знакомились дома с текстом соответствующего раздела учебного пособия путем однократного его прочитывания. После этого каждая группа продолжала изучение учебного материала на аудиторном занятии в течение 40 минут по своему, отличному от других групп сценарию учебной работы. Далее было проведено тестирование усвоенных знаний на уровне знакомства и на уровне умений решать типовые и нетиповые задачи. Для двух групп тестирование было повторено через 12 дней. Результаты тестирования показаны в виде диаграмм (рис. 1.20). Здесь уровень обученности представляет среднее арифметическое суммы контрольных баллов по каждой группе, нормированное относительно показателя первой (базовой) группы. Прокомментируем эти результаты.

Первая группа. Ее результат принят за базу. Он оказался самым худшим, что вполне естественно, поскольку для освоения учебного материала использовался весьма пассивный метод когнитивной деятельности – чтение учебного текста пособия.

Вторая группа. Работала с ЭУ в режиме «Просмотр теории», позволяющем прочитывать учебный текст, просматривать иллюстрации на экране компьютера. По своей сути этот режим работы с ЭУ не отличается от изучения бумажного пособия, но за счет более концентрированного и наглядного представления учебного материала, удобной формы работы с ним (гипертекст, графика, анимация) является более эффективным. Причем его преимущество значительней на

уровне знакомства с теорией, где контрольные вопросы в контрольном тестировании представляли собой тесты на опознание. Для решения типовых и нетиповых задач просмотр теории в ЭУ даст незначительное преимущество по сравнению с чтением пособия, поскольку деятельность этого уровня требует более активного изучения учебного материала, чем даже многократное его прочитывание, хоть и в концентрированной наглядной форме.



- 1 - Чтение пособия
 2 - Просмотр теории в ЭУ
 3 - Контроль по теории в ЭУ
 4 - Тренаж по теории в ЭУ
 5 - Свободная работа с ЭУ

Рис. 1.20. Оценка эффективности режимов учебной работы с ЭУ:
 а - знакомство; б - решение типовых и нетиповых задач

Третья группа. Работала с ЭУ в режиме «Контроль по теории». В этом режиме учащийся за один сеанс контроля получает случайную выборку заданного количества контрольных вопросов и задач из всей совокупности упражнений (в данном ЭУ – 5 из 80). В течение 40 минут работы с ЭУ учащиеся выполнили по 5 – 7 сеансов контроля. В ходе контроля учащиеся вынуждены мысленно концентрироваться на рассматриваемых понятиях, вспоминать и осмысливать прочитанный ранее учебный материал. Такая учебная работа является, безусловно, более активной, чем просто прочитывание учебного текста. К тому же после окончания каждого сеанса контроля учащиеся имели возможность анализировать его протокол, который позволяет увидеть правильные ответы и тем самым корректировать процесс осмысления и формирования знаний. Многие учащиеся этой группы в ходе анализа протокола заглядывали в учебное пособие, актуализируя теоретический материал.

Активная когнитивная деятельность позволила третьей группе показать и более высокие результаты на итоговом контроле, чем первые две группы, как на уровне знакомства с теорией, так и на уровне решения задач.

Четвертая группа. Работала с ЭУ в режиме «Тренаж по теории». При разработке типовых сценариев учебной работы с ЭУ в системе КАДИС предполагалось, что при изучении теоретического материала этот режим будет наиболее эффективен. В ходе тренажа по теории учащемуся предъявляются задачи тренировочных упражнений, последовательность и тип которых соответствуют логике усвоения учебного материала и рекомендациям психологических концепций обучения. После выполнения каждого упражнения следует сообщение о правильности ответа, предоставляется возможность посмотреть правильный ответ и соответствующие комментарии (разъяснение типовых ошибок, подсказки и т.п.). Роль комментариев нередко выполняют страницы учебной информации из режима просмотра теории. Таким образом учащийся вовлекается в активную когнитивную деятельность по осмыслению и закреплению учебного

материала. Естественно поэтому, что и результаты контрольного тестирования работавшей в этом режиме группы студентов оказались выше, чем в трех предыдущих группах.

Пятая группа. Каждый учащийся этой группы сам выбирал сценарии учебной работы, мог менять их, переходя от одного сценария к другому. Наблюдения за студентами показали, что каждый из них работал действительно по-своему. Некоторые сосредоточились на контроле, изредка переходя к режиму просмотра теории. Примерно половина группы работала в основном в режиме тренажа по теории. Некоторые работали со словарем терминов и понятий, проходя выборочно (по термину) просмотр теории, тренаж или контроль.

Более индивидуальный характер когнитивной деятельности дал и чуть более высокий результат по сравнению с четвертой группой при тестировании знаний на уровне знакомства. Несколько неожиданным поначалу показался более высокий прирост результатов при контроле знаний на уровне решения задач. Однако и это вполне объяснимо. Можно предположить, и педагогическая практика подтверждает это, что индивидуализация обучения более эффективна именно при высоких уровнях учебной деятельности.

Отсроченный контроль. Для первой и четвертой групп проводилось контрольное тестирование остаточных знаний через 12 дней после обучения. Забывание, безусловно, существует. Однако у четвертой группы, выполнявшей в ходе обучения активную учебную работу с помощью компьютера, знания оказались более прочными (на 10 – 20%), чем у студентов первой группы, занимавшихся чтением учебных текстов в печатном пособии.

Оценка эффективности инженерных тренажеров. Для исследований был выбран тренажер учебного комплекса по методам проектирования структур (силовых схем) механических конструкций как наиболее полно реализующий принципы построения сценариев интеллектуальных тренажеров в технологии системы КАДИС. Назначение тренажера в этом комплексе – ускоренное накопление профессионального опыта по проектированию силовых схем, развитие ин-

туции, конструкторского чутья по выбору рациональных траекторий передачи внутренних усилий в конструкциях.

Уровень подготовки учащихся оценивался по результатам 15-минутных тестов (рис. 1.21). Каждый учащийся получал задание на эвристическое проектирование силовой схемы ферменной конструкции из сборника заданий учебного пособия. Тест оценивался специальным критерием K , величина которого показывает степень приближения предлагаемых испытуемыми ферменных конструкций к теоретически оптимальным континуальным конструкциям, получаемым с помощью специальных алгоритмов оптимизации. При $K = 0$ масса фермы в два раза больше массы теоретически оптимальной конструкции. При $K = 1$ (практически недостижимый идеал) массы этих конструкций равны. Нижнего предела показатель K не имеет и его значения могут быть отрицательными.

Наименее эффективные конструкции (в среднем по группе) были предложены школьниками 10 – 11 классов (12 человек), занимающимися в кружке авиационной техники при СГАУ. Предварительно им было дано понятие ферменной конструкции и показаны примеры силового конструирования на тренажере. После первого теста были проведены два двухчасовых занятия на тренажере. Повторное тестирование показало улучшение результатов на 20% (см. рис. 1.21, столбцы 1 и 2).

Аналогичный педагогический эксперимент был проведен с группой из 20 студентов 5-го курса факультета летательных аппаратов СГАУ. В этой группе испытуемых, уже получивших достаточно объемную конструкторскую подготовку с использованием традиционных форм учебного процесса (лекции, лабораторные занятия, курсовое проектирование), после обучения на тренажере было достигнуто улучшение показателя эффективности также примерно на 20%. Причем достигнутые результаты соизмеримы с показателями тестирования группы инженеров (17 человек), имевших опыт нескольких лет конструкторской работы (см. рис. 1.21, столбцы 3-5).



Рис. 1.21. Показатели эффективности конструкторского тренажа

Столбец 6 на рис. 1.21 фиксирует среднюю оценку результатов проектирования силовых схем большой группой студентов (80 человек) пятого курса, выполнявших курсовой проект. Перед курсовым проектированием студенты прошли полный цикл обучения с использованием комплекса: знакомство с теорией проектирования силовых схем по печатному пособию, осмысление и закрепление теории с помощью ЭУ, учебная работа на тренажере. Курсовой проект выполнялся с помощью пакета прикладных программ комплекса, обеспечивающего поиск и анализ теоретически оптимальных конструкций. На основе этого анализа и накопленного на тренажере опыта студенты выбирали схемы ферменных конструкций для своих проектно-конструкторских задач. Время для принятия решений практически не ограничивалось (продолжительность этого этапа курсового проектирования составляла несколько недель).

Приняв величину показателя эффективности в этой группе студентов за предельный верхний уровень (ВУ) эффективности при решении подобных проектно-конструкторских задач в условиях массового обучения, а результаты первого тестирования школьников – за

нижний уровень (НУ), получим новую шкалу ($ВУ - НУ$) для оценки результатов эксперимента. В рамках этой шкалы прирост уровня подготовки в сфере силового конструирования за счет обучения на тренажере достигает 30% как у школьников, так и у студентов.

С целью выявления оптимальной продолжительности учебной работы на тренажере проводился следующий эксперимент. Группа студентов 5 курса (20 человек) в течение трех двухчасовых занятий работала с тренажером: каждый студент решал в диалоге с компьютером различные задачи из сборника учебного пособия. В начале каждого и в конце последнего занятия проводились 15-минутные тесты, аналогичные описанным выше. Результаты представлены в виде зависимостей показателя эффективности K от времени тренажа t (рис. 1.22). При обработке результатов учащиеся были условно разделены на две примерно равные по количеству группы («сильные» и «слабые» студенты) по итогам нескольких предыдущих экзаменационных сессий. Наибольший относительный прирост качества проектных решений в ходе тренажа наблюдался у слабо успевающих студентов, причем разрыв в результатах между сильными и слабыми студентами в конце обучения заметно снизился (примерно в 2 раза).

К концу обучения графики становятся более пологими, что дает основание рекомендовать использование в условиях массового обучения 2–3 полуторачасовых сеанса работы с тренажером.

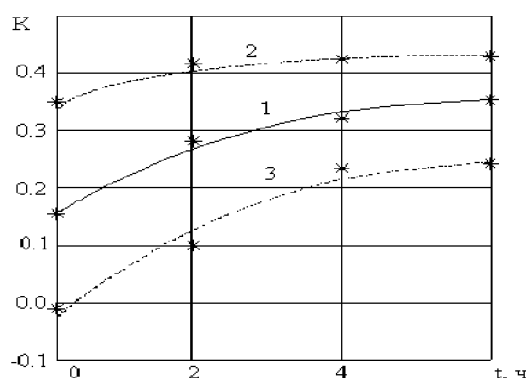


Рис. 1.22. Зависимость показателя эффективности от времени тренажа:
1 – средний уровень по группе; 2 – «сильные» студенты; 3 – «слабые» студенты;
* – результаты тестирования

Выводы

1. За одно и то же время обучения качество подготовки при использовании электронных технологий обучения по сравнению с различными традиционными (некомпьютерными) формами учебного процесса может возрасти на 20–30% при освоении учебного материала на уровне знакомства и на 30–40% при решении типовых и нетиповых задач, причем прочность знаний также увеличивается (в эксперименте на 10–20%).

2. Популярные в настоящее время формы представления учебной информации в виде электронных учебников, энциклопедий и т.п., использующих гипертекст и элементы мультимедиа, по сравнению с соответствующими бумажными аналогами имеют явное преимущество в качестве подготовки (порядка 15–20%) лишь на уровне знакомства с учебным материалом. На уровне же применения знаний в типовых и нетиповых ситуациях учебный эффект этих новых форм представления учебной информации хотя и имеется, но незначителен (порядка 5%).

3. Наибольший эффект (до 40%) обучение с помощью компьютера дает тогда, когда учащийся вовлекается в активную когнитивную деятельность по осмыслению и закреплению учебного материала, применению знаний в типовых и нетиповых ситуациях. Компьютерные обучающие программы такого типа предъявляют учащимся задания тренирующих упражнений, оценивают их выполнение, оказывают оперативную помощь в виде подсказок, разъяснений типовых ошибок, предъявления соответствующего теоретического материала.

4. Применение интеллектуальных компьютерных тренажеров, основанных на математических моделях изучаемых объектов или процессов и имеющих развитый дидактический интерфейс, помогает более глубоко и всесторонне освоить учебный материал, поднять профессиональную подготовку учащихся до уровня специалистов, имеющих опыт нескольких лет практической работы. При этом возможно развитие такого важного для любого специалиста качества как профессиональная интуиция, позволяющая принимать решения в трудно формализуемых ситуациях.

5. Электронное обучение дает более высокий прирост качества подготовки для "слабых" учащихся. Разнообразие траекторий обучения, позволяющее каждому обучаемому выбирать наиболее подходящий для него путь и темп освоения учебного материала, обеспечивает существенное сокращение (примерно в 2 раза) разрыва между уровнями подготовки хорошо и слабо успевающих учащихся.

Эти выводы хотя и получены на конкретном учебном материале и для конкретной технологии обучения, дают примерную количественную оценку эффективности использования электронного обучения в высшей школе, для которой характерно не развитие навыков, где эффект компьютеров неоспорим и гораздо более высок, а формирование знаний, практических умений, накопление профессионального и когнитивного опыта, развитие интеллекта.

1.8. Основные этапы проектирования УМК

Резюмируя рассмотренный выше учебный материал, можно выделить следующие этапы проектирования учебных мультимедиа комплексов.

1. Построение модели содержания учебного материала.
2. Формирование модели освоения учебного материала.
3. Определение состава комплекса.
4. Подготовка печатного учебного пособия.
5. Проектирование электронного учебника.
6. Разработка сценариев учебной работы для тренажеров и виртуальных лабораторий.
7. Построение сценариев и алгоритмов для учебных пакетов прикладных программ.

Первые три этапа рассмотрены в данном разделе, остальные обсуждаются в нижеследующих разделах пособия.

1.9. Вопросы для самоконтроля

Проверьте себя, отвечая письменно или устно на вопросы. Лишь после этого заглядывайте в приведенные ниже комментарии. Если необходимо, обращайтесь к теории.

1. Что является основной *причиной низкого дидактического качества* многих компьютерных систем учебного назначения?

2. Что можно считать синонимом двух терминов:

а) *"артикулируемая часть знания"*;

б) *"неартикулируемая часть знания"*?

Варианты ответов:

- Явные знания
- Неявные знания
- Информация
- Опыт
- Интуиция

3. Тождественны ли понятия *артикулируемой и неартикулируемой частей знания* понятиям соответственно *формализованных и неформализованных знаний*?

4. Какая часть знаний может быть:

а) *передана непосредственно от учителя к ученику*;

б) *освоена учащимися только в процессе собственной учебной деятельности*?

Варианты ответов:

- Явное знание
- Неявное знание
- Учебная информация
- Опыт
- Интуиция
- Артикулируемая часть
- Неартикулируемая часть

5. Освоение какой части знаний поддерживают программно-информационные ресурсы:

а) *декларативного типа*;

б) *процедурного типа*?

Варианты ответов:

- Явное знание
- Неявное знание

- Учебная информация
- Опыт
- Интуиция
- Артикулируемая часть
- Неартикулируемая часть

6. Какие виды учебно-методического обеспечения целесообразно использовать:

- а) для первоначального знакомства с учебным материалом;*
- б) для осмысления и закрепления теоретического материала;*
- в) для формирования практических умений, ускоренного накопления профессионального опыта, развития интуиции;*
- г) для автоматизации учебной деятельности (расчетов, проектирования, учебных исследований)?*

Варианты ответов:

- Учебные пособия на бумаге
- Лекции на аудиокассетах
- Лекции на видеокассетах
- Электронные учебники (ЭУ)
- Системы тестирования
- Виртуальные учебные кабинеты
- Интеллектуальные компьютерные тренажеры
- Учебные или промышленные ППП

7. Нарисуйте на бумаге концептуальную схему *дидактической структуры УМК для ЭДО*.

8. Перечислите *уровни представления* учебного материала.

9. Что понимают под *феноменологическим уровнем* представления учебного материала?

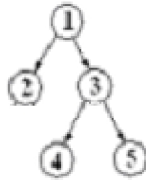
10. Что понимают под *аналитико-синтетическим уровнем* представления учебного материала?

11. Что понимают под *математическим уровнем* представления учебного материала?

12. Что понимают под *аксиоматическим уровнем* представления учебного материала?

13. Перечислите *уровни усвоения* учебного материала.
14. Чему соответствует *первый уровень усвоения* учебного материала?
15. Чему соответствует *второй уровень усвоения* учебного материала?
16. Чему соответствует *третий уровень усвоения* учебного материала?
17. Чему соответствует *четвертый уровень усвоения* учебного материала?
18. Чему соответствует *"нулевой" уровень усвоения* учебного материала в принятой здесь градации степеней усвоения учебного материала?
19. Какой показатель используют для измерения *степени владения учебным материалом* на каждом уровне усвоения?
20. На начальном этапе проектирования УМК планируемый для изучения учебный материал разбивают на отдельные учебные элементы (УЭ). *Что понимают под УЭ?*
21. Что понимают под термином *"модель содержания учебного материала"*?
22. Что понимают под термином *"граф содержания учебного материала"*?
23. Наряду с графом содержания в модель содержания учебного материала входит еще один существенный компонент. *Что это за компонент?*
24. Каким образом формулируют *цели обучения* в модели содержания учебного материала?
25. Какие компоненты входят в состав *модели освоения* учебного материала?
26. Как определяют *состав комплекса* учебно-методических материалов?
27. Каковы *основные этапы* проектирования УМК?
28. Перечислите основные *этапы познавательной учебной деятельности*.

29. Постройте *матрицу смежности* для указанного на рисунке графа содержания.



30. По заданной матрице смежности A постройте граф содержания.

$$A = \begin{array}{c|ccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ \hline 1 & & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & & & & 1 & \\ 3 & & & & & \\ 4 & & & & & \\ 5 & & & & & \end{array}$$

31. Если в спецификации учебных элементов для какого-либо УЭ $\alpha_{\text{нач}}=0$, то что должно быть указано для этого УЭ в $\beta_{\text{нач}}$?

32. Надо ли отображать в графе *содержания* *последовательность изложения* учебного материала?

33. По приведенной ниже последовательности освоения УЭ постройте матрицу отношений очередности.



34. По приведенной ниже матрице очередности УЭ постройте *последовательность УЭ*.

	1	2	3	4	5	6
1						
2	1		1		1	
3	1				1	
4	1	1	1		1	
5	1					
6	1	1	1	1	1	

35. Модель освоения фрагмента учебного материала содержит 4 учебных элемента. Знания 1-го и 3-го УЭ не нужны для освоения других УЭ. Знания 2-го УЭ нужны для освоения 1-го и 3-го УЭ. Знания 4-го УЭ нужны для освоения всех остальных УЭ. Постройте *матрицу и граф логической связности УЭ*.

Комментарии к вопросам:

1. Основная причина – отставание методических аспектов ИТО от развития технических средств.

2. Рост интереса к сущности научного знания в условиях информатизации общества привел к выявлению его неоднородности. В ходе исследований по проблемам методологии науки было предложено различать явные и неявные знания. В дальнейшем в связи с активизацией исследований проблем искусственного интеллекта, в частности их нового направления – экспертных систем, эти вариации знания были названы артикулируемыми и неартикулируемыми.

Артикулируемая часть знания относительно легко поддается превращению в информацию, которая является удобным средством передачи знаний. Она может быть передана от учителя к ученику с помощью учебных текстов и графических изображений, заранее подготовленных и хранящихся на каком-либо носителе, например на бумаге, на магнитном или оптическом диске.

Неартикулируемая часть знания представляет собой тот неосознаваемый, но очень важный личностный компонент знания, который принято называть опытом, интуицией и т. п. Эта часть знания охватывает умения, навыки, интуитивные образы и другие формы личностного опыта, которые не могут быть переданы непосредственно от учителя к ученику. Они могут быть "добыты" учеником лишь в ходе самостоятельной учебной деятельности по решению практических задач.

3. Не следует отождествлять понятие артикулируемой и неартикулируемой частей знания с понятием соответственно **формализованных и неформализованных знаний.** Нередко и неформализованные знания можно представить в овеществленном виде, например в виде описания эвристических правил, и передать их ученику с помощью систем декларативного типа.

4. Артикулируемая часть знания (явное знание) относительно легко поддается превращению в **информацию**, которая является удобным средством передачи знаний. Она может быть передана от учителя к ученику с помощью учебных текстов и графических изображений, заранее подготовленных и хранящихся на каком-либо носителе, например на бумаге, на магнитном или оптическом диске.

Неартикулируемая часть знания представляет собой тот неосознаваемый, но очень важный личностный компонент знания, который принято называть опытом, интуицией и т. п. Эта часть знания охватывает умения, навыки, интуитивные образы и другие формы личного опыта, которые не могут быть переданы непосредственно от учителя к ученику. Они могут быть "добыты" учеником лишь в ходе самостоятельной учебной деятельности по решению практических задач.

5. Программно-информационные ресурсы **декларативного типа** поддерживают освоение **артикулируемой части** знания (явного знания), которая может быть представлена в виде учебной информации и передана от учителя к ученику.

Программно-информационные ресурсы процедурного типа основаны на математических моделях изучаемых объектов или процессов. С их помощью учащиеся осуществляют учебную деятельность, в ходе которой осваивают неартикулируемую (неявную) часть знания, т.е. формируют практические умения, накапливают профессиональный опыт, развивают интуицию.

6-а. Начальное знакомство с учебным материалом целесообразно осуществлять с помощью **учебного пособия, обзорных лекций на аудио- или видеокассетах**. Учебное пособие обычно содержит теоретический материал по теме комплекса в виде учебных текстов и графических иллюстраций к нему, рекомендации для преподавателей (как учить с помощью комплекса) и для учащихся (как учиться с помощью комплекса). Пособие может быть представлено в печатном виде на бумаге (что предпочтительно) или в виде компьютерного файла.

6-б. Для осмысления и закрепления теоретического материала целесообразно использовать **электронный учебник (ЭУ) на CD**

ROM или в Интернете. Кроме учебного гипертекста и различных мультимедийных иллюстраций, электронный учебник обязательно должен содержать упражнения для компьютерного тренинга и контроля знаний. Сюда же можно отнести и виртуальные учебные кабинеты.

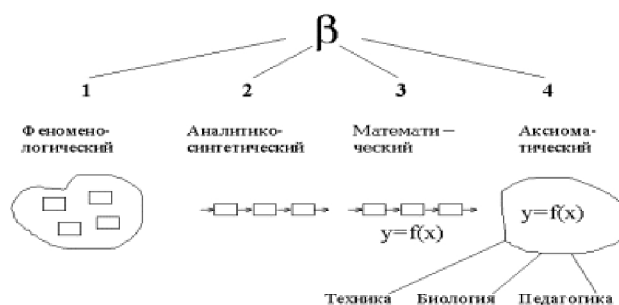
6-в. Для формирования и развития практических умений и навыков, развития интуиции и творческих способностей, ускоренного накопления профессионального опыта целесообразно использовать интеллектуальные компьютерные тренажеры. Обучение на тренажерах ведется в ходе решения специально подобранных задач с использованием математических моделей изучаемых объектов и процессов в режиме управляемого детерминированного исследования.

6-г. Для решения различных задач по тематике комплекса, возникающих, например, в ходе курсового или дипломного проектирования целесообразно использовать системы автоматизации профессиональной деятельности или их учебные аналоги: пакеты прикладных программ (ППП), системы автоматизации проектных работ (САПР), научных исследований (АСНИ). Процесс учебной работы проходит при этом в режиме свободного учебного исследования и близок по своему характеру к профессиональной деятельности специалиста.

7.



8.



9. **Феноменологическая** (описательная) ступень, на которой с использованием обычного естественного языка лишь **описывают, констатируют факты, явления, процессы**. Иногда дают их классификацию.

10. **Аналитико-синтетическое описание** (ступень качественных теорий), в котором на естественно-логическом языке излагают теорию частных явлений, что создает предпосылки для предсказания исходов явлений и процессов **на качественном уровне**.

11. **Математическое описание** (ступень количественных теорий), в котором на математическом языке излагают теорию частных явлений. Применение математических моделей создает при этом возможность для прогнозирования исходов явлений и процессов **на количественном уровне**.

12. **Аксиоматическое описание**, в котором формулируют законы, обладающие **междисциплинарной общностью**. Примеры таких описаний можно встретить в кибернетике, философии, теории систем.

13.



14. Первый уровень (Опознание) – это узнавание изучаемых объектов и процессов при повторном восприятии ранее усвоенной информации о них или действий с ними, например, выделение изучаемого объекта из ряда предъявленных различных объектов. Условно деятельность первого уровня называют **Опознанием**, а знания, лежащие в ее основе, – **Знания-знакомства**.

15. Второй уровень (Воспроизведение) – это воспроизведение усвоенных ранее знаний от буквальной копии до применения в типовых ситуациях. Примеры: воспроизведение информации по памяти; решение типовых задач (по усвоенному ранее образцу). Деятельность второго уровня условно называют **Воспроизведением**, а знания, лежащие в ее основе, – **Знания-копии**.

16. Третий уровень (Применение) – это такой уровень усвоения информации, при котором учащийся способен самостоятельно воспроизводить и преобразовывать усвоенную информацию для обсуждения известных объектов и применения ее в разнообразных нетиповых (реальных) ситуациях. При этом учащийся способен генерировать субъективно новую (новую для него) информацию об изучаемых объектах и действиях с ними. Примеры: решение нетиповых задач, выбор подходящего алгоритма из набора ранее изученных алгоритмов для решения конкретной задачи. Деятельность третьего уровня условно называют **Применением**, а знания, лежащие в ее основе, – **Знания-умения**.

17. Четвертый уровень (Творческая деятельность) – это такой уровень владения учебным материалом темы, при котором учащийся способен создавать объективно новую информацию (ранее не известную никому).

18. “Нулевой” уровень (Понимание) – это такой уровень, при котором учащийся способен понимать, т.е. осмысленно воспринимать новую для него информацию. Строго говоря, этот уровень нельзя называть уровнем усвоения учебного материала по изучаемой теме. Фактически речь идет о предшествующей подготовке учащегося, которая дает ему возможность понимать новый для него учебный материал. Условно деятельность учащегося на “нулевом” уровне называют **Пониманием**.

19. Для измерения степени владения учебным материалом на каждом уровне усвоения можно использовать коэффициент

$$K_{\alpha} = P1/P2,$$

где **P1** – количество правильно выполненных существенных операций в процессе тестирования;

P2 – суммарное (общее) количество существенных операций в тесте или батарее тестов. Под существенными понимают те операции, которые выполняются на проверяемом уровне.

20. Под **УЭ** понимают объекты, явления, понятия, методы деятельности, отобранные из соответствующей науки и внесенные в программу учебной дисциплины или раздела учебной дисциплины для их изучения.

21. Совокупность графа содержания и спецификации учебных элементов называют *моделью содержания* учебного материала УМК.

22. Совокупность учебных элементов (**УЭ**) представляют в виде структурной схемы – **древовидного графа**, который называют **графом содержания учебного материала** и строят по иерархическому принципу. Узлами (вершинами) графа являются **УЭ**, ребрами - иерархические связи между ними.

23. **Спецификация** (таблица) учебных элементов.

24. После структурирования и отбора содержания учебного материала формулируют требования по уровню представления, уровню усвоения, степени автоматизации (если это необходимо), уровню осознанности. При этом в таблице **УЭ** по каждому показателю заполняют две колонки. В первой колонке указывают "стартовый" показатель, который предположительно был получен в результате предшествующего обучения по другим дисциплинам или темам. Во второй колонке указывается "финишный" показатель, который должен быть достигнут в результате обучения по разрабатываемой теме.

25. В состав модели освоения входят матрицы отношений очередности и логических связей **УЭ**, последовательность изучения **УЭ**, граф логических связей **УЭ**.

26. Состав комплекса определяют на основе модели содержания учебного материала, руководствуясь, прежде всего, требованиями по

уровню усвоения. Опираясь на эти показатели, **составляют перечень компонентов комплекса, заполняя последние столбцы спецификации УЭ.**

27.

- 1) Построение модели содержания учебного материала.
- 2) Формирование модели освоения учебного материала.
- 3) Определение состава комплекса.
- 4) Подготовка печатного учебного пособия.
- 5) Проектирование электронного учебника.
- 6) Разработка сценариев учебной работы для тренажеров и виртуальных лабораторий.
- 7) Построение сценариев и алгоритмов для учебных пакетов прикладных программ.

28.

- 1) восприятие;
- 2) осмысление и фиксация знаний;
- 3) формирование личностного опыта (умений, навыков, профессионально-ориентированной интуиции);
- 4) проектно-исследовательская, поисковая учебная деятельность.

29.

$$A = \begin{array}{c|ccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ \hline 1 & & 1 & 1 & & \\ 2 & & & & & 1 \\ 3 & & & & 1 & 1 \\ 4 & & & & & \\ 5 & & & & & \end{array}$$

30.



31. Просто прочерк (-), поскольку если $\alpha_{\text{нач}}=0$, то данный УЭ ранее не изучался и говорить о начальном уровне представления материала этого УЭ не имеет смысла.

32. При построении графа содержания учебного материала нет нужды заботиться о последовательности изложения учебных элементов. Важно отобразить лишь иерархическую структуру учебного материала.

33.

	1	2	3	4	5	6
1		1	1	1	1	1
2			1	1	1	1
3						
4			1		1	1
5			1			
6			1		1	

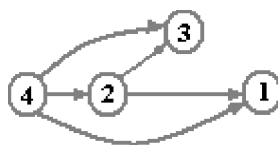
34.

	1	2	3	4	5	6
1	1					
2	1	1	1		1	
3	1		1		1	
4	1	1	1	1	1	
5	1				1	
6	1	1	1	1	1	1
Σ	6	3	4	2	5	1



35.

	1	2	3	4
1				
2	1		1	
3				
4	1	1	1	



1.10. Задание на проектную работу

Разработать проект учебного мультимедиа комплекса по какой-либо теме учебного курса, близкого к специализации обучающегося. Для этого подготовить:

1. Модель содержания учебного материала, включив в нее:
 - граф содержания (10-15 учебных элементов);

- спецификацию учебных элементов.
2. Модель освоения учебного материала, включив в нее:
- матрицу отношений очередности;
 - последовательность освоения учебных элементов;
 - матрицу логической связности учебных элементов;
 - граф логической связности учебных элементов.
3. Определить состав комплекса на основе целевых показателей модели содержания комплекса (заполнить последние столбцы в спецификации учебных элементов).

Понятие электронного учебника (ЭУ) является одним из самых нечетких терминов в проблематике электронного обучения. Появившись в начале 90-х годов, этот термин, несмотря на его «размытость», прижился и вот уже длительное время широко используется российским научно-образовательным сообществом. Причем понятие ЭУ имеет сугубо российские корни, отличаясь тем самым от многих других понятий электронного обучения.

Взгляды на это понятие разнообразны – от обыденного представления как электронной копии печатного (бумажного) аналога до объединения в нем разнообразных дидактических функций и соответственно большого спектра электронных средств поддержки обучения.

В данном пособии, как уже отмечалось в главе 1, **под электронным учебником понимается программно-информационная система, предназначенная для самостоятельной, прежде всего теоретической подготовки с помощью компьютера и содержащая структурированную учебную мультимедиа информацию, систему упражнений для ее осмысления и закрепления, тесты для самоконтроля, сценарии интерактивной учебной работы и реализующие их компьютерные программы.**

Такое определение четко указывает дидактическую нишу ЭУ в ряду электронных обучающих средств. Его основное назначение – теоретическая подготовка на этапах осмысления и закрепления знаний. В качестве дополнительной дидактической функции следует еще отметить поддержку процесса восприятия учебного материала в ходе познавательной деятельности обучающихся, особенно если учебный материал представлен в разнообразной мультимедийной форме.

Отсюда следуют ключевые проблемы проектирования ЭУ: подготовка информационного описания теоретического материала (учебных текстов, эскизов графических иллюстраций, сценариев де-

монстрационно-иллюстрирующих программ и анимаций, видеоклипов и т.п.), создание упражнений для активизации процесса усвоения теории и тестов для контроля, разработка сценариев (алгоритмов управления) для организации эффективной целенаправленной познавательной деятельности учащихся.

Для разработки ЭУ обычно используют специальные инструментальные программные средства, называемые иногда авторскими системами. Степень совершенства той или иной авторской системы определяется сервисными возможностями по вводу, редактированию, компоновке текстовой части учебного материала, наличием шрифтов для математической символики, использованием графики, типами упражнений (с множественным выбором, с числовым ответом, с конструируемым ответом), включением элементов гипертекста, мультимедиа и т.п. Однако все эти «ухищрения» создателей авторских систем предоставляют разработчикам ЭУ лишь потенциальные возможности для реализации их дидактических идей. Проектирование ЭУ ведется за «столом» и является своего рода искусством, вследствие чего ЭУ, подготовленные разными авторами даже в одной авторской среде, могут существенно отличаться по их дидактической эффективности.

В данном разделе пособия рассматривается ряд методических предложений, позволяющих перевести процесс проектирования ЭУ, естественно не в полной мере, из сферы искусства и дидактических фантазий преподавателей-разработчиков на более обоснованную системно-технологичную платформу, обеспечивая тем самым повышение качества и производительности разработки ЭУ.

2.1. Психологические механизмы усвоения знаний

При разработке сценариев ЭУ целесообразно учитывать психологические закономерности усвоения знаний, установленные в педагогической психологии и позволяющие повысить эффективность процесса обучения. Рассмотрим некоторые наиболее известные и «технологичные» теории усвоения.

Теория программированного обучения. В основу этой теории положена концепция бихевиоризма. В бихевиоризме (от лат. behavior — поведение) не рассматриваются внутренние процессы человеческого мышления. Изучается поведение, которое трактуется как сумма реакций на какие-либо ситуации. Один из основоположников бихевиоризма Э. Л. Торндайк (1874-1948) пытался описать обучение человека с помощью простых правил, справедливых одновременно и для животных. Среди этих правил выделим два закона, послуживших платформой для дальнейшего развития теории обучения.

Первый из них, названный *законом тренировки*, говорит о том, что чем чаще повторяется определенная реакция на ситуацию, тем прочнее связь между ними, а прекращение тренировки (повторения) приводит к ослаблению этой связи.

Второй закон был назван *законом эффекта*: если связь между ситуацией и реакцией сопровождается состоянием удовлетворенности (удовольствия) индивида, то прочность этой связи возрастает и наоборот: прочность связи уменьшается, если результат действия приводит к состоянию неудовлетворенности.

В своей книге «Образование», опубликованной в 1912 году, Торндайк писал: «Если бы при помощи хитроумных механических устройств можно было построить книгу так, чтобы вторая ее страница стала видимой лишь тому, кто выполнил предписание ее первой страницы, и т.д., то многое из того, что в настоящее время требует личных указаний преподавателя, могло бы быть переложено на плечи типографии».

В начале 20-х годов прошлого века д-р Сидней Пресси из университета штата Огайо (США) сконструировал механическое устройство для проверки и оценки усвоения материала на уровне простейших тестов. Позднее он обнаружил, что это устройство обладает и определенными обучающими возможностями. Устройство Пресси состояло из заданной последовательности вопросов, которые поочередно появлялись в демонстрационном отверстии. Учащийся выбирал один из готовых ответов, приведенных на карточке или листе бумаги, и нажимал кнопку, соответствующую этому ответу. Таким

образом, применялся выборочный метод ответа (схема множественного выбора), причем только при правильном ответе перед учащимся появлялся следующий вопрос.

Линейное программирование. Но лишь в 50-х годах идеи Э.Л. Торндайка были трансформированы в конкретную теорию обучения. Опираясь на указанные выше два закона, Б.Ф. Скиннер (США) разработал весьма технологичную методику обучения, названную в дальнейшем *линейным программированием*. В основу своей методики Скиннер положил универсальную формулу

$$C \rightarrow P \rightarrow \Pi,$$

где **С** – ситуация; **Р** – реакция; **П** – подкрепление.

Учебный материал Скиннер предлагал разбивать на мелкие дозы, каждая из которых должна содержать одну ситуацию (задание). Ситуации должны быть настолько простыми (что почти автоматически обеспечивалось малостью доз учебного материала), чтобы реакции на них практически всегда были правильными. По мнению Скиннера, правильное выполнение учебного задания уже само по себе является положительным подкреплением и приводит учащегося в состояние удовлетворенности.

В текстах программированных учебных пособий Скиннера содержались пропуски (ситуации) – один пропуск на фразу из 2–3 строк. Пропущенные слова располагали на полях страницы. Учащийся, изучая такое пособие, сначала закрывал поля, читал текст, вставляя пропущенные слова, и сразу же проверял себя, открывая ответы. Тексты учебных пособий были написаны таким образом, чтобы в процессе их чтения обеспечивалось многократное повторение всех существенных элементов учебного материала.

Важной особенностью линейного программирования является то обстоятельство, что учащийся практически вписывает, т.е. «конструирует» ответ. Скиннер считал, что составленный самим учащимся ответ заставляет его более глубоко продумать материал и позволяет добиться лучшего понимания, чем при схеме множественного выбора.

Линейные программы бывают двух видов. Первый из них характеризуется тем, что учащийся изучает последующую порцию (дозу)

учебной информации независимо от того, правильно ли выполнил задание по предыдущей порции. Другим видом линейной программы предусматривается выдача учащемуся очередной порции учебной информации только тогда, когда задание предыдущей порции будет выполнено правильно.

Применение программированных пособий Скиннера в профессионально-технических училищах США оказалось успешным: существенно сократилось время обучения, повысилась квалификация обучаемых рабочих. Однако здесь же обнаружались и недостатки методики линейного программирования:

- нудность и механистичность программированных текстов;
- отсутствие системности, целостности в восприятии учебного материала (большое количество мелких доз не способствует обобщениям);
- правильность выполнения простых заданий является положительным подкреплением лишь на первых порах чтения пособия, в дальнейшем правильное выполнение простых ситуаций уже не приносит чувства удовлетворенности;
- отсутствие адаптации (все ученики выполняют одну и ту же программу, идут по одной линии).

Разветвленное программирование. Значительной части этих недостатков лишена предложенная Н. А. Краудером (психологом Чикагского университета) схема *разветвленного программирования* (рис. 2.1).

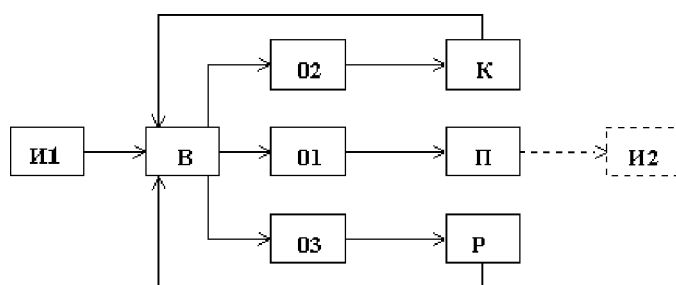


Рис. 2.1. Схема разветвленного программирования

Работа Краудера базировалась на опыте исследования проблем, связанных с обучением техников по обслуживанию навигационного оборудования самолетов в ВВС США. Краудер считал, что "малые шаги" в линейной программе и малая скорость развертывания материала при его подаче недостаточно эффективны для более способных и развитых учащихся. Он предложил увеличить дозу информации (**И1** на рис. 2.1) с 2–3 строк у Скиннера до примерно половины страницы. Типовая ситуация (задание) у Краудера состояла из вопроса (**В**) и трех вариантов ответов: **О1** – правильный ответ, **О2** – неточный ответ, **О3** – неправильный ответ. При неточном ответе учащийся отправлялся к корректирующей информации (**К**), при неправильном – ему давалось разъяснение, помощь (**Р**). При правильном ответе учащийся получал положительное подкрепление (**П**) и переходил к следующей дозе информации (**И2**).

Таким образом, схема разветвленного программирования имеет три пути: для сильных, средних и слабых учащихся. Причем способный учащийся пройдет материал гораздо быстрее, чем учащийся, которому придется обращаться к вспомогательным дозам информации, т.е. время, которое учащийся затратит на обучение, будет зависеть не только от скорости прохождения предложенных ему основных доз учебной информации, но и от количества информации, с которой ему придется иметь дело во вспомогательных дозах.

Разветвленное программирование основывается на схеме множественного выбора ответов. При этом преследуются следующие цели:

- проверить понимание только что изученного материала;
- выбрать путь исправления ошибки при неправильном ответе;
- привести дополнительное упражнение или объяснение по использованию рассмотренного понятия;
- активизировать работу учащегося при изучении учебной информации;
- поощрить учащегося при правильном ответе.

«Дифференциальные психологи» (последователи Краудера) придерживаются того взгляда, что обучение совершается путем ознакомления учащихся с новым материалом. Они не требуют сколько-

нибудь детального знания истинной природы процесса познания, а утверждают, что обучение человека происходит с использованием множества различных путей в зависимости от способностей и запаса знаний отдельных учащихся, характера и объема изучаемого материала и взаимодействия этих факторов, а также от других, менее очевидных причин.

С разветвленным программированием обычно связывают схему множественного выбора ответов в упражнениях и тестах. Она является наиболее технологичной в плане подготовки и использования электронных средств. Хотя эта схема с когнитивной точки зрения часто подвергается критике, некоторые психологи считают выборочные ответы такими же эффективными, как и конструируемые, особенно если учащийся уже имеет некоторое представление об изучаемом материале.

Адаптивное программирование. Одновременно со Скиннером и Краудером английский радиоинженер Гордон Паск проводил в университете штата Иллинойс (США) исследования процессов формирования навыков ручного труда. Он пришел к выводу, что невозможно придумать удовлетворительную программу для обучения навыкам без учета изменения отношения учащихся к предмету изучения, периодов повышенного интереса и усталости, чередующихся в процессе обучения. Его исследования положили начало *адаптивному программированию*.

Адаптивное программирование основано на гипотезе, что некоторое количество ошибок необходимо для обучения навыкам, т.е. если не будет сделано ошибок, эффект обучения будет меньше. При этом количество ошибок используется следующим образом:

- как только процент ошибок падает ниже определенного уровня, автоматически повышается степень трудности программы обучения;
- как только процент ошибок возрастает выше определенного уровня, автоматически понижается степень трудности.

Одновременно учащийся получает «указывающую информацию», которая помогает ему выбрать правильный ответ и предлагает

дополнительные упражнения по тем вопросам, усвоение которых дается с наибольшим трудом.

В течение периода обучения обучающая программа накапливает сведения о точности ответов и скорости работы учащихся, по которым можно судить о материале, вызывающем наибольшие трудности при изучении.

Схема программированного обучения. Несмотря на острую критику за принципиальное невмешательство в мышление учащегося (бихевиористы управляют лишь его поведением), теория программированного обучения получила широкое распространение и была реализована в ряде технических обучающих устройств. И в настоящее время универсальная схема этой теории (ситуация → реакция → подкрепление) в ее линейной, разветвленной или адаптивной форме является стержневым элементом многих компьютерных обучающих программ (рис. 2.2).

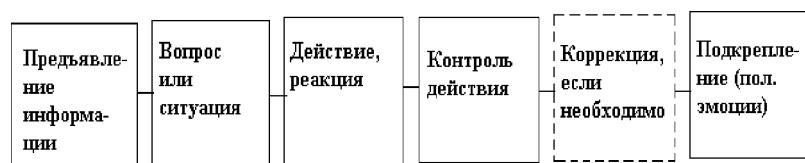


Рис. 2.2. Схема усвоения знаний в теории программированного обучения

Ассоциативно-рефлекторная теория усвоения. Ассоциацию в данной теории определяют как связь между психическими явлениями, при наличии которой актуализация одного явления вызывает появление другого. Таким образом, обучение в ассоциативно-рефлекторной теории трактуется как установление связей между различными элементами знания. Связи принято делить на внешние и внутренние. Внешние связи дают чисто механическое заучивание. Например, правило для запоминания цветового спектра: «Каждый Охотник Желает Знать, Где Сидит Фазан». Внутренние же, логические связи, позволяют из одних элементов знания получать (выводить) другие элементы.

Необходимыми условиями для применения ассоциативно-рефлекторной теории усвоения являются наличие у учащихся опре-

деленного фундамента знаний и владение ими логическими операциями, позволяющими связывать между собой ранее изученные и новые элементы знания. Методику ассоциативно-рефлекторного обучения можно представить в виде схемы из шести следующих этапов (рис. 2.3).

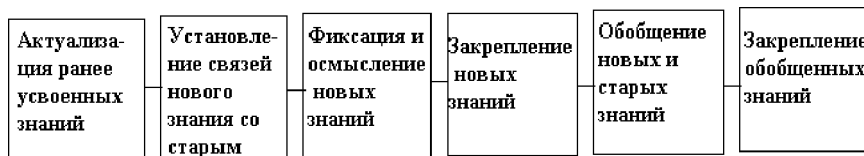


Рис. 2.3. Концептуальная схема ассоциативно-рефлекторной теории обучения

При конкретной реализации этой схемы в глобальном сценарии учебной работы с обучающей программой локальные сценарии каждого этапа могут быть построены на основе универсальной схемы программированного обучения (см. рис. 2.2).

Теория поэтапного формирования умственных действий. Основы этой теории были заложены П.Я. Гальпериным и в дальнейшем были развиты в работах Н.Ф. Талызиной и других его последователей. В соответствии с этой теорией процесс обучения целесообразно планировать в виде схемы, состоящей из шести следующих этапов (рис. 2.4).

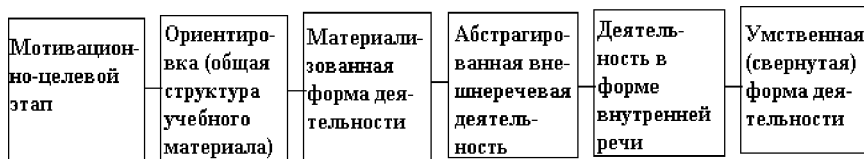


Рис. 2.4. Алгоритм поэтапного формирования умственных действий

Концепция алгоритмизации. Основная сфера применения этой теории усвоения – изучение алгоритмов решения задач. Технологическая схема учебной работы по этой теории состоит из пяти этапов (рис. 2.5).

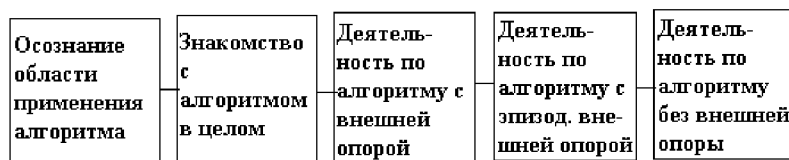


Рис. 2.5. Концепция алгоритмизации

Гештальтпсихология. В основу этого направления в психологии положено понятие гештальта (от нем. Gestalt - форма, образ, облик, конфигурация). Ведущим в гештальтпсихологии является принцип целостности, несводимости целого к сумме составляющих. Этот принцип очень важен при использовании мультимедиа, развитии правополушарного, образного мышления.

Рекомендации по применению психологических теорий усвоения. Следует четко понимать, что универсального психологического механизма усвоения не существует. Человеческая психика многообразна в своих проявлениях и не вписывается в схему. Поэтому при проектировании сценариев учебной работы целесообразно учитывать характеристики целевых групп обучающихся и цели обучения. Например, если требуется обучить операторов и при этом необходимо реализовать армейский принцип «Не знаешь - научим, не хочешь – заставим», то здесь уместно в полной мере использовать жесткую схему линейного программирования. Там, где необходимы размышления и умственные действия, более подходящими могут оказаться ассоциативно-рефлекторная концепция и теория поэтапного формирования умственных действий.

Жесткость любой схемы ныне во многих случаях неприемлема. Развитие принципов открытого образования, концепция личностно-ориентированного развития требуют создания таких сценариев автоматизированного обучения, в которых существенная роль в выборе траектории познавательного процесса принадлежит обучающемуся. Например, в ряде ситуаций более целесообразно предоставлять обучающемуся самому решать, выполнять ему упражнения после просмотра порции учебной информации или переходить к следующей порции информации.

При проектировании глобального сценария ЭУ целесообразно планировать в начале учебной работы создание у учащихся мотивации, знакомство с общей структурой учебного материала (теории алгоритмизации или поэтапного формирования умственных действий), напоминание, если это необходимо, ранее изученного материала (ассоциативно-рефлекторная теория). При разработке локальных сценариев (последовательности выполнения упражнений в ходе изучения отдельных учебных элементов) сначала планируются к выполнению упражнения со схемами, чертежами и другими графическими иллюстрациями (материализованная форма деятельности), а следом за ними – более абстрактные упражнения. Сценарии каждого упражнения целесообразно планировать в соответствии с универсальной схемой программированного обучения (см. рис. 2.2). Учитывая дробный, порционный характер этой процедуры обучения, необходимо также предусматривать в глобальном сценарии промежуточные и завершающий обобщающие этапы.

2.2. Иллюстративная и когнитивная функции мультимедиа

Развитие электронных средств мультимедиа открывает для сферы обучения принципиально новые дидактические возможности. Так, системы интерактивной графики, анимации, цифрового видео позволяют в процессе анализа изображений управлять их содержанием, формой, размерами, цветом и другими параметрами для достижения наибольшей наглядности. Применение мультимедиа в электронном обучении не только увеличивает скорость передачи информации учащимся и повышает уровень ее понимания, но и способствует развитию таких важных для специалиста любой отрасли качеств, как интуиция, профессиональное "чутье", образное мышление. Эти и ряд других возможностей еще слабо осознаны педагогами, в том числе и разработчиками систем электронного обучения, что не позволяет в полной мере использовать учебный потенциал мультимедиа.

Воздействие интерактивной компьютерной графики на интуитивное, образное мышление привело к возникновению нового на-

правления в проблематике искусственного интеллекта, названного когнитивной (т.е. способствующей познанию) компьютерной графикой. В дальнейшем когнитивные аспекты компьютерной графики были исследованы применительно к компьютерным системам учебного назначения и обобщены на более широкий спектр мультимедиа информации.

Дуализм мышления. Человеческое сознание использует два механизма мышления. Один из них позволяет работать с абстрактными цепочками символов, с текстами и т.п. Этот механизм мышления обычно называют символическим, алгебраическим или логическим. Второй механизм мышления обеспечивает работу с чувственными образами и представлениями об этих образах. Его называют образным, геометрическим, интуитивным. Физиологически логическое мышление связано с левым полушарием человеческого мозга, а образное мышление – с правым.

Основные различия в работе полушарий головного мозга человека обнаружил американский ученый Р. Сперри, который однажды в лечебных целях рискнул рассечь межполушарные связи у больных эпилепсией. Человек, у которого было «отключено» правое полушарие, а «работало» левое, сохранял способность к речевому общению, правильно реагировал на слова, цифры и другие условные знаки, но часто оказывался беспомощным, когда требовалось что-то сделать с предметами материального мира или их изображениями. Когда же работало одно «правое» полушарие, пациент легко справлялся с такими задачами, хорошо разбирался в произведениях живописи, мелодиях и интонациях речи, ориентировался в пространстве, но терял способность понимать сложные речевые конструкции и совершенно не мог сколько-нибудь связно говорить.

Каждое из полушарий человеческого мозга является самостоятельной системой восприятия внешнего мира, переработки информации о нем и планирования поведения в этом мире. Левое полушарие представляет собой как бы большую и мощную ЭВМ, имеющую дело со знаками и процедурами их обработки. Речь, мышление слова-

ми, рационально-логические процедуры переработки информации и т.п. – все это реализуется именно в левом полушарии. В правом же полушарии реализуется мышление на уровне чувственных образов: эстетическое восприятие мира, музыка, живопись, ассоциативное узнавание, рождение принципиально новых идей и открытий и т.п. Весь тот сложный механизм образного мышления, который нередко определяют одним термином «интуиция», и является правополушарной областью деятельности мозга.

Нередко правополушарное мышление связывают с деятельностью в искусстве. Иногда это мышление даже называют художественным. Однако и более формализованные виды деятельности в существенной мере используют интуитивный механизм мышления. Любопытны высказывания крупных ученых о роли интуиции в научной деятельности. «Подлинной ценностью, – говорил А. Эйнштейн, – является, в сущности, только интуиция. Для меня не подлежит сомнению, что наше мышление протекает, в основном, минуя символы (слова) и к тому же бессознательно». А. Пуанкаре высказывается еще более определенно: «Для того, чтобы создать арифметику, как и для того, чтобы создать геометрию или какую бы то ни было науку, нужно нечто другое, чем чистая логика. Для обозначения этого другого у нас нет иного слова, кроме слова «интуиция»».

Различие между двумя механизмами мышления можно проиллюстрировать принципами составления связного текста из отдельных элементов информации: левополушарное мышление из этих элементов создает однозначный контекст, т.е. из всех бесчисленных связей между предметами и явлениями оно активно выбирает только некоторые, наиболее существенные для данной конкретной задачи. Правополушарное же мышление создает многозначный контекст благодаря одновременному охватыванию практически всех признаков и связей одного или многих явлений. Иными словами, логико-знаковое мышление вносит в картину мира некоторую искусственность, тогда как образное мышление обеспечивает естественную непосредственность восприятия мира таким, каков он есть.

Человеческое мышление и человеческое поведение обусловлено совместной работой обоих полушарий человеческого мозга. В одних ситуациях преобладает логический компонент мышления, в других – интуитивный. Психологи считают, что все люди делятся на три группы: с преобладающим «левополушарным» мышлением, с «правополушарным», со смешанным мышлением. Это разделение генетически предопределено, и существуют специальные тесты для определения склонности к тому или иному типу мышления.

Описанные выше фундаментальные различия между лево- и правополушарной стратегией переработки информации имеют прямое отношение к формированию различных способностей. Так, для творчества, т.е. для преодоления традиционных представлений, необходимо восприятие мира во всей его целостности, что предполагает развитие способностей к организации многозначного контекста (образного мышления). Существуют многочисленные наблюдения, что для людей, сохраняющих способности к образному мышлению, творческая деятельность менее утомительна, чем рутинная, монотонная работа. Люди же, не выработавшие способности к образному мышлению, нередко предпочитают выполнять механическую работу, причем она им не кажется скучной, поскольку они как бы «закрепощены» собственным формально-логическим мышлением. Отсюда ясно, как важно с ранних пор правильно строить воспитание и обучение, чтобы оба нужных человеку типа мышления развивались гармонично, чтобы образное мышление не оказалось скованным логикой, чтобы развивался творческий потенциал человека.

Однако в разработке компьютерных систем автоматизации профессиональной деятельности, в том числе и учебного назначения, обычно имеет место «левополушарный крен». Явление это не такое уж безобидное. Опасность чрезмерной компьютеризации уже давно видится не в том, что компьютеры вытеснят человека из сферы интеллектуальной деятельности, а в том, что человек, все более втягиваясь во взаимодействие с компьютером, станет мыслить, как машина.

Негативное порой влияние компьютеризации профессиональной подготовки во многом объясняется слабым воздействием используемых компьютерных систем на интуитивный, образный механизм мышления. В связи с этим четкое выделение неявных, подсознательных компонентов знания позволяет также четко ставить задачу их освоения, формулировать соответствующие требования к методам и средствам обучения, в том числе и к технологиям мультимедиа.

О различиях в иллюстративной и когнитивной функциях мультимедиа. Интерпретируя рассмотренные выше различия между лево- и правополушарным механизмами мышления применительно к познавательной деятельности учащихся, можно сделать вывод о том, что логическое мышление выделяет лишь некоторые, наиболее существенные элементы знания и формирует из них однозначное представление об изучаемых объектах и процессах, в то время как подсознание обеспечивает целостное восприятие мира во всем его многообразии. Вспомним понятие гештальта (от нем. Gestalt - форма, образ, облик, конфигурация) и весьма плодотворного принципа целостности, несводимости целого к сумме составляющих в гештальт-психологии.

Исходя из этого различия, можно выделить две функции мультимедиа – иллюстративную и когнитивную.

Иллюстративная функция обеспечивает поддержку логического мышления. В этом случае объект мультимедиа подкрепляет, иллюстрирует какую-то четко выраженную мысль, свойство изучаемого объекта или процесса, т.е. то, что уже сформулировано преподавателем-разработчиком.

Когнитивная же функция состоит в том, чтобы с помощью некоего объекта мультимедиа получить новое, т.е. еще не существующее даже в голове специалиста, знание или, по крайней мере, способствовать интеллектуальному процессу получения этого знания.

Эта принципиальная идея различия иллюстративной и когнитивной функций мультимедиа хорошо вписывается, в частности, в рассмотренную выше психолого-педагогическую модель классифика-

ции электронных обучающих средств (см. рис.1.1). Иллюстративная функция мультимедиа реализуется в учебных системах декларативного типа при передаче учащимся артикулируемой части знания, представленной в виде заранее подготовленной информации с графическими, анимационными, аудио- и видеоиллюстрациями. В качестве примера на рис. 2.6 приведены фрагменты простой, но очень наглядной анимации из электронного учебника по органической химии, иллюстрирующей свойство гибкости полимеров как следствие скрученного характера макромолекул.

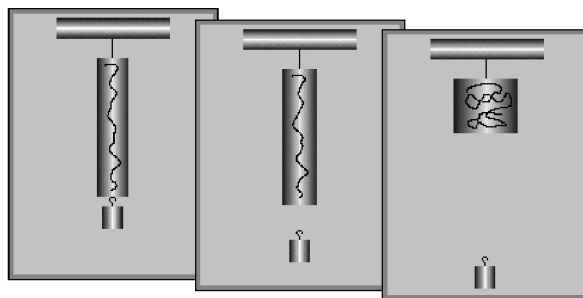


Рис. 2.6. Фрагменты анимации иллюстративного характера

Когнитивная же функция мультимедиа проявляется в системах процедурного типа, когда учащиеся «добывают» знания с помощью исследований на математических моделях изучаемых объектов, причем, поскольку этот процесс формирования знаний опирается на интуитивный, правополушарный механизм мышления, сами эти знания в существенной мере носят личностный характер. Каждый человек формирует приемы подсознательной умственной деятельности по-своему. Современная психологическая наука не располагает строго обоснованными способами формирования творческого потенциала человека, пусть даже профессионального. Одним из известных эвристических подходов к развитию интуитивного профессионально-ориентированного мышления является решение задач исследовательского характера. Применение учебных компьютерных систем процедурного типа (интеллектуальных тренажеров, виртуальных учебных лабораторий и пакетов прикладных программ) позволяет в существ-

венной мере интенсифицировать этот процесс, устранив из него рутинные операции, сделать возможным проведение различных экспериментов на математических моделях.

Трудно переоценить в этих учебных исследованиях роль компьютерной графики. Именно графические изображения хода и результатов экспериментов на математических моделях позволяют каждому учащемуся сформировать свой образ изучаемого объекта или явления во всей его целостности и многообразии связей. Несомненно также, что компьютерные изображения выполняют при этом, прежде всего, когнитивную, а не иллюстративную функцию, поскольку в процессе учебной работы с компьютерными системами процедурного типа у учащихся формируются сугубо личностные, т.е. не существующие в таком виде ни у кого, компоненты знаний.

В качестве примера рассмотрим некоторые типовые изображения, используемые в интеллектуальном тренажере по проектированию силовых схем механических конструкций, типовые сценарные схемы которого рассматриваются в главе 3 данного пособия. На рис. 2.7 представлено оптимальное распределение материала и внутренних усилий в теоретически оптимальной конструкции пластины, три стороны которой жестко закреплены, а к свободной стороне приложена сосредоточенная нагрузка.

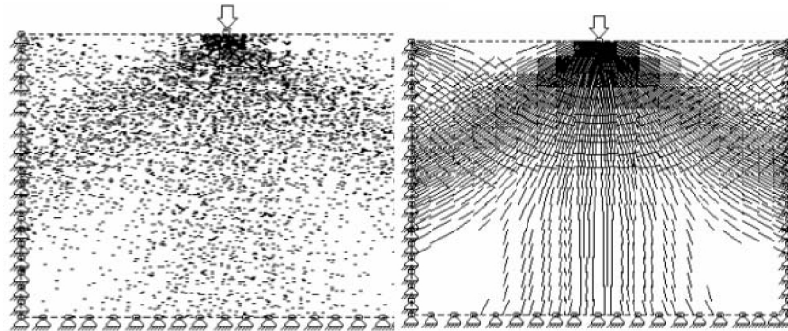


Рис. 2.7. Примеры изображений когнитивного характера

Когнитивный характер данных изображений определяют три фактора. Во-первых, они весьма наглядно, в доступной и адекватной для механики конструкций форме отображают поля физических па-

раметров, полученные в результате трудоемких формальных вычислений на многомерных дискретных математических моделях метода конечных элементов.

Во-вторых, целостное представление большого количества данных о конструкции и ее напряженном состоянии позволяет учащимся выявить основные закономерности, побуждает к формированию гипотез и проведению исследований. В данной задаче, например, соотношение размеров пластины подобрано таким образом, чтобы передача внешней нагрузки осуществлялась как на стенки, так и на дно своеобразного плоского «ящика», что явно прослеживается на графических картинах. Нетрудно также догадаться и, используя пакет прикладных программ оптимизации тренажера, проверить догадку – как следует изменить конфигурацию пластины, чтобы внешняя нагрузка уравнивалась только на дне или на стенках этого «ящика».

И, наконец, третий, самый важный фактор когнитивного характера представленных изображений. Анализ таких картин в сочетании с предшествующим эвристическим проектированием силовых схем для различных условий опирания и нагружения конструкций очень эффективно, как показывает многолетний опыт эксплуатации тренажера, развивает у учащихся профессиональную интуицию, конструкторское «чутье» по выбору рациональных траекторий передачи внутренних усилий в конструкциях.

Однако когнитивная функция мультимедиа может быть реализована и в учебных системах декларативного типа. Например, при первом знакомстве с каким-либо техническим объектом создать его целостный образ в сознании учащихся можно с помощью натурных видеофрагментов, см., например, виртуальный учебный кабинет конструкции самолетов (рис. 2.8). Такой же методический прием широко используется в электронном учебнике по физической культуре при изучении методики выполнения физических упражнений (рис. 2.9). Еще один пример из этого ЭУ – flash-анимация механизма «мышечного насоса» в кровеносной системе человека, имеющая элементы когнитивного характера (рис. 2.10).

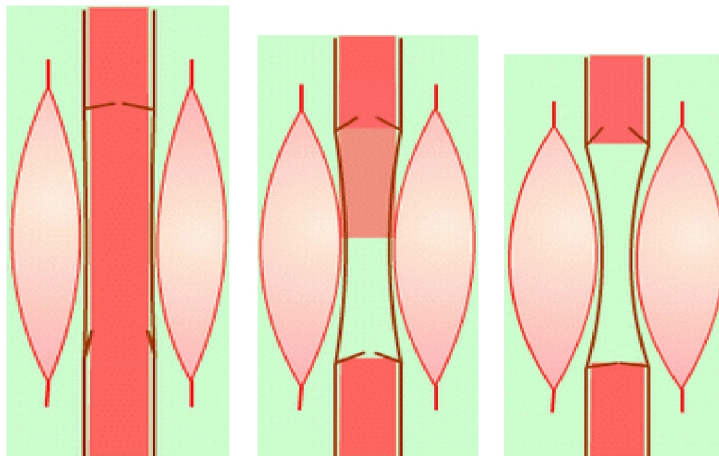


Рис. 2.10. Фрагменты flash-анимации «мышечного насоса»

Конечно, различия между иллюстративной и когнитивной функциями мультимедиа достаточно условны. Нередко обычная графическая иллюстрация, анимация или видеофрагмент может натолкнуть каких-то учащихся на новую мысль, позволит увидеть некоторые элементы знания, которые не «вкладывались» преподавателем-разработчиком учебной компьютерной системы декларативного типа. Таким образом, иллюстративная по замыслу функция мультимедиа объекта превращается в функцию когнитивную. С другой стороны, когнитивная функция компьютерного изображения при первых экспериментах с учебными системами процедурного типа в дальнейших экспериментах может превращаться в функцию иллюстративную для уже «открытого» и, следовательно, уже не нового свойства изучаемого объекта.

Тем не менее, принципиальные отличия в логическом и интуитивном механизмах мышления человека, вытекающие из этих различий формы представления знаний и способов их освоения, делают полезным в методологическом плане различение иллюстративной и когнитивной функций мультимедиа и позволяют более четко формулировать дидактические задачи мультимедиа объектов при разработке компьютерных систем учебного назначения.

Интерактивность мультимедиа объектов. Компьютер как средство пассивного отображения объектов мультимедиа не обладает принципиальной новизной в дидактическом плане. Принципиально новой для сферы обучения является интерактивность, благодаря которой учащиеся могут в процессе анализа мультимедиа объектов динамически управлять их содержанием, формой, размерами и цветом, рассматривать их с разных сторон, приближать и удалять, останавливать и вновь запускать с любого места, менять характеристики освещенности и прodelывать другие подобные манипуляции, добиваясь наибольшей наглядности. Желательно иметь также возможность выбирать форму визуального представления информации.

Возможность управлять мультимедиа объектами активизирует учебную деятельность учащихся. Учащийся может передвигать иллюстрации по экрану, размещая в наиболее удобном для него месте, компоновать их вместе с текстом, закрывать и вновь открывать, прочитывать текст, параллельно рассматривая нужные ему иллюстрации, и т.п. Таким образом создаются предпосылки для наиболее удобного, причем индивидуально для каждого учащегося, восприятия учебной информации.

Следовательно, интерактивность предоставляет возможности не только для пассивного восприятия информации, но и для активного исследования характеристик мультимедиа моделей изучаемых объектов или процессов. Процесс учебной деятельности при этом приближается по своим дидактическим условиям к работе с компьютерными системами процедурного типа. Поэтому интерактивность придает мультимедиа когнитивный характер, вносит игровые и исследовательские компоненты в учебную работу, естественным образом побуждает учащихся к глубокому и всестороннему анализу свойств изучаемых объектов и процессов.

Хорошие интерактивные возможности предоставляет Flash-технология фирмы Macromedia, которая позволяет достаточно просто, на основе типовых приемов, создавать управляемые двумерные анимации. Например, для демонстрации «скрытых» схем работы

элементов ректификационной колонны во flash-анимации, фрагменты которой показаны на рис. 2.11, используется интерактивная лупа.

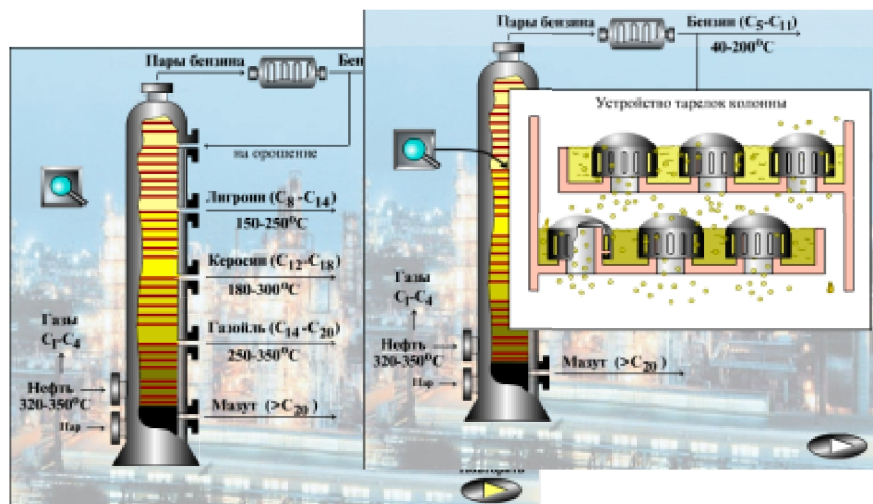


Рис. 2.11. Пример интерактивной flash-анимации с лупой

Язык VRML (Virtual Reality Modeling Language) открывает дверь, за которой вместо плоских двумерных изображений оказываются трехмерные интерактивные миры. Использование специальных проигрывателей VRML в качестве Plug-in (а в современных версиях браузеров эти проигрыватели входят в состав типового программного обеспечения) позволяет управлять трехмерными виртуальными моделями. Программа просмотра VRML – это ваш проводник, позволяющий не только прогуливаться, но и даже совершать некоторые действия в открывшемся перед вами мире. Возможность управлять графическим объектом (передвигать его по экрану, рассматривать со всех сторон, изменять его форму, выполнять какие-либо другие действия с ним) существенно усиливает когнитивную функцию компьютерной графики и анимации за счет более глубокого воздействия на подсознание обучающихся (рис. 2.12).



Рис. 2.12. Панель управления трехмерными графическими моделями в VRML-проигрывателе CosmoPlayer

В качестве примера на рис. 2.13 показаны фрагменты интерактивного взаимодействия с виртуальной моделью из электронного учебника по органической химии для средней школы. Заметим, что этот учебник содержит большое количество мультимедиа объектов различного типа: статическую графику, двумерные и трехмерные анимации, интерактивные трехмерные VRML-модели молекул, Flash-анимации, фрагменты видеофильмов. Дело в том, что при изучении органической химии очень важны когнитивные функции мультимедиа, которые позволяют каждому учащемуся формировать свои собственные ассоциации пространственного строения органических соединений во всей их целостности и многообразии связей. Понимание особенностей строения вещества позволяет учащимся прогнозировать (а не заучивать!) его химические и физические свойства.

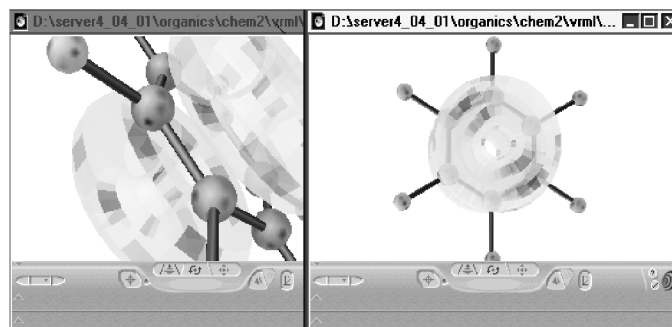


Рис. 2.13. Фрагменты интерактивного взаимодействия с VRML-моделью молекулы бензола

Резюме. Выделение когнитивной функции мультимедиа имеет большое значение для развития интуитивного, образного мышления, чрезвычайно важного для многих сфер профессиональной деятельности. Понимание этой роли мультимедиа позволит педагогам более четко формулировать требования к мультимедиа объектам, используемым в компьютерных системах учебного назначения, устранить ряд негативных факторов, присущих практике компьютеризации обучения, и более полно реализовать дидактический потенциал электронных технологий.

2.3. Элементы управления в сценариях обучающих программ

С позиций педагогической психологии объектом обучения является психика. Один из краеугольных законов этой науки говорит, что психика проявляется, формируется и развивается только в деятельности. Исходя из этого, понятие обучения нередко определяют как *управление познавательной деятельностью* учащихся с целью формирования у них определенных знаний, умений и навыков, развития личностных качеств.

В соответствии с постулатами общей теории управления в любых циклических замкнутых системах управления, в том числе и в педагогических, должны быть реализованы следующие функции:

- 1) формирование целей управления;
- 2) установление исходного состояния объекта управления;
- 3) определение программы воздействий, предусматривающей основные переходные состояния объекта управления;
- 4) систематический сбор информации обратной связи;
- 5) переработка информации обратной связи с целью выработки и реализации корректирующих воздействий.

Остановимся более подробно на особенностях понятия обратной связи, присущих педагогическим системам. Обратную связь (ОС) в триаде «Педагог – Обучающая программа – Обучаемый» можно разделить на два вида: *внешняя и внутренняя ОС* (рис. 2.14).



Рис. 2.14. Схема взаимодействия в триаде
«Педагог - Обучающая программа – Обучаемый»

Внутренняя ОС – это информация, которая поступает от обучающей программы к ученику в ответ на его действия при выполнении упражнений. Она предназначена для *самокоррекции* учеником своей учебной деятельности. Понятие внутренней ОС имеет исключительно важное значение для автоматизации процесса обучения. Внутренняя ОС дает возможность ученику сделать осознанный вывод об успешности или ошибочности учебной деятельности. Она побуждает ученика к рефлексии, является стимулом к дальнейшим действиям, помогает оценить и скорректировать результаты учебной деятельности. Различают консультирующую и результативную внутреннюю ОС. Консультация может быть разной: помощь, разъяснение, подсказка, наталкивание и т.п. Результативная ОС также может

быть различной: от «верно – неверно» до демонстрации правильного результата или способа действия (рис. 2.15).

Информация внешней ОС в рассматриваемой триаде поступает к педагогу и используется им для коррекции деятельности ученика и обучающей программы (рис. 2.16).

Заметим, что эти общие положения для любых видов обучающих программ реализуются в ЭУ при выполнении упражнений в ходе компьютерного тренинга и контроля.

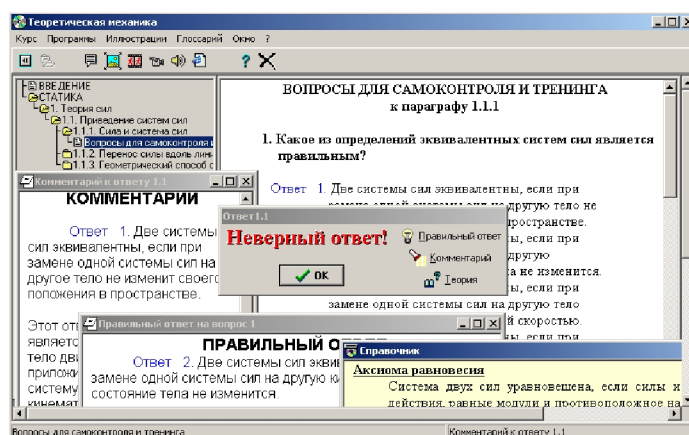
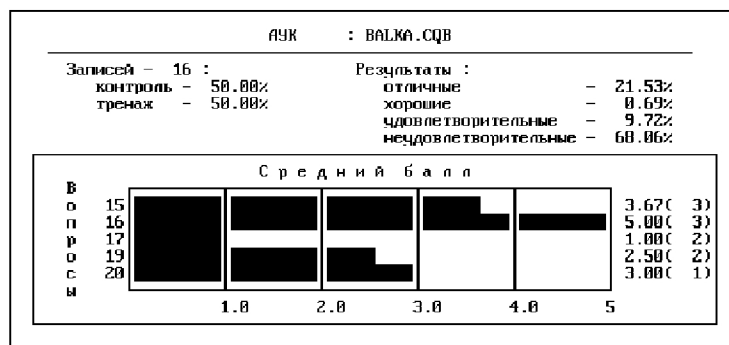


Рис. 2.15. Примеры внутренних ОС в электронном учебнике по механике

Журнал – Анализ результатов



Alt-F-Печать

ESC-Меню

Рис. 2.16. Пример статистики по учебной работе с электронным учебником по сопротивлению материалов

2.4. Подготовка тестов

При проектировании электронных учебников значительная часть работы приходится на создание *тестов*. Они используются в *тренирующих и контрольных упражнениях*. Тренирующее упражнение – это тест, обязательно сопровождаемый внутренней ОС. Контрольное упражнение – это тоже тест, но уже не сопровождаемый внутренней ОС.

Подготовка тестов для тренирующих и контрольных упражнений – это наиболее трудоемкое дело в создании электронного учебника, требующее высокого педагогического мастерства от преподавателя-разработчика. Для каждого УЭ необходимо придумать не только подходящие задания для его усвоения, но и определенным образом расположить и ранжировать их, выбрать форму упражнений (с выборочным, числовым, конструируемым ответами), подготовить эталоны ответов и предусмотреть типовые ошибки.

Структуру теста можно представить в следующем виде:

Тест = Задание + Эталон.

Если в тесте отсутствует *эталон*, то оценка правильности теста подвержена иллюзиям глазомера и субъективным суждениям. А без оценки правильности выполнения теста невозможно провести диагностику и измерение при контроле, сформировать внутреннюю ОС при тренинге.

Общие требования к тестам. Выделяют пять общих требований к тестам:

- валидность;
- определенность (общепонятность);
- простота;
- однозначность;
- надежность.

Различают содержательную и функциональную *валидность*: первая – это соответствие теста содержанию контролируемого учебного материала, вторая – соответствие теста оцениваемому уровню деятельности.

Выполнение требования *определенности* (общедоступности) теста необходимо не только для понимания каждым учеником того, что он должен выполнить, но и для исключения правильных ответов, отличающихся от эталона.

Требование *простоты* теста означает, что тест должен иметь одно задание одного уровня, т.е. не должен быть комплексным и состоять из нескольких заданий разного уровня усвоения.

Однозначность определяют как одинаковость оценки качества выполнения теста разными экспертами. Для выполнения этого требования тест должен иметь эталон. Для измерения степени правильности используют следующую характеристику:

$$K = P1/P2,$$

где $P1$ – количество правильно выполненных существенных операций в тесте или батарее тестов; $P2$ – общее количество существенных операций в тесте или батарее тестов.

Существенными считают те операции в тесте, которые выполняются на проверяемом уровне усвоения α . Операции, принадлежащие к более низкому уровню по α , в число существенных не входят.

При $K\alpha \geq 0.7$ считают, что деятельность на данном уровне усвоена.

Понятие *надежности* тестирования определяют как вероятность правильного измерения величины $K\alpha$. Количественный показатель надежности $r \in [0,1]$. Требование надежности заключается в обеспечении устойчивости результатов многократного тестирования одного и того же испытуемого. Надежность теста или батареи тестов растет с увеличением количества существенных операций P . Так, для $\alpha = 1$ при $P = 20$ вероятность правильного измерения (надежность теста) $r = 0,5$; при $P = 80$ $r = 0,9$; $P = 100$ $r = 0,99$.

Структурирование тестов по уровням усвоения. При подготовке тестов целесообразно структурировать их по уровням усвоения α . Причем эта градация зависит не только от тестовых заданий, но и от целевых групп обучающихся.

Набор тренирующих упражнений для каждого УЭ должен содержать упражнения по каждому уровню усвоения от исходного α_n до конечного α_k . При этом для каждого УЭ на каждом уровне необходимо не менее 2-5 упражнений, чтобы обеспечить усвоение с $K\alpha > 0,7$.

Тесты первого уровня. Напомним, что деятельность первого уровня (опознание, $\alpha = 1$) – это репродуктивная деятельность с помощью (с внешней опорой). В приведенных ниже примерах (табл. 2.1) внешней опорой являются представленные явно сами объекты, по которым задаются вопросы. Здесь и ниже рассматриваются, в основном, примеры тестов по программированию как наиболее инвариантной для потенциальных читателей отрасли знаний.

Таблица 2.1. Примеры тестов первого уровня

N п/п	Задания	Эталоны	P
	Опознание		
1	Является ли оператор GOTO оператором безусловного перехода?	ДА	1
	Различение		
2	Какой из представленных операторов является оператором безусловного перехода? 1. GOTO; 2. DO... WHILE...; 3. IF... THEN... ELSE... .	GOTO	3
	Классификация		
3	Укажите операторы условного и безусловного перехода: 1. GOTO; 2. DO... WHILE... ; 3. IF... THEN... ELSE... .	Безусловного GOTO, условного – остальные	6

Тесты второго уровня. Напомним, что деятельность второго уровня (воспроизведение, $\alpha = 2$) – это воспроизведение ранее усвоенной информации по памяти от буквальной копии до применения в типовых ситуациях (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Примеры тестов второго уровня

N п/п	Задания	Эталоны	P
	Тесты подстановки		
1	Оператор ... является оператором безусловного перехода?	GOTO	1
	Конструктивные тесты		
2	Какой оператор обеспечивает безусловную передачу управления в программе?	GOTO	1
3	Дайте определение ...	Ключевые слова, символы, порядок их расположения	По числу ключевых слов
4	Напишите формулу ...		
5	Перечислите признаки (свойства) ...		
	Типовые задачи		
6	Запишите оператор безусловного перехода из любого места программы к оператору, помеченному меткой А	GOTO А	1
7	Определите величину тока в сети с напряжением $U = 150 \text{ В}$ и сопр. $R = 50 \text{ Ом}$	1. $I = U/R$. 2. $I = 150/50 = 3 \text{ А}$	1

Тесты третьего уровня. При достижении третьего уровня усвоения материала ($\alpha = 3$) учащийся способен самостоятельно воспроизводить и преобразовывать усвоенную информацию для обсуждения известных фактов и продуцирования о них субъективно новой информации (новой для него), а также для применения ее в разнообразных нетиповых, реальных ситуациях.

Многие нетиповые задачи естественным образом в процессе обучения переходят в разряд типовых задач ($\alpha = 2$). Однако могут быть учебные задачи, которые по своей природе всегда остаются нетиповыми, сколько бы мы ни упражнялись в их решении, например формулировка проектной задачи в терминах математического программирования. Учащийся изучил объект проектирования, владеет математическими методами оптимизации. Если объект достаточно сложен, то его проектирование распадается на ряд разнообразных частных проектных задач. Рассмотреть все возможные ситуации в ходе обучения, т.е. перевести их в разряд типовых, зачастую невозможно ввиду их многообразия. Поэтому декомпозиция общей задачи на ча-

стные, приведение частных задач к стандартному виду, используемому в оптимизации, является практически всегда нетиповой ситуацией ($\alpha = 3$).

Тип и форма теста. Необходимо различать *тип* и *форму* теста. *Тип теста* связан с уровнем усвоения: опознание, различение, классификация – типы тестов первого уровня ($\alpha = 1$); тесты подстановки, конструктивные тесты, типовые задачи – типы тестов второго уровня ($\alpha = 2$); нетиповые задачи – тесты третьего уровня ($\alpha = 3$). Тип теста определяется характером внутренней мыслительной деятельности, которую должен выполнить учащийся при решении теста.

Форма теста определяет его внешнее представление. Современные инструментальные средства для создания электронных учебников позволяют строить тесты с выборочными, числовыми, конструируемыми ответами. На практике чаще всего применяют тесты с выборочными ответами. Они проще в подготовке (не нужно создавать множество эталонов правильных ответов, обеспечить полноту которого крайне затруднительно) и, что самое главное, проще в использовании. В тестах с выборочными ответами учащиеся основные усилия затрачивают на выполнение задания, а не на набор ответов.

Нередко тесты с выборочными ответами связывают только с первым уровнем усвоения (опознание, различение, классификация). К сожалению, это достаточно широко распространенное дидактическое заблуждение является результатом поверхностного суждения. Для определения типа теста важна не его форма, а вид мыслительной деятельности, которую выполняет учащийся при решении теста. Если учащийся анализирует представленные варианты ответов, выполняя операции опознания, различения или классификации, то это тест первого уровня. Если же учащийся сначала конструирует ответ, вспоминая ранее усвоенную информацию, либо применяя ее для решения типовой или нетиповой задачи, и лишь после этого выбирает ответ из представленных вариантов, то это тест соответственно второго или третьего уровня усвоения. Причем, если число вариантов ответов больше трех (5–7), то вероятность угадывания невелика. Поэтому при подготовке теста с выборочными ответами необходимо

четко представлять (реконструировать) вид мыслительной деятельности, которую будет выполнять учащийся при его решении.

2.5. Типовые сценарии и экранные формы электронных учебников

Как уже отмечалось выше, дидактическая ниша ЭУ – теоретическая подготовка учащихся (восприятие, осмысление и закрепление учебного материала). В соответствии с этим можно выделить три основных дидактических функции ЭУ (рис. 2.17):

- просмотр (изучение) теории;
- тренаж по теории;
- контроль.

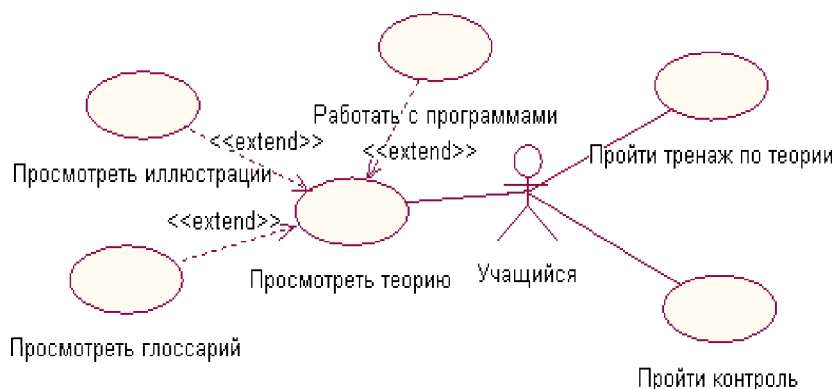


Рис. 2.17. Диаграмма вариантов использования ЭУ для категории *Учащийся*

Реализация этих функций может иметь разнообразные сценарные формы. Многообразие этих форм иллюстрируют многочисленные компакт-диски, выпускаемые коммерческими фирмами и университетами, сайты учебного назначения в Интернете. На выбор тех или иных форм влияет ряд факторов: характеристики целевых групп, особенности учебной дисциплины, вкусы и фантазии разработчиков, используемые инструментальные средства, бюджет проекта и др. В частности, для детей младшего возраста интересна, хотя и сложна в реализации концепция специальных программных педагогических агентов.

Ниже рассмотрим типовые и достаточно универсальные сценарные схемы системы КАДИС, успешно используемые на протяжении ряда лет в электронных учебниках по различным учебным дисциплинам и для разных уровней образования.

Просмотр (изучение) теории. Основу этого сценария составляет работа со структурированным учебным текстом и поясняющими его мультимедиа иллюстрациями (рис. 2.18).

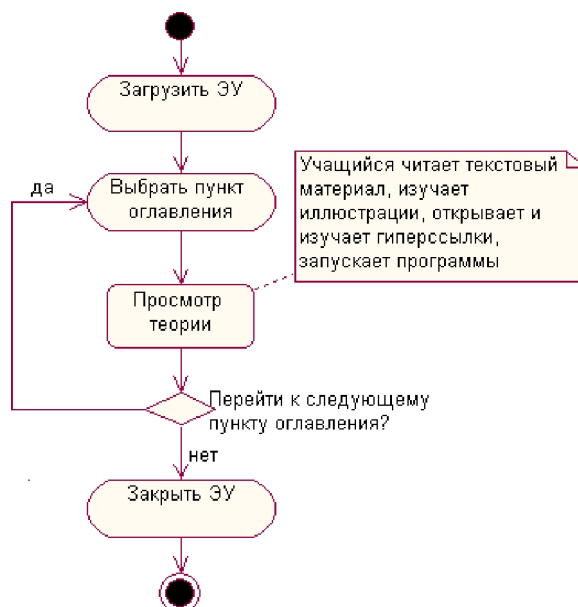


Рис. 2.18. Диаграмма деятельности для варианта использования ЭУ
Изучить теорию

При работе с ЭУ экран компьютера делится на два основных окна (рис. 2.19). В левом (более узком по вертикали) окне размещается оглавление выбранной части ЭУ, в правом – тексты ее разделов. Навигация осуществляется перемещением курсора «мыши» по древовидному оглавлению, пункты которого могут сжиматься до верхних заголовков разделов или разворачиваться полностью по двойному щелчку «мыши». Оглавление всегда присутствует на экране, поэтому даже при детальной структуризации учебного материала обеспечивается целостность его восприятия.

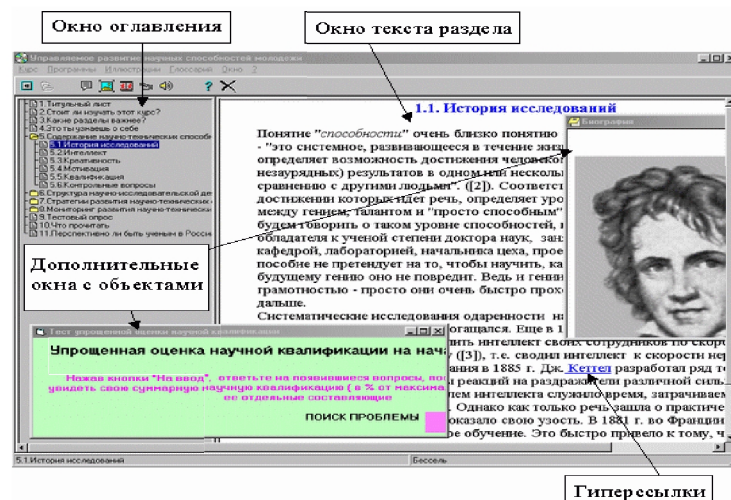


Рис. 2.19. Типовая экранная форма ЭУ при изучении теории

При активизации пункта оглавления щелчком «мыши» в правое окно загружается соответствующий ему учебный текст. В тексте могут быть определены гиперссылки (обычно выделяют цветом и подчеркивают) на различные мультимедиа объекты (поясняющие тексты, графические иллюстрации, анимации, аудио- и видеоклипы, подключаемые программы и т.п.). При активизации ссылки соответствующий объект загружается в дополнительное окно. Число таких окон можно не ограничивать. Окна можно перемещать по экрану, уменьшать-увеличивать, сворачивать-разворачивать, запускать-останавливать (например, проигрывание видеоклипов) и выполнять ряд других манипуляций, типовых для Windows и его приложений.

Заметим, что возможность управлять мультимедиа объектами активизирует учебную деятельность учащихся. Учащийся может передвигать иллюстрации по экрану, размещая в наиболее удобном для него месте, компоновать их вместе с текстом, закрывать и вновь открывать, прочитывать текст, параллельно рассматривая нужные ему иллюстрации, и т.п. Таким образом, создаются предпосылки для наиболее удобного, причем индивидуально для каждого учащегося, восприятия учебной информации. Если позволяют ресурсы, то целесообразно озвучивать (дублировать) текст, «пряча» соответствующий

щий аудиофрагмент под гиперссылкой, в расчете на тех учащихся, кто лучше воспринимает информацию на слух.

Тренаж по теории. Это, несомненно, самый важный этап работы с ЭУ, поскольку только в ходе собственной активной деятельности учащегося может быть достигнута главная дидактическая цель применения электронных учебников в обучении – осмысление учебного материала, его интериоризация (переход из внешнего плана во внутренних) и запоминание. Эта цель достигается в ходе интерактивного взаимодействия учащегося с различными компонентами учебного материала (рис. 2.20). Для реализации такого взаимодействия можно использовать две простых, но достаточно эффективных сценарных схемы.

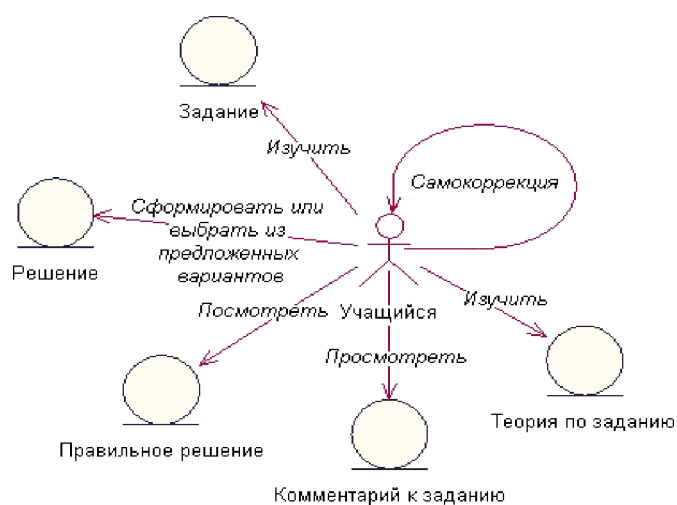


Рис. 2.20. Диаграмма взаимодействия объектов и пользователей для варианта использования ЭУ *Тренаж по теории*

Первая схема предельно проста. После текста задания, которое учащемуся предлагается выполнить на бумаге или в уме, следует гиперссылка (например «Комментарий к вопросу»). В этой гиперссылке можно «спрятать» правильный ответ, комментарий к нему, ссылку на теорию и т.п. (рис. 2.21).

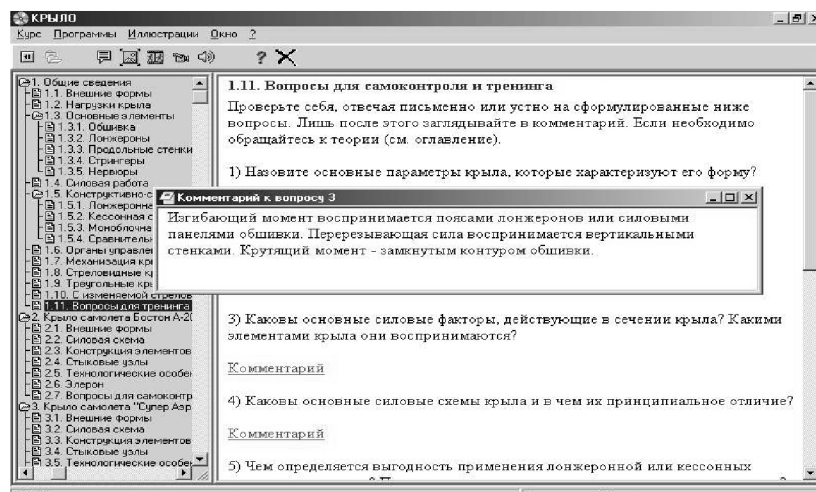


Рис. 2.21. Пример экранной формы тренажа по теории

Конечно, такую схему целесообразно использовать, учитывая сложность заглянуть в гиперссылку не решая задание, для взрослых обучающихся с высоким уровнем мотивации и самосознания.

Во второй схеме тренажа применяются тесты с выборочными ответами. После ответа на вопрос и получения сообщения о его правильности учащийся может посмотреть правильный ответ, комментарий к ответу (например, ход решения задачи), полную теорию к вопросу из соответствующего раздела ЭУ (см. пример экранной формы на рис. 2.15).

Контроль. Тестирование в ЭУ используют для промежуточного или итогового контроля уровня усвоения учебного материала соответственно по отдельным разделам или по всему ЭУ. Обычный сценарий контроля выглядит следующим образом (рис. 2.22).

Учащийся регистрируется в подсистеме контроля и выбирает необходимый набор (батарею) тестов, либо необходимая батарея тестов загружается автоматически. Далее начинается процесс тестирования (рис. 2.23). При этом для определения количества и последовательности предъявления тестовых заданий могут использоваться различные алгоритмы (см. ниже).

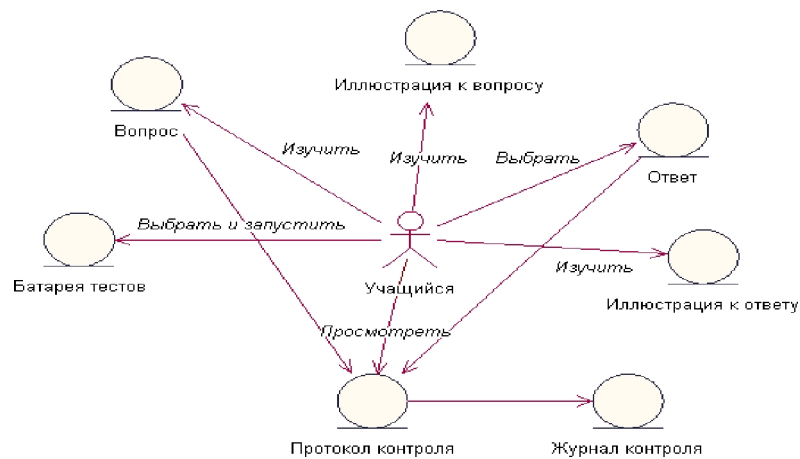


Рис. 2.22. Диаграмма взаимодействия объектов и пользователей для варианта использования ЭУ *Пройти контроль*

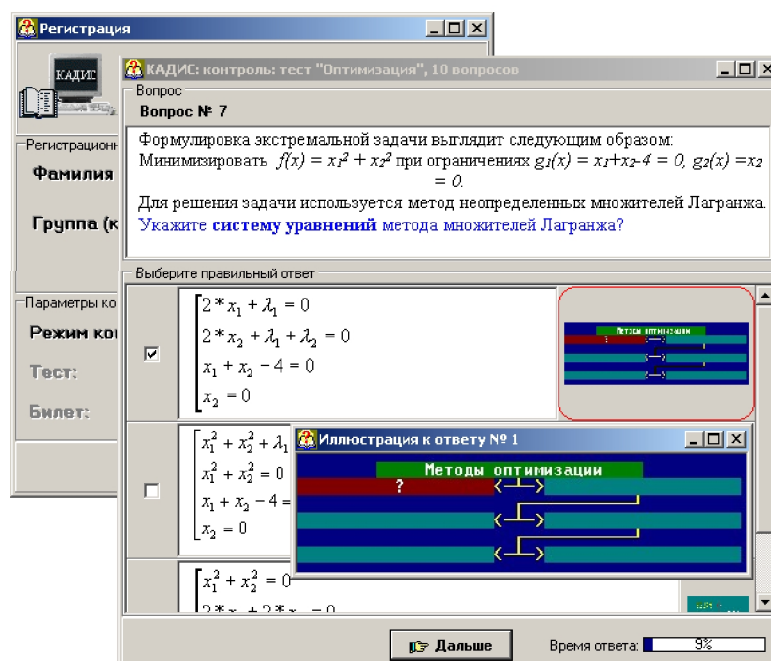


Рис. 2.23. Пример экранных форм процесса тестирования

По окончании тестирования учащийся получает протокол тестирования, где он может увидеть количество набранных баллов, полученную оценку, список пройденных вопросов. Для каждого теста должна быть предусмотрена возможность сравнить данный в ходе тестирования ответ с правильным ответом, что обеспечивает продолжение осмысления и закрепления учебного материала, начатого на этапе тренажа. Особенно это важно при промежуточном тестировании. Да и при итоговом тестировании, чтобы избежать возможных недоразумений, особенно в случае неудовлетворительной оценки, целесообразно предъявлять протокол контроля (рис. 2.24).

Результаты теста

Закончен тест:
КРЫЛО

Пройдено вопросов: **25** из **29** Набрано баллов: **93,00%** Оценка: **ОТЛИЧНО**

Вопрос №	Вес вопроса	Ответ №	Баллы за ответ	Макс. кол-во баллов
21	1	1	5	5
22	1	4	5	5
23	1	3	5	5
24	1	1	5	5
25	1	2	0	5

Вопрос

Вопрос № 15

Тип стыкового узла подкосной балки крыла МИГ - 15 с фюзеляжем

Выбранный ответ

Шарнирный узел

Правильный ответ

Моментный узел

13:31 | Среда 06.02.2002

Рис. 2.24. Пример протокола контроля

Информация о результатах тренажа и контроля обычно записывается в журнал успеваемости ЭУ, при этом программы управления журналом должны обеспечивать сортировку информации по различным признакам, проведение статистического анализа для выявления «трудного» и «легкого» учебного материала (рис. 2.25).

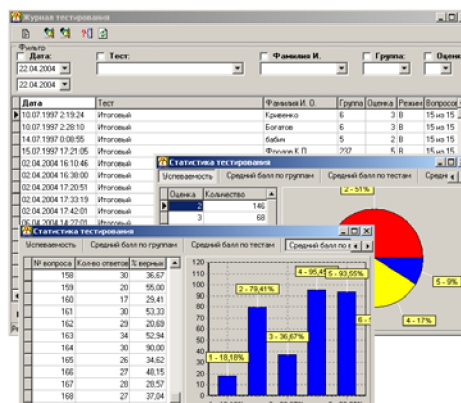


Рис. 2.25. Примеры экранных форм журнала успеваемости ЭУ

Работа со словарем терминов и понятий. Это хотя и не основной, но важный сценарий учебной работы с ЭУ. Наиболее простая сценарная схема предусматривает выборку термина из отсортированного по алфавиту глоссария и расшифровку его по гиперссылке. Можно рекомендовать также более сложную, но, как показывает опыт, весьма популярную у обучающихся схему работы с глоссарием, когда по выбранному термину можно не только получить его расшифровку, но и посмотреть теорию, пройти тренаж или контроль с выполнением относящихся к термину тестовых заданий (рис. 2.26).

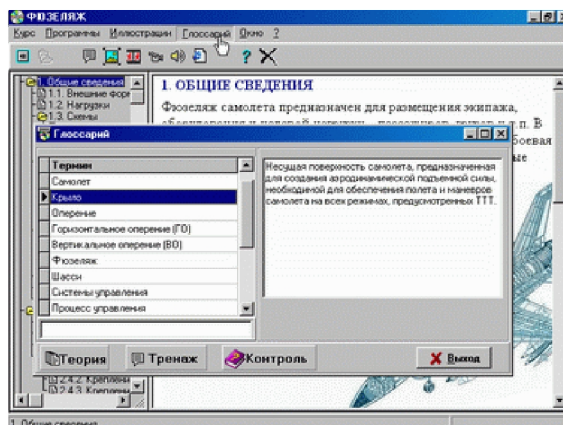


Рис. 2.26. Пример учебной работы со словарем терминов и понятий

Локальная работа с мультимедиа объектами. При просмотре теории в ЭУ, как уже отмечалось выше, по гиперссылкам в учебном тексте в отдельные окна могут выводиться различные мультимедиа объекты, иллюстрирующие содержание изучаемого раздела. Весьма полезной для пользователей ЭУ (обучающихся и преподавателей) может оказаться и возможность локального выбора мультимедиа объектов из отдельных списков и просмотра графических иллюстраций, запуска анимаций, аудио- и видеоклипов, выполнения подключенных программ (рис. 2.27). Такая возможность полезна для иллюстрации лекционных занятий, выборочного просмотра-напоминания основных теоретических положений и т.п.

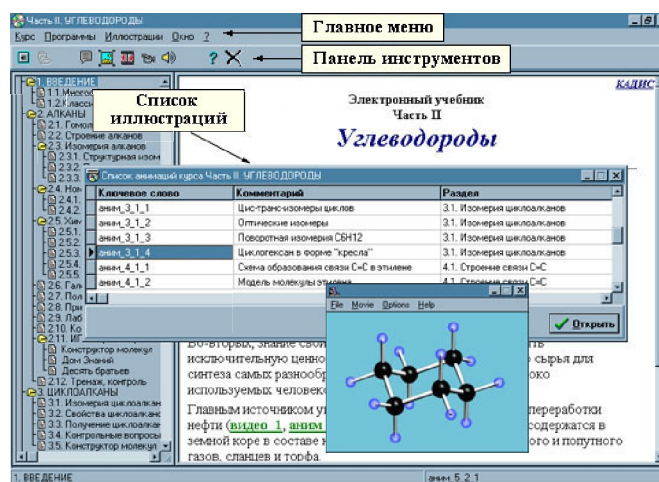


Рис. 2.27. Локальный выбор и запуск мультимедиа объектов

2.6. Алгоритмы контроля и тренажа

Для промежуточного контроля по отдельным разделам ЭУ возможна как полная, так и частичная (обычно с использованием элементов случайности) выборка тестовых заданий из батареи тестов контролируемого раздела. Рассмотрим два алгоритма контроля при частичной выборке: контроль с фиксированным числом тестов в наборе (ФЧТ) и контроль с переменным числом тестов (ПЧТ).

Контроль с фиксированным числом тестов. При контроле по схеме ФЧТ каждому учащемуся, независимо от качества его ответов, предъявляется определенное количество контрольных упражнений в наборе тестов, созданном случайным образом из всей совокупности упражнений батареи тестов. Исходными данными для контроля с ФЧТ являются четыре числа: Q – количество тестовых заданий в наборе, E – минимальное количество баллов для оценки «отлично», G – минимальное количество баллов для оценки «хорошо», S – для оценки «удовлетворительно».

Простейший алгоритм контроля с ФЧТ можно представить в виде ориентированного графа, состоящего из 5 вершин (рис. 2.28). Начальная вершина этого графа соответствует собственно контролю – получению набора Q тестовых заданий, вводу ответов по каждому заданию и анализу набранного суммарного количества баллов B . Конечные вершины графа – это различные исходы (результаты) контроля, соответствующие общепринятым оценкам.

Величины B , E , G , S вычисляются по следующим формулам:

$$B = \sum B_i V_i, \quad E = K_E B_{\max} \sum V_i, \quad G = K_G B_{\max} \sum V_i, \quad S = K_S B_{\max} \sum V_i,$$

где i меняется от 1 до Q ; V_i – вес теста, $V_i \in [0,1]$;

$B_{\max}$ – предельное число баллов за тест, принятое в шкале контроля (например 5, 10 и т.д.);

B_i – оценка в баллах за тест (обычно целочисленная), $B_i \in [0, B_{\max}]$;

K_E , K_G , K_S – коэффициенты, определяющие нижние границы оценок (отл., хор., уд.) соответственно. Согласно рекомендациям модуля 2 курса их можно принимать $K_E = 0.9$, $K_G = 0.8$, $K_S = 0.7$.

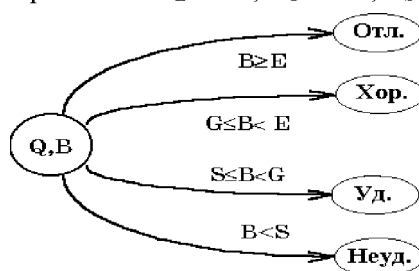


Рис. 2.28. Граф алгоритма контроля с ФЧТ

Контроль с переменным числом тестов. При контроле с ПЧТ заранее известно лишь начальное минимальное количество контрольных упражнений в наборах тестов, предъявляемых учащимся. Если ответы учащихся неверны, то к этому минимуму добавляются дополнительные задания. Их количество зависит от степени правильности ответов – чем хуже отвечает учащийся, тем больше он получает заданий. Такая схема контроля поощряет, с одной стороны, учащихся, которые сразу отвечают безукоризненно. С другой стороны, она напоминает опрос преподавателя, который, предоставляя учащемуся возможность сгладить впечатление от ранее сделанной ошибки, задает дополнительные вопросы.

Рассмотрим алгоритм контроля с ПЧТ, успешно используемый в системе КАДИС для экспресс-контроля (рис. 2.29).

В этом алгоритме предельное число баллов за тест, принятое в шкале контроля, $B_{\max} = 5$, веса всех тестов V_i одинаковы и равны единице, $K_E = 0.9$, т.е. $E' = 4.5Q'$. Ориентированный граф такого алгоритма состоит из 8 вершин. Начальная вершина этого графа соответствует получению набора Q' контрольных упражнений, вводу ответов и анализу набранного количества баллов $B1'$. В остальных трех вершинах верхнего уровня добавляется по одному вопросу, вводится ответ и анализируется набранное количество баллов ($B2'$, $B3'$, $B4'$). При этом границы неравенств приняты на основе эвристических соображений. Вершины нижнего уровня – это различные исходы (результаты) контроля, соответствующие общепринятым оценкам.

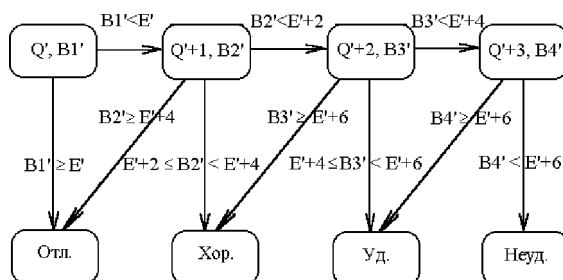


Рис. 2.29. Граф алгоритма контроля с ПЧТ

В тренаже по теории также можно использовать идею ПЧТ. Исходными данными для управления здесь являются: минимально необходимое количество упражнений $Q_{\min}$ и две пороговые величины уровня усвоения. Если после выполнения $Q_{\min}$ упражнений текущее значение уровня усвоения меньше заданного нижнего порога, то тренаж прекращается и учащемуся дается рекомендация более внимательно изучить учебный материал ЭУ в режиме просмотра теории. Если же текущий уровень усвоения больше нижней пороговой величины, то тренаж продолжается до достижения верхнего порога уровня усвоения или пока не будут выполнены все упражнения.

Контроль по билетам. Для *итогового контроля* целесообразно использовать *билеты* – наборы сформированных в определенном количестве и в определенной последовательности тестовых заданий. Такой подход позволяет охватить все разделы ЭУ, составить примерно равноценные по содержанию и трудности наборы тестовых заданий, что практически невозможно при случайной выборке. Элементы случайности здесь применяют при выборке билетов и так же, как во всех предыдущих алгоритмах, при размещении вариантов ответов для тестов с выборочными ответами.

2.7. Структура и основные этапы проектирования электронного учебника

Структура ЭУ может быть представлена в следующем виде (рис. 2.30).

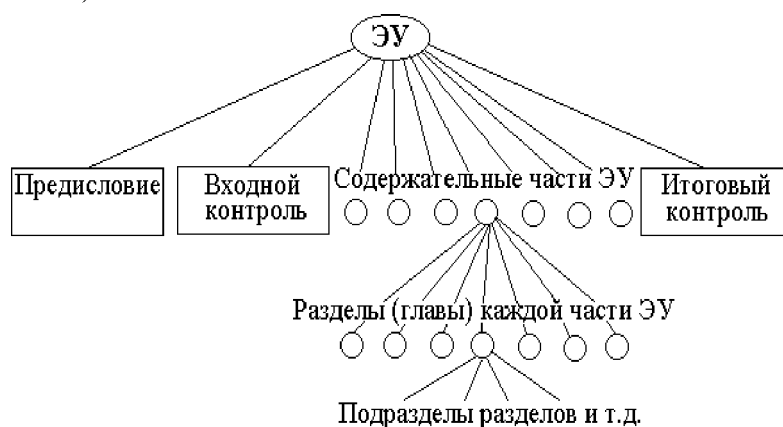


Рис. 2.30. Структура электронного учебника

В предисловие ЭУ целесообразно включать следующую информацию:

- мотивационный блок (кому и зачем необходим данный ЭУ);
- общее описание ЭУ в содержательном и технологическом плане;
- методические рекомендации по работе с ЭУ;
- описание техники работы с ЭУ;
- сведения об авторах;
- список печатных прототипов и других литературных источников.

Входной контроль необходим для выявления пробелов в знаниях, которые могут не позволить в полной мере освоить учебный материал ЭУ. Итоговый контроль используется для интегральной оценки уровня усвоения всего учебного материала ЭУ.

В содержательном плане структура ЭУ строится на основе модели содержания учебного материала (см. главу 1 данного пособия). Если ЭУ достаточно объемён по содержанию, в нем могут быть выделены отдельные части, причем эта структуризация осуществляется на заставке ЭУ (рис. 2.31).



Рис. 2.31. Пример заставки ЭУ со структурой верхнего уровня

Каждая часть ЭУ может строиться по типовой схеме: введение, основные разделы (главы), заключение. В свою очередь, главы разбиваются на разделы, разделы - на подразделы и т.д. (см., например, рис. 2.19).

Структура и последовательность оглавления каждой части ЭУ определяются в соответствии с моделями содержания и освоения учебного материала.

Целесообразно так структурировать учебный материал, чтобы в идеале основной учебный текст по каждому учебному элементу модели содержания (пункту оглавления) умещался на экране компьютера целиком, не требуя линейки прокрутки. Этот текст должен быть лаконичен, содержать лишь самые необходимые иллюстрации. Всю дополнительную информацию по данному учебному элементу – поясняющие тексты, дополнительные графические иллюстрации, анимации, видеофрагменты и т.п. – размещают в основном тексте под гиперссылками. Таким образом, лаконичность и обозримость основного описания сочетается с более детальной скрытой информацией, которая просматривается лишь в случае необходимости.

В конце разделов или подразделов следует планировать набор упражнений для самоконтроля и тренинга, а в конце каждой части – батарею тестов для итогового контроля.

Резюмируя рассмотренный выше учебный материал, можно рекомендовать следующую последовательность проектирования ЭУ.

1. Разбиение ЭУ на отдельные части и подготовка проекта его заставки.
2. Разработка моделей содержания и моделей освоения каждой части ЭУ. Эти модели строят на основе соответствующих моделей для всего учебного мультимедиа комплекса (см. выше п. 2.5). При этом производят более детальную структуризацию учебного материала, исходя из рекомендуемого объема учебного текста для каждого учебного элемента – размещение на экране по возможности без линейки прокрутки.
3. Подготовка оглавлений для каждой части ЭУ. За основу принимают соответствующие модели содержания и освоения.

4. Подготовка содержания основных и дополнительных учебных текстов по каждому учебному элементу (пункту оглавления), эскизов графических иллюстраций, сценариев анимаций и видеоклипов.

5. Разработка тестов для самоконтроля и тренинга по разделам (или подразделам ЭУ) и комментариев (обратных связей) к ним. Для каждого УЭ готовят не менее 2–5 упражнений на каждом уровне усвоения α , предусмотренном в модели содержания учебного материала. Тип тестов выбирают в соответствии с уровнем усвоения α и выбранным психологическим механизмом усвоения. Последовательность выполнения упражнений планируют также с учетом выбранной теории усвоения. Форму упражнений определяют на основе возможностей используемых инструментальных средств.

6. Разработка тестов для итогового контроля по отдельным частям и всему ЭУ.

7. Подготовка структуры и содержания предисловия к ЭУ.

2.8. Вопросы для самоконтроля

Проверьте себя, отвечая письменно или устно на вопросы. Лишь после этого заглядывайте в приведенные ниже комментарии. Если необходимо, обращайтесь к теории.

1. Как можно определить понятие «*Электронный учебник*»?
2. Какая психологическая теория усвоения знаний использует формулу $C \rightarrow P \rightarrow П$, где C – ситуация; P – реакция; $П$ – подкрепление?
3. В чем суть закона *тренировки*, сформулированного в бихевиоризме?
4. В чем суть закона *эффекта*, сформулированного в бихевиоризме?
5. Нарисуйте схему *разветвленного* программирования.
6. Нарисуйте *универсальную* схему усвоения знаний в теории *программированного обучения*.
7. Как определяют понятие *ассоциации* в ассоциативно-рефлекторной теории усвоения знаний?

8. Как *трактуют обучение* в ассоциативно-рефлекторной теории усвоения знаний?

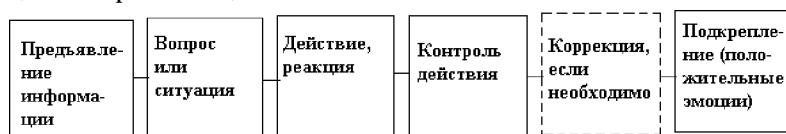
9. Какие *ассоциативные связи* различают в ассоциативно-рефлекторной теории усвоения знаний?

10. Нарисуйте схему усвоения знаний в *ассоциативно-рефлекторной теории обучения*.

11. Нарисуйте схему усвоения знаний в *теории поэтапного формирования умственных действий*.

12. Нарисуйте технологическую схему усвоения знаний в *теории алгоритмизации*.

13. Как используют приведенную на рисунке *универсальную схему усвоения знаний* в ассоциативно-рефлекторной теории обучения, теории поэтапного формирования умственных действий, в концепции алгоритмизации?



14. Какой принцип является основополагающим в *гештальт-психологии*?

15. В чем суть *дуализма* человеческого мышления?

16. Как бы вы связали основной *принцип гештальтпсихологии* с использованием *мультимедиа* в компьютерных системах учебного назначения?

17. В чем *суть различий* между иллюстративной и когнитивной функциями мультимедиа?

18. В чем принципиальная в дидактическом плане *новизна компьютера как средства отображения объектов мультимедиа*?

19. Как определяют *понятие обучения* в педагогической психологии?

20. Какие *два вида обратных связей* различают в триаде «Педагог - ЭУ – Обучаемый»?

21. Определите понятие «внутренней обратной связи» в электронном учебнике.

22. Определите понятие «*внешней обратной связи*» в электронном учебнике.
23. Нарисуйте на бумаге схему взаимодействия в триаде «*Педагог - ЭУ – Обучаемый*».
24. В каких компонентах ЭУ используются *тесты*?
25. Чем *отличаются* тренирующие и контрольные упражнения?
26. Какие виды информации внутренней ОС *включают в комментарии* к тренирующим упражнениям?
27. Что является *обязательным компонентом теста* достижений, кроме задания на выполнение теста?
28. Какова структура основных компонентов теста?
29. Что означает требование *валидности* теста?
30. Что означает требование *определенности (общедоступности)* теста?
31. Что означает требование *простоты* теста?
32. Что означает требование *однозначности* теста?
33. Что такое *надежность* тестирования?
34. Какие пять общих *требований* предъявляют к тестам?
35. Как определяют *степень правильности* выполнения теста?
36. *Какого типа упражнения* необходимы для освоения каждого УЭ?
37. Какого типа тесты используют на *первом уровне усвоения* учебного материала?
38. Какого типа тесты используют на *втором уровне усвоения* учебного материала?
39. Какого типа тесты используют на *третьем уровне усвоения* учебного материала?
40. Какого типа тесты можно готовить *в форме заданий с вариантами ответов*?
41. Вспомните *три основных дидактических функции* ЭУ.
42. Какие *четыре обязательных числа* задают в качестве исходных данных для контроля с фиксированным числом тестовых заданий в наборе тестов, предъявляемых каждому учащемуся?
43. Перечислите *шесть этапов проектирования* электронного учебника.

Комментарии к вопросам

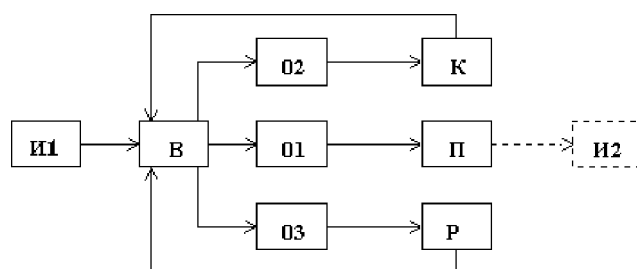
1. Электронный учебник (ЭУ) можно определить как *программно-информационную систему*, состоящую из программ для ЭВМ, реализующих сценарии учебной деятельности, и определенным образом подготовленных знаний (структурированной информации и системы упражнений для ее осмысления и закрепления).

2. Теория *линейного* программирования Б. Скиннера.

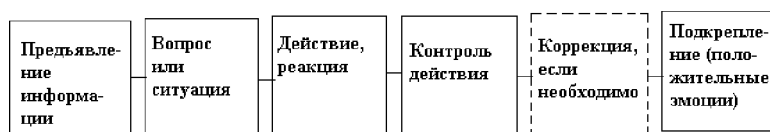
3. Чем *чаще повторяется* определенная реакция на ситуацию, тем прочнее связь между ними, а прекращение тренировки (повторения) приводит к ослаблению этой связи.

4. Если связь между ситуацией и реакцией сопровождается состоянием удовлетворенности (удовольствия) индивида, то *прочность этой связи возрастает* и наоборот: прочность связи уменьшается, если результат действия приводит к состоянию неудовлетворенности.

5.



6.



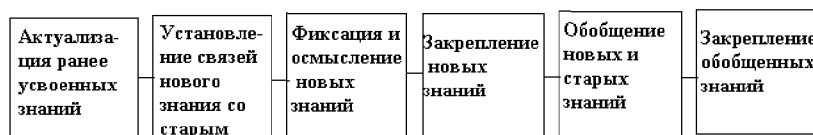
7. Как *связь* между психическими явлениями, при наличии которой актуализация одного явления вызывает появление другого.

8. Обучение в ассоциативно-рефлекторной теории трактуется как *установление связей* между различными элементами знания.

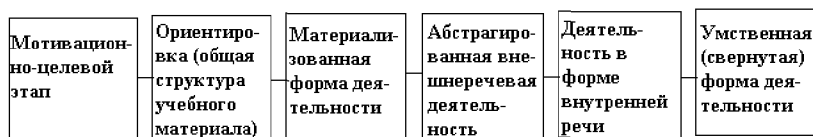
9. Связи принято делить на *внешние и внутренние*. Внешние связи дают чисто механическое заучивание. Например, правило для

запоминания цветового спектра: «Каждый Охотник Желает Знать, Где Сидит Фазан». Внутренние же, логические связи, позволяют из одних элементов знания получать (выводить) другие элементы.

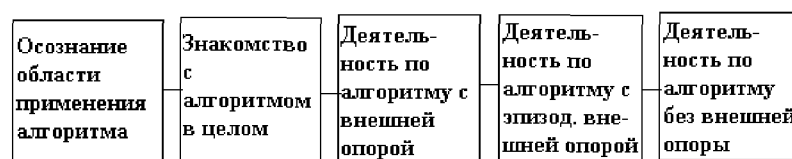
10.



11.



12.



13. Для реализации каждого технологического блока всех этих теорий усвоения знаний.

14. В основу этого направления в психологии положено понятие гештальта (от нем. Gestalt - форма, образ, облик, конфигурация). Ведущим в гештальтпсихологии является *принцип целостности*, несводимости целого к сумме составляющих.

15. Человеческое сознание использует два механизма мышления. Один из них позволяет работать с абстрактными цепочками символов, с текстами и т.п. Этот механизм мышления обычно называют символическим, алгебраическим или *логическим*. Второй механизм мышления обеспечивает работу с чувственными образами и представлениями об этих образах. Его называют *образным*, геометрическим, интуитивным. Физиологически логическое мышление связано с левым полушарием человеческого мозга, а образное мышление - с правым полушарием.

16. Дело в том, что главной целью мультимедиа является *создание образа* изучаемого явления или объекта. Мультимедиа воздействует в основном на правополушарное, образное мышление, а оно оперирует цельным представлением. Такая интерпретация очень близка гештальтпсихологии, в которой ведущим является именно принцип целостности рассматриваемого, а в учебных системах – изучаемого явления или объекта.

17. *Иллюстративная функция* обеспечивает поддержку логического мышления. В этом случае объект мультимедиа подкрепляет, иллюстрирует какую-то четко выраженную мысль, свойство изучаемого объекта или процесса, т.е. то, что уже сформулировано преподавателем-разработчиком. *Когнитивная же функция* состоит в том, чтобы с помощью некоего объекта мультимедиа получить новое, т.е. еще не существующее даже в голове специалиста знание или, по крайней мере, способствовать интеллектуальному процессу получения этого знания.

18. Компьютер как средство пассивного отображения объектов мультимедиа не обладает принципиальной новизной в дидактическом плане. Принципиально новой для сферы обучения является *интерактивность*, благодаря которой учащиеся могут в процессе анализа мультимедиа объектов динамически управлять их содержанием, формой, размерами и цветом, рассматривать их с разных сторон, приближать и удалять, останавливать и вновь запускать с любого места, менять характеристики освещенности и проделывать другие подобные манипуляции, добиваясь наибольшей наглядности. Желательно иметь также возможность выбирать форму визуального представления информации.

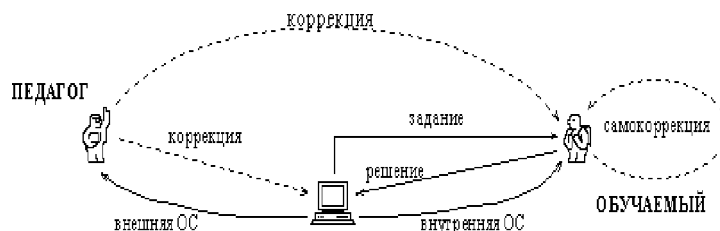
19. С позиций педагогической психологии объектом обучения является психика. Один из краеугольных законов этой науки говорит, что психика проявляется, формируется и развивается только в деятельности. Исходя из этого, понятие обучения нередко определяют как *управление познавательной деятельностью* учащихся с целью формирования у них определенных знаний, умений и навыков, развития личностных качеств.

20. Обратную связь (ОС) в триаде "Педагог – Обучающая программа – Обучаемый" можно разделить на два вида: *внешняя и внутренняя ОС*.

21. Внутренняя ОС – это информация, которая поступает от обучающей программы к ученику в ответ на его действия при выполнении упражнений. Она предназначена для *самокоррекции* учеником своей учебной деятельности. Понятие внутренней ОС имеет исключительно важное значение для автоматизации процесса обучения. Внутренняя ОС дает возможность ученику сделать осознанный вывод об успешности или ошибочности учебной деятельности. Она побуждает ученика к рефлексии, является стимулом к дальнейшим действиям, помогает оценить и скорректировать результаты учебной деятельности.

22. Информация внешней ОС в ЭУ поступает к педагогу и используется им для *коррекции* деятельности ученика и обучающей программы.

23.



24. При проектировании электронных учебников значительная часть работы приходится на создание *тестов*. Они используются в *тренирующих и контрольных упражнениях*.

25. Тренирующее упражнение – это тест, *обязательно сопровождаемый* внутренней ОС. Контрольное упражнение – это тоже тест, но уже *не сопровождаемый* внутренней ОС.

26. Комментарии могут содержать различные виды информации внутренней ОС для реакций на действия учащихся при выполнении упражнений – от простейших (верно, неверно, неточно) до подроб-

ных разъяснений типовых ошибок. Нередко в комментариях используют гиперссылки на соответствующие разделы теоретической информации.

27. *Эталон* выполнения теста.

28. Структура теста: *Тест* = *задание* + *эталон*.

29. *Валидность* теста – это адекватность. Различают *содержательную и функциональную* валидность: первая – это соответствие теста содержанию контролируемого учебного материала, вторая – соответствие теста оцениваемому уровню деятельности.

30. Выполнение требования *определенности* (общедоступности) теста необходимо не только для понимания каждым учеником того, что он должен выполнить, но и для исключения правильных ответов, отличающихся от эталона.

31. Требование *простоты* теста означает, что тест должен иметь одно задание одного уровня, т.е. не должен быть комплексным и состоять из нескольких заданий разного уровня усвоения.

32. *Однозначность* определяют как одинаковость оценки качества выполнения теста разными экспертами. Для выполнения этого требования тест должен иметь эталон.

33. Понятие *надежности* тестирования определяют как вероятность правильного измерения величины Кальфа. Количественный показатель надежности $r = [0,1]$. Требование надежности заключается в обеспечении устойчивости результатов многократного тестирования одного и того же испытуемого. Надежность теста или батареи тестов растет с увеличением количества существенных операций P .

34. Выделяют пять общих требований к тестам:

- валидность;
- определенность (общепонятность);
- простота;
- однозначность;
- надежность.

35. Для измерения *степени правильности* используют коэффициент Кальфа = $P1/P2$, где $P1$ – количество правильно выполненных

существенных операций в тесте или батарее тестов; $P2$ – общее количество существенных операций в тесте или батарее тестов.

36. Набор тренирующих упражнений для каждого УЭ должен содержать упражнения *по каждому уровню усвоения* от исходного α_n до конечного α_k . При этом для каждого УЭ на каждом уровне необходимо не менее 2-5 упражнений, чтобы обеспечить усвоение с $K\alpha > 0.7$ (см. модуль 2).

37. Тесты на *опознание, различение, классификацию*.

38. Тесты *подстановки, конструктивные тесты, типовые задачи*.

39. *Нетиповые задачи*.

40. Нередко преподаватели связывают тесты с выборочными ответами только с первым уровнем усвоения (опознание, различение, классификация). К сожалению, это достаточно широко распространенное *дидактическое заблуждение* является результатом поверхностного суждения. Для определения типа теста важна не его форма, а *вид мыслительной деятельности*, которую выполняет учащийся при решении теста. Если учащийся анализирует представленные варианты ответов, выполняя операции опознания, различения или классификации, то это тест первого уровня. Если же учащийся сначала конструирует ответ, вспоминая ранее усвоенную информацию либо применяя ее для решения типовой или нетиповой задачи, и лишь после этого выбирает ответ из представленных вариантов, то это тест соответственно второго или третьего уровня усвоения. Причем, если число вариантов ответов больше трех (5–9), то вероятность угадывания невелика.

41. Дидактическая ниша ЭУ – теоретическая подготовка учащихся (восприятие, осмысление и закрепление учебного материала). В соответствии с этим можно выделить три основных дидактических функции ЭУ:

- *просмотр (изучение) теории;*
- *тренаж по теории;*
- *контроль.*

42. *Количество тестовых заданий* в наборе, минимальное количество баллов для оценки «*отлично*», минимальное количество баллов для оценки «*хорошо*», минимальное количество баллов для оценки «*удовлетворительно*».

43.

1. Разбиение ЭУ на отдельные части и подготовка проекта его заставки.
2. Разработка моделей содержания и моделей освоения каждой части ЭУ.
3. Подготовка оглавлений для каждой части ЭУ. За основу принимают соответствующие модели содержания и освоения.
4. Подготовка содержания основных и дополнительных учебных текстов по каждому учебному элементу (пункту оглавления), эскизов графических иллюстраций, сценариев анимаций и видеоклипов.
5. Разработка тестов для самоконтроля и тренинга по разделам (или подразделам ЭУ) и комментариев (обратных связей) к ним. Для каждого УЭ готовят не менее 2-5 упражнений на каждом уровне усвоения α , предусмотренном в модели содержания учебного материала. Тип тестов выбирают в соответствии с уровнем усвоения α и выбранным психологическим механизмом усвоения. Последовательность выполнения упражнений планируют также с учетом выбранной теории усвоения. Форму упражнений определяют на основе возможностей используемых инструментальных средств.
6. Разработка тестов для итогового контроля по отдельным частям и всему ЭУ.
7. Подготовка структуры и содержания предисловия к ЭУ.

2.9. Задание на проектную работу

Подготовить учебный материал для фрагмента ЭУ по какому-либо учебному элементу модели содержания УМК, подготовленной в соответствии с проектным заданием раздела 1 данного пособия:

- 2-3 пункта оглавления ЭУ;

- содержание учебного текста по каждому пункту оглавления;
- 1-2 мультимедиа объекта для размещения их внутри текста или под гиперссылками (это могут быть графические схемы, рисунки, фотографии, видео или аудиоклипы, html-страницы, компьютерные программы);
- вопросы для самоконтроля и тренинга по подготовленной теории (порядка 5) с комментариями;
- тесты для итогового контроля (5 вопросов с вариантами ответов);
- характеристики итогового контроля – количество баллов в % для оценок *Отлично, Хорошо, Удовлетворительно*.

3. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ И ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

Широкое использование компьютерной техники практически во всех сферах деятельности человека предъявляет к квалификации современного специалиста ряд дополнительных требований, заключающихся в овладении новыми информационными технологиями профессионального труда. Поэтому важной составляющей профессиональной подготовки является применение в учебном процессе компьютерных систем автоматизации труда в соответствующей отрасли: систем автоматизации проектирования, производства, инженерного анализа, экономических расчетов, документооборота, научных исследований, экспертно-диагностирующих систем и др.

Однако сущность профессиональной квалификации остается прежней и заключается не только и даже не столько во владении формализованными методами решения профессиональных задач, сколько в развитой интуиции, так называемом профессиональном чутье, опирающемся на знание фундаментальных физических свойств объектов и процессов в соответствующей отрасли и умение глубоко анализировать эти свойства. Такие профессиональные качества всегда ценились в специалистах, а к настоящему времени их роль, в связи с широким внедрением компьютеров, еще более возросла. Чтобы строить адекватные математические модели, необходимо глубоко понимать физическую природу объектов и процессов моделирования. Чтобы принимать грамотные решения при работе с человеко-компьютерными комплексами, необходимо уметь правильно воспринимать и осмысливать результаты вычислений, учитывать трудно формализуемые факторы, всегда имеющиеся в любой профессиональной деятельности.

Для развития этих важных профессиональных качеств в состав учебных мультимедиа комплексов по дисциплинам профессиональной подготовки включают, наряду с традиционными средствами компьютерной поддержки процесса обучения (электронными учебниками и пакетами прикладных программ), программно-информа-

ционные системы, называемые интеллектуальными тренажерами и виртуальными лабораториями.

В данной главе рассматриваются принципы построения таких компьютерных систем учебного назначения, которые иллюстрируются конкретными примерами.

3.1. Дуализм компьютеризации инженерной подготовки

Важную роль на протяжении всей профессиональной подготовки, особенно в техническом вузе, играют многочисленные задания и учебные проекты с большим объемом вычислительной работы. Например, при подготовке инженера по самолетостроению трудоемкость 12 курсовых работ и проектов составляет 1300 ч, т.е. около 15% общего бюджета учебного времени студента. Поэтому значительные усилия в области компьютеризации учебного процесса в техническом вузе направляются на автоматизацию трудоемких или, как их иногда называют, «рутинных» учебных работ. В ряде случаев эта автоматизация создает предпосылки для более глубокого изучения свойств технических объектов на математических моделях, проведения в учебном процессе параметрических исследований и оптимизации. Более того, развитие новых информационных технологий в некоторых инженерных дисциплинах достигло такого высокого уровня, что позволяет, как бы это ни звучало парадоксально, перенести акцент в обучении с освоения формализованных методов инженерного труда на углубленное изучение физических закономерностей. Так, появление и развитие в механике твердого деформированного тела метода конечных элементов, разработка на его основе универсальных программных комплексов, постепенно переходящих в разряд стандартных сертифицированных программных средств, поставляемых в составе CALS-систем, заставляет по-новому взглянуть на содержание таких классических и существенно формализованных инженерных дисциплин, как сопротивление материалов и строительная механика, перенести акцент в их изучении с многочисленных частных «формульных» методик расчета внутренних усилий в конструкциях на «физику» силового взаимодействия и общие закономерности.

Автоматизация учебных работ профессионального характера создает предпосылки для глубокого познания свойств изучаемых объектов и процессов на математических или имитационных моделях, проведения параметрических исследований и оптимизации. Но осмысленное применение систем автоматизации требует достаточно высокой профессиональной квалификации, которой учащиеся еще не обладают. Нередко они успешно овладевают лишь аппаратными и программными компонентами автоматизированных систем. Профессиональная же квалификация в предметной области, связанная с вопросами построения математических моделей и анализа результатов компьютерных расчетов, растет медленно или не растет совсем.

В итоге учащиеся не получают в полном объеме даже тех предметно-ориентированных знаний и умений, которые им давало традиционное докомпьютерное обучение. К тому же относительная легкость получения результата с применением компьютера снижает интерес к самому результату. Так, целеустремленный поиск путем ряда проб оптимального или рационального решения в проектных задачах гораздо интересней и поучительней для будущего инженера, чем получение с помощью системы автоматизированного проектирования только одного оптимального проекта, который нельзя улучшить и не с чем сравнить.

Плохую услугу профессиональной подготовке иногда оказывает и скрытность расчетов, выполняемых на компьютере. Многие вычисления, которые нередко объявляются рутинной работой, обладают большим дидактическим эффектом, так как позволяют проследить и понять связь значений варьируемых переменных изучаемых объектов или процессов с их характеристиками.

Любопытным примером двойственного влияния компьютеризации обучения (позитивного и негативного) на профессиональную подготовку является применение систем автоматизированного проектирования (САПР). Эксплуатация САПР в промышленности приводит, как показывают наблюдения, к ускоренному расслоению инженеров, пользователей этих систем, на две группы. Первая, к сожа-

лению меньшая, группа инженеров быстро повышает свою квалификацию в предметной области благодаря заинтересованному анализу машинных расчетов. При большом количестве вариантов проекта такой анализ позволяет выявить основные закономерности изменения характеристик проекта от варьируемых проектных переменных и способствует тем самым быстрому и глубокому изучению свойств объектов проектирования. Для этой группы инженеров САПР является не только решателем задач, но и своеобразным интеллектуальным тренажером, способствующим ускоренному накоплению профессионального опыта.

Квалификация второй группы пользователей, в основном из молодых специалистов, развивается интенсивно в престижной сфере овладения сложными техническими и программными средствами САПР. При этом осваиваются преимущественно формализованные методы и средства автоматизированного проектирования, а анализ результатов расчетов оказывается на втором плане, вследствие чего профессиональный опыт в предметной области, несмотря на большое количество решаемых задач, накапливается медленно, и инженер порой перерождается в своего рода инженера-оператора ЭВМ.

Следовательно, применительно к предметной области системы автоматизации профессионального труда обладают как обучающими, так и противоположными свойствами. Именно это обстоятельство и является в ряде случаев причиной осторожного отношения преподавателей специальных дисциплин к использованию компьютеров в учебном процессе.

Существует опасность, что компьютеризация профессиональной подготовки может негативно повлиять на развитие таких важных качеств, как профессионально-ориентированная интуиция, способность к глубокому анализу свойств объектов и процессов предметной области. Традиционная же методика развития этих профессиональных качеств, основанная на выполнении учебных заданий и проектов без привлечения компьютера, в силу ее недостаточной интенсивности и малой престижности уже не удовлетворяет современным требованиям.

Дуализм компьютеризации обучения, отмеченный нами в конце 70-х – начале 80-х годов в инженерной подготовке, проявляется и в других сферах профессиональной деятельности. Так, когда в 90-х годах в экономике и управлении начали активно внедрять интегрированные автоматизированные системы, об этом дуализме с тревогой заговорили и преподаватели соответствующих дисциплин.

Резюмируя сказанное, можно сделать вывод, что наряду с освоением будущими специалистами новых информационных технологий в профессиональной деятельности, в ходе компьютеризации обучения необходимо не только сохранить, но и с помощью средств ИКТ усилить профессиональную подготовку в конкретной предметной области, опирающуюся на знание и понимание фундаментальных физических принципов построения и функционирования изучаемых объектов и процессов.

3.2. Дидактический анализ пакетов прикладных программ

Возможности применения электронных обучающих средств декларативного типа (электронных учебников, тестовых систем и т.п.) ограничиваются в основном этапом репродуктивного обучения ($\alpha = 1, 2$), в ходе которого учащиеся осваивают артикулируемую часть знания, подготовленную в виде информации.

Поэтому нередко компьютерную поддержку учебного процесса в специальных дисциплинах, особенно технических, осуществляют только с помощью пакетов прикладных программ (ППП). Это либо промышленные разработки, либо их учебные копии. Учебные ППП имеют обычно ряд упрощений по сравнению с их промышленными аналогами, обусловленных в основном экономическими соображениями. Учитывая двойственный характер компьютеризации обучения, о котором говорилось выше, во многих разработках делаются попытки усилить обучающий потенциал учебных ППП и ослабить их негативное влияние. Но эти попытки нередко не имеют четкой психолого-педагогической основы и носят преимущественно полуэмпирический характер. Поэтому большое количество учебных ППП, за

небольшим исключением действительно удачных разработок, порой не удовлетворяют по своим дидактическим характеристикам даже самих разработчиков.

В большинстве случаев сценарии работы учащихся с ППП копируют технологию работы специалистов-профессионалов. Обучающие функции в этих сценариях реализуются преподавателем. Рассмотрим общую схему таких сценариев (рис. 3.1).

Этап подготовки математической модели. На начальном этапе работы с ППП (см. рис. 3.1) учащийся уясняет задачу и разрабатывает варианты ее решения: генерирует проекты в проектно-конструкторских задачах, выдвигает гипотезы в учебном исследовании. Здесь же выбираются математическая модель объекта или процесса и соответствующая программа из пакета, готовятся исходные данные для расчета. Этот этап очень важен с точки зрения профессиональной подготовки. Он позволяет учащемуся применить накопленные ранее знания, проявить творческие способности и интуицию. На данном этапе вполне допустимы неэффективные и даже ошибочные решения. Человеку свойственно учиться на своем опыте. Важно только, чтобы в ходе дальнейшей учебной деятельности допущенные ошибки были вскрыты, проанализированы и исправлены.

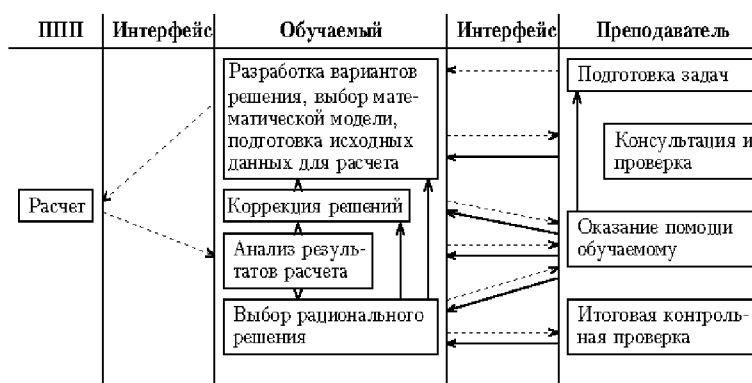


Рис. 3.1.Схема типового сценария учебной работы с ППП

При использовании промышленных ППП дидактический потенциал начального этапа работы с ППП не всегда удастся реализовать в

полной мере. Трудоемкость подготовки исходных данных в промышленных ППП, их громоздкость и высокая стоимость нередко таковы, что в рамках массового учебного процесса можно позволить учащемуся произвести лишь однократный расчет (например, при использовании суперкомпьютеров и уникальных дорогостоящих ППП в центрах коллективного доступа). Поэтому неэффективные решения и ошибки корректируются в ходе предшествующей расчету консультации-проверки преподавателя, что лишает учащегося возможности проведения по-настоящему самостоятельного исследования. Во многих учебных ППП обычно предусматривается возможность проведения повторных расчетов, следовательно, корректировки, вносимые преподавателем в ходе консультации-проверки, могут быть ограничены лишь явными ошибками.

Ввод исходных данных и расчет. Следующий этап работы с ППП включает ввод исходных данных, собственно расчет и вывод результатов расчета. Эта работа выполняется в диалоговом или близком к пакетному режимам взаимодействия учащегося с ППП. Обучение на этом этапе ограничивается освоением техники работы с ППП (что, безусловно, важно для современного специалиста), но не затрагивает сущности профессиональной подготовки.

Анализ результатов расчета. Основная учебная деятельность, имеющая исключительно высокую значимость для профессиональной подготовки, выполняется на этапах анализа результатов расчета, выбора рационального решения, корректировки ранее принятых решений (см. рис. 3.1). Но выполнение этой деятельности ($\alpha = 3, 4$) вызывает, как правило, у учащихся значительные затруднения, так как они не обладают еще достаточной квалификацией. В лучшем случае, они освоили теоретический материал на уровне воспроизведения ($\alpha = 1, 2$). Поэтому на этапах осмысливания результатов расчета как при работе с промышленными ППП, так и со многими учебными ППП требуется существенная помощь преподавателя. Это и усиление мотивации к критическому анализу результатов, и выделение каких-либо особенностей, разъяснение, оценка принятых решений и т.д.

Однако в условиях реального учебного процесса количество консультаций преподавателя ограничено небольшим числом, причем консультации могут быть значительно отдалены по времени от получения результатов расчета. Нередко учащийся имеет возможность проконсультироваться у преподавателя тогда, когда он уже сам слабо помнит, какие решения принимались на этапе подготовки к расчету. Кроме того, помощь преподавателя не всегда может быть полной. Например, оценить эффективность проектного решения преподаватель, даже опытный, может только качественно, поскольку количественные параметры оптимального решения априори могут быть неизвестны даже в учебных задачах.

Указанные недостатки (неоперативность, малая интенсивность и неполнота помощи преподавателя) порой приводят к тому, что студент, получив распечатку результатов, вкладывает ее в отчет о лабораторной работе, пояснительную записку к курсовому проекту, не утруждая себя серьезным анализом. В итоге на защите подобных учебных работ можно слышать бездумные ответы типа: «Так посчитала ЭВМ». Заметим, что именно это обстоятельство и является в ряде случаев причиной, мягко говоря, осторожного отношения преподавателей специальных дисциплин к использованию компьютеров в профессиональной подготовке.

Резюме. Таким образом, значительный учебный потенциал ППП, заключающийся в возможности изучать свойства различных объектов и процессов с помощью математического моделирования и вычислительных экспериментов, во многих случаях оказывается нереализованным, поскольку осмысленная учебная работа с ППП требует определенной профессиональной квалификации, которой учащиеся в большинстве своем еще не обладают.

Подводя итог сказанному, сделаем краткие выводы:

- 1) электронные учебники позволяют освоить учебный материал на уровне знакомства и воспроизведения ($\alpha = 1, 2$);
- 2) познавательный потенциал ППП гораздо выше ($\alpha = 3, 4$);

3) при использовании в профессиональной подготовке ЭУ и ППП возникает пробел (разрыв) в дидактической логике обучения, который необходимо заполнить;

4) предлагается заполнить этот пробел с помощью специальных обучающих программ, создаваемых, как и ППП, на основе математических или имитационных моделей изучаемых объектов или процессов и называемых *интеллектуальными тренажерами*.

3.3. Принципы построения сценариев интеллектуальных тренажеров

В данном разделе не рассматриваются тренажеры для развития операторских навыков, например тренажеры по работе с клавиатурой, вождению автомобиля, управлению самолетом и т.п. Здесь обсуждается особый класс тренажеров, предназначенный для формирования интеллектуальных умений, развития интуиции и творческих способностей в сфере профессиональной деятельности. Такие тренажеры так же, как и профессионально-ориентированные ППП, базируются на математических моделях изучаемых объектов и процессов. Существенной их частью является дидактический интерфейс, позволяющий проводить интерактивную учебную работу по решению специально подобранных учебных задач в режиме детерминированного учебного исследования.

Выбор типовой учебной задачи. *Первый принцип, реализуемый в построении тренажеров, – выбор типовой интересной и поучительной задачи или класса задач.* Это ключевая и наименее формализуемая проблема разработки тренажера. Нет задачи - нет тренажера! Удачный выбор задачи предопределяет успех при реализации остальных принципов построения тренажера.

Учебные задачи должны соответствовать профилю учебного курса, иметь реальные прототипы и четкий физический смысл, обладать предсказуемостью результатов решения лишь в самых общих чертах. К сожалению, более четких рекомендаций дать невозможно. Внимательное изучение примеров тренажеров (см. ниже) позволит пробу-

дить профессиональную интуицию, на основе которой разработчик тренажера сможет подобрать подходящую задачу или класс задач.

Обратные связи в тренажерах. Второй принцип, реализуемый в построении тренажеров, — организация циклического, замкнутого управления познавательной деятельностью учащихся. Этот фундаментальный принцип общей теории управления уже обсуждался ранее (см. пособие модуля 3 курса). Рассмотрим его применительно к тренажерам.

Напомним, что циклической, замкнутой системой управления называют систему с обратными связями. В педагогических системах ОС делят на *внутренние и внешние* (см. рис. 2.14). Информация *внутренней ОС* поступает к учащемуся и используется им для самокоррекции своей деятельности. Информация *внешней ОС* поступает к педагогу и используется им для коррекции деятельности учащегося и обучающей программы.

Понятие внутренней ОС имеет исключительно важное значение для построения тренажеров. Внутренняя ОС призвана частично заменить помощь преподавателя на этапах анализа результатов и принятия решений. Работая с тренажером, учащийся должен оперативно получать информацию о правильности (или эффективности) своих действий. Строго говоря, результаты расчетов с использованием математических моделей изучаемых объектов или процессов сами по себе являются основной информацией внутренней ОС. Но, как уже отмечалось выше, их анализ не всегда доступен учащемуся. Необходимо давать ему дополнительную информацию, которая бы стимулировала и помогала проводить вдумчивое изучение результатов расчета (рис. 3.2).

Простейшим дополнительным сообщением, которое, как показывает опыт, стимулирует интерес к анализу результатов расчета, является сообщение об оценке действий, выполненных учащимся на этапе подготовки к расчету. Это может быть оценка правильности выдвинутой гипотезы в учебном исследовании, оценка эффективности проектного решения, оценка качества построения математической

модели и т.п. Кроме оценки, учащемуся может предоставляться и определенная вспомогательная информация для анализа и коррекции принятых решений. Степень развернутости этой информации, помогающей учащемуся принимать рациональные решения, определяется результатами оценки его деятельности.

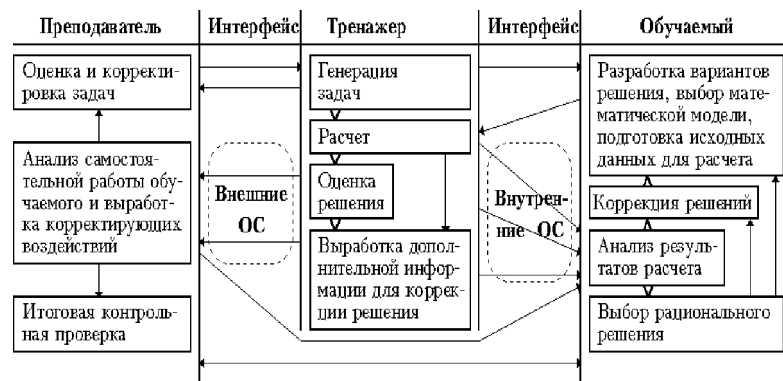


Рис. 3.2. Типовая сценарная схема учебной работы с интеллектуальным тренажером

Выделим ряд общих требований к внутренней ОС:

- оперативность,
- наглядность,
- вариантность по степени оказания помощи,
- продуктивно-творческий характер вспомогательной информации,
- дружественная форма человеко-машинного диалога.

Существенный вклад в реализацию этих требований вносит применение в тренажерах интерактивной машинной графики. Известно, что скорость восприятия информации, представленной в графическом виде, на несколько порядков выше, чем скорость чтения и осмысления символьных данных. Говорят, что, например, инженеры мыслят образами. Поэтому применение машинной графики, особенно интерактивной, заметно интенсифицирует и повышает качество познавательной деятельности.

Требование продуктивно-творческого характера вспомогательной информации означает, что внутренняя обратная связь должна быть не в виде заранее подготовленных подсказок, разъяснений, как это часто бывает в электронных учебниках, а в виде такой информации об изучаемых объектах или процессах (преимущественно в наглядной графической форме), которая побуждала бы обучаемого к размышлению и рефлексии. Эта возможность появляется за счет математического моделирования, обеспечивающего высокую степень полноты и достоверности получаемых данных об изучаемых объектах или процессах.

При проектировании сценариев тренажеров для изучения объектов или процессов целесообразно использовать так называемые коэффициенты чувствительности, которые представляют собой частные производные какой-либо важной характеристики объекта или процесса по различным параметрам. Коэффициенты чувствительности являются сами по себе внутренней ОС высокого дидактического качества. Анализ коэффициентов чувствительности в ходе работы на тренажере позволяет выявить активные и пассивные параметры, исследовать их влияние на характеристики изучаемого объекта или процесса.

Требование дружественной формы человеко-машинного диалога предполагает естественность языка диалога, наличие ободряющих реплик в лексиконе тренажера, быстрый отклик на запрос учащегося (не более 2-3 секунд задержки), наличие подсказок по технике ведения диалога. Словом, задачи могут быть сложными и трудными, но общение с тренажером должно быть простым и приятным для учащегося. Следует избегать фамильярности в репликах. «Живость» в положительных или отрицательных оценках, конечно, разнообразит диалог, но может неадекватно восприниматься разными людьми. Лучший способ сохранить «хорошие отношения» между тренажером и учащимся – это корректность и определенная «дистанция» в репликах тренажера.

Информация внешней ОС необходима преподавателю для анализа самостоятельной работы учащихся и коррекции всего процесса обучения. Вовсе не обязательно, чтобы она была оперативной. Анализ информации внешней ОС может быть отсроченным, а коррекция по его результатам может проводиться в ходе групповых и индивидуальных консультаций, в процессе формирования банка учебных задач, последовательности их предъявления учащимся, при совершенствовании тренажеров. Внешняя ОС должна предоставлять преподавателю возможность получать объективную количественную оценку учебной деятельности каждого ученика и статистику по учебной работе всей группы. Преподаватель должен иметь возможность анализировать не только итоговую оценку, но и путь, по которому продвигался учащийся в ходе решения учебной задачи. Такой анализ позволит оказывать более дифференцированную помощь при проведении индивидуальных консультаций.

Использование эвристических решений. *Третий принцип построения сценариев тренажеров — обязательное эвристическое решение задач, предлагаемых при работе с тренажером, с последующим сопоставлением результатов с машинным вариантом решения.* Проиллюстрируем этот принцип схемой типового сценария тренажера для проектировщиков. Эвристическое проектирование предполагает диалог с компьютером: учащийся генерирует варианты проекта, а компьютер проводит анализ предлагаемых вариантов и оценивает их по выбранному критерию эффективности. Заметим, что при «ручных» расчетах проанализировать много вариантов проекта невозможно. Быстрая же качественная оценка, не говоря уже о количественной оценке, недоступна порой даже опытному педагогу-проектировщику. Применение компьютера позволяет автоматизировать трудоемкие рутинные вычисления и оставить за учащимся только те функции, которые требуют интеллекта, т.е. функции осмысления результатов и принятия решений. Количество анализируемых вариантов проекта резко увеличивается и, вместе с тем, увеличивается объем накопленных знаний об объекте или процессе проектирования при неизменном времени обучения.

Нередко рациональное проектное решение может быть получено и с помощью машинной оптимизации, например с использованием методов нелинейного программирования. Но и в этом случае эвристическое проектирование должно предшествовать машинной оптимизации. В ходе диалога учащегося с компьютером целесообразно предоставлять ему сначала лишь информацию о величине критерия эффективности оптимального проекта, чтобы активизировать процесс решения проектной задачи, а полную машинную оптимизацию давать возможность использовать после выполнения определенного числа попыток эвристического проектирования. Такая последовательность учебной работы позволяет учащимся проявить свои творческие способности и в полной мере оценить достоинства и недостатки машинной оптимизации.

На завершающем этапе тренажа проектировщика целесообразно планировать анализ наиболее интересных и поучительных проектных задач рассматриваемого класса. Для этой цели в тренажере формируют специальный архив. По каждой задаче в архиве хранят ее исходные данные и оптимальные решения в виде, допускающем различные формы представления результатов. Архив может содержать также комментарии опытного преподавателя-проектировщика, которые могут предъявляться учащемуся по его запросу. Анализ оптимальных решений из архива, подкрепляемый комментариями опытного преподавателя, позволяет закрепить и усилить учебный эффект предшествующего самостоятельного проектирования.

Состязательность в учебной работе. Четвертый принцип построения тренажеров — создание соревновательных ситуаций для активизации познавательной деятельности. Схема рассмотренного выше сценария учебного проектирования позволяет легко ввести соревновательные и, следовательно, игровые элементы. Это может быть соревнование либо на получение наиболее рационального проекта при выдаче одинаковых заданий всем учащимся, либо на достижение минимальной относительной разницы в критериях эффективности между эвристическими и оптимальными машинными

решениями при выдаче различных заданий. При второй форме соревнования учащиеся непосредственно «состязаются» с компьютером, что является более привлекательным для большинства учащихся, чем прямое состязание друг с другом.

Конечно, не всегда соревновательная ситуация сама просится в сценарий тренажера, как в проектных задачах. Следовательно, ее необходимо придумать. Типовая соревновательная ситуация предполагает наличие какого-либо простого критерия оценки решения задачи и некоторого его конечного значения, к которому должен стремиться учащийся в процессе решения задачи. Даже такой простой игровой элемент удивительно стимулирует учебную работу.

В заключение отметим, что общие принципы, рассмотренные выше, не охватывают, конечно же, всей совокупности методических способов и приемов построения сценариев виртуальных тренажеров. Многое в них определяет специфика предметной области. Но именно в «чужой» сфере деятельности можно нередко «подсмотреть» что-то действительно новое, необычное. Поэтому перейдем к примерам.

3.4. Примеры сценариев тренажеров

Рассмотрим сценарии некоторых тренажеров учебных мультимедиа комплексов системы КАДИС.

Тренажер учебного мультимедиа комплекса БАЛКА. Этот комплекс предназначен для изучения методов анализа и построения эпюр перерезывающих сил и изгибающих моментов при плоскопоперечном изгибе балок в курсе сопротивления материалов. Учебная работа с тренажером предусматривает решение задач двух типов: определение правильных эпюр при заданных нагрузках (прямые задачи) и реконструкция нагрузок для заданных эпюр (обратные задачи). Объектно-ориентированная модель взаимодействия учащегося и компонентов тренажера показана на рис. 3.3.

Работу с тренажером начинают с выбора режима: решение прямых или обратных задач. Далее регистрируют фамилию и выбирают задачу из базы данных.

Решение прямых задач заключается в определении правильных эпюр из пяти вариантов, показываемых на экране (рис. 3.4). В любой момент диалога учащийся может запросить помощь теоретического характера — 10 коротких общих рекомендаций-советов по анализу эпюр. Он может выбрать и другие виды помощи — от простейшей подсказки до демонстрации правильного решения задачи.

При решении обратных задач учащийся, пользуясь мышью или клавиатурой, выбирает и расставляет нагрузки, соответствующие, по его мнению, заданным эпюрам (рис. 3.5). Сообщение о неверном решении обратной задачи дополняется выводом эпюр (штриховые линии на рисунке) под введенные учащимся нагрузки с наложением на заданные условия (сплошные линии на рисунке). Это простейший пример вспомогательной информации внутренней ОС продуктивно-творческого характера.

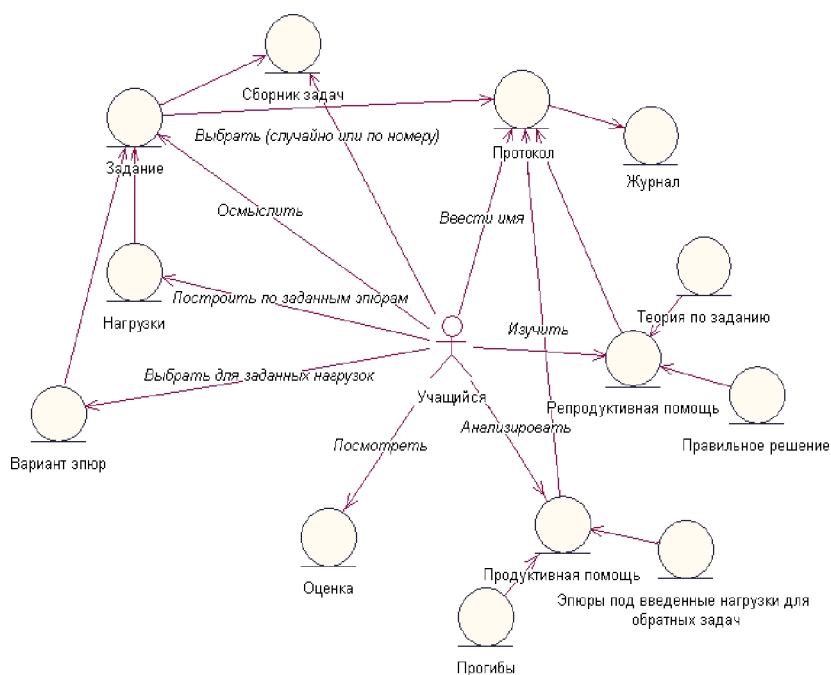


Рис. 3.3. Диаграмма взаимодействия учащегося и компонентов тренажера УМК БАЛКА

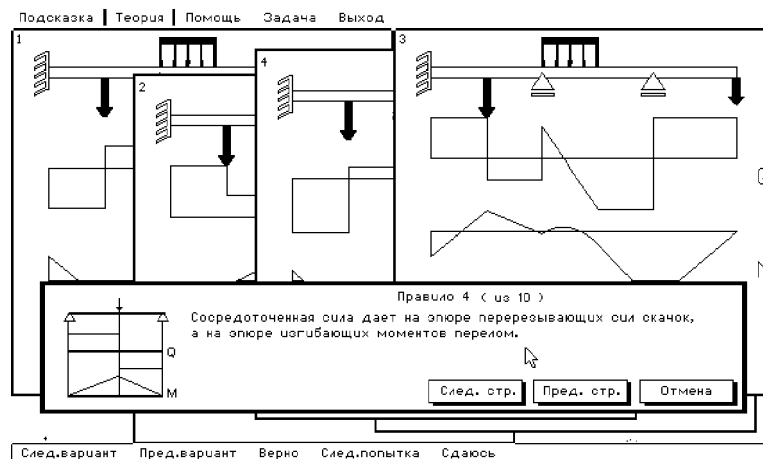


Рис. 3.4. Фрагмент решения прямой задачи на тренажере комплекса БАЛКА

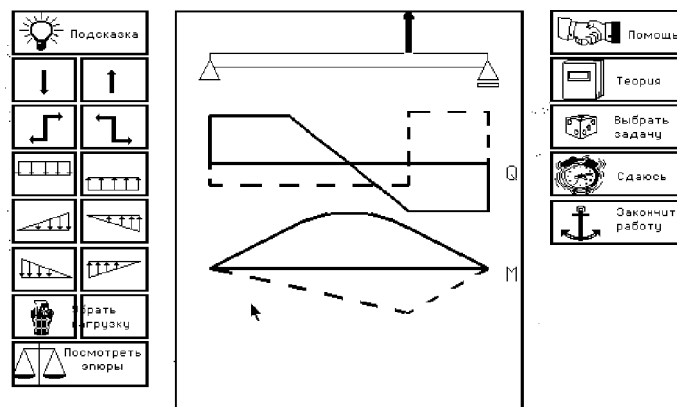


Рис. 3.5. Фрагмент решения обратной задачи на тренажере комплекса БАЛКА

Сопоставляя заданные и полученные эпюры, учащийся может самостоятельно, обращаясь, при необходимости, к указанной выше помощи теоретического характера, проанализировать свое решение и попытаться исправить допущенные ошибки.

Основные данные о ходе учебной работы – фамилии и номера групп учащихся, номера задач, количество обращений за помощью, число попыток решения задачи и результат решения – автоматически фиксируются в протоколе тренажа, сохраняются в журнале тренаже-

ра и используются преподавателем в качестве информации внешней ОС для анализа самостоятельной работы учащихся и управления процессом обучения.

Преподаватель может также легко и быстро пополнять сборник задач, модернизируя уже имеющиеся или вводя новые задачи.

Тренажер комплекса ОПТИМИЗАЦИЯ. Этот тренажер предназначен для освоения математических методов оптимизации. В качестве типовых оптимизационных задач в нем используются задачи по проектированию рационального положения опор балочных конструкций. Заданными считаются геометрические размеры балки, схема нагружения, тип и некоторое исходное положение опор балки. Жесткость балки по ее длине предполагается постоянной. Требуется расположить опоры таким образом, чтобы пик изгибающего момента имел минимальное значение (рис. 3.6).

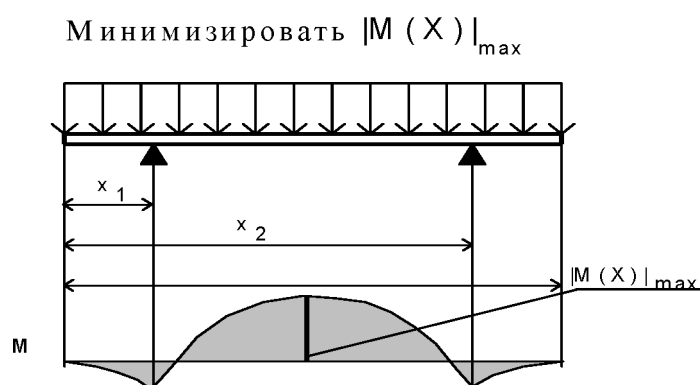


Рис. 3.6. Пример типовой задачи тренажера комплекса ОПТИМИЗАЦИЯ

Формулировка таких задач физически проста и понятна студенту технического вуза или техникума. Но с математической точки зрения эти задачи обладают даже при двух варьируемых переменных спектром интересных особенностей (нелинейным характером изменения целевых функций (ЦФ), многоэкстремальностью, наличием «оврагов»), которые позволяют проводить исследования сильных и слабых сторон различных алгоритмов оптимизации (рис. 3.7).

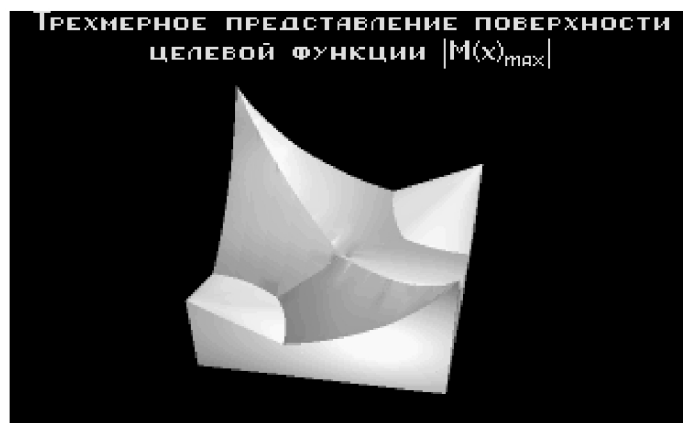


Рис. 3.7. Трехмерное изображение поверхности целевой функции

Сборник задач тренажера содержит более 50 блоков с различными условиями опирания и нагружения и может легко модифицироваться и расширяться.

В сценарии учебной работы с тренажером можно выделить пять этапов (рис. 3.8).

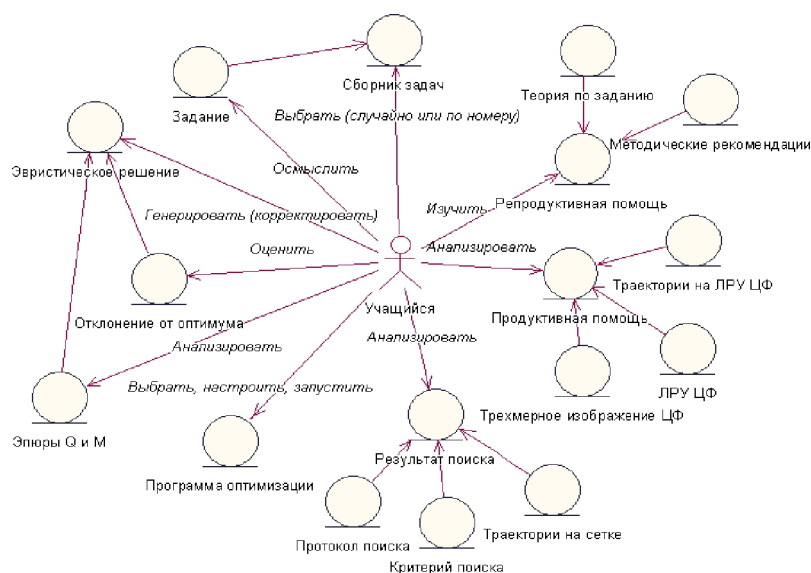


Рис. 3.8. Диаграмма взаимодействия учащегося и компонентов тренажера УМК ОПТИМИЗАЦИЯ

Первый этап — эвристическое проектирование положения опор балки. Учащийся с помощью курсора, управляемого "мышью" или клавиатурой, расставляет опоры балки, стремясь уменьшить пик изгибающего момента (рис. 3.9). Своеобразным стимулом, вносящим также соревновательный элемент в учебную работу, является отклонение от оптимума, выводимое в правый верхний угол экрана после каждой попытки эвристического проектирования. В качестве вспомогательной информации внутренней ОС учащийся может также использовать эпюры перерезывающих сил и изгибающих моментов (рис. 3.10).

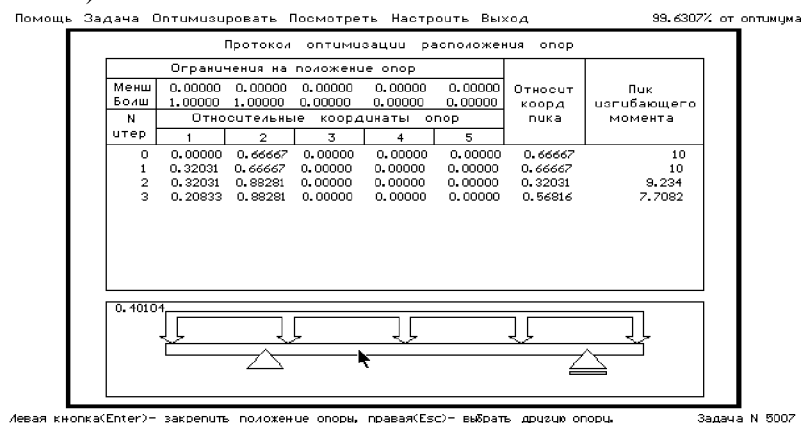


Рис. 3.9. Фрагмент эвристического проектирования положения опор балки

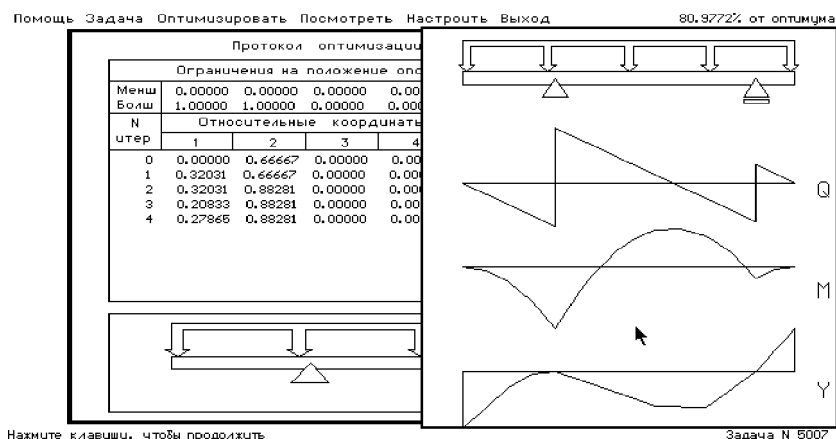


Рис. 3.10. Анализ физических особенностей задачи оптимизации

Анализ физических закономерностей задачи может сделать эвристический поиск более целенаправленным. Так, в рассматриваемом примере оптимум достигается, когда величины изгибающих моментов на опорах и в середине пролета между опорами достигнут в процессе оптимизации одинаковых значений.

На *втором этапе* учебной работы учащийся изучает характер изменения ЦФ для решаемой задачи по линиям равного уровня (ЛРУ) и трехмерному изображению ее поверхности. Мотивация и интерес к такому изучению создаются естественным образом в ходе предшествующего этапа эвристического проектирования.

На *третьем этапе* учащийся работает с той же балкой, что и на предыдущих этапах, но решает задачу оптимизации уже с использованием математических методов. Набор программ оптимизации тренажера включает алгоритмы из разных семейств поисковых методов. Выбрав алгоритм, учащийся производит настройку его параметров, тип и количество которых (4-7) определяются спецификой алгоритма (рис. 3.11).

Помощь Задача Оптимизировать Посмотреть **Настроить** Выход

Протокол оптимизации расположения опор

Покоординатная оптимизация				Наискорейший спуск			
Число шагов до останова		100		Число шагов до останова		100	
Начальный шаг поиска		0.1		Начальный шаг поиска		0.01	
Минимально допустимый шаг		0.001		Минимально допустимый шаг		0.001	
Метод конфигураций				Деформируемый многогранник			
Число конфигураций		20		Число отражений		50	
Шаг исследующего поиска		0.1		Начальный размер ребра		0.1	
Минимально допустимый шаг		0.0001		Min отн.разница ΔF по вершинам		0.0001	
Сканирование по сетке				Случайный поиск			
Число этапов уточнения		1		Число этапов уточнения		10	
Номера переменных (опор)		1 2		Число проб на этапе		10	
Число точек по переменной		11 11		Начальное ребро гиперкуба		0.1	
Границы сканирования		меньшая 0 0 большая 1 1		Минимальное ребро		0.001	
Замороженные переменные				Начальная точка			
нет		нет		0.28 0.88 0 0 0		Продолжить	
1 2 3 5		1 2 3 4 5					

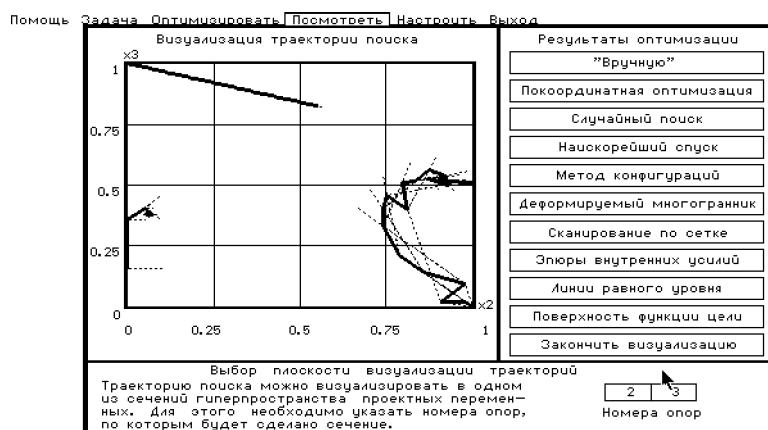
Задача N 5007

Рис. 3.11. Настройка алгоритмов оптимизации

Все алгоритмы реализованы таким образом, чтобы эффективность их работы существенно зависела от параметров настройки.

Чем лучше учащийся знает свойства алгоритма, тем быстрее он подберет рациональные величины параметров настройки и тем эффективнее будет поиск. В любой момент диалога учащийся может получить помощь теоретического характера и посмотреть на экране компьютера в «окне» помощи краткое описание любого алгоритма. В процессе оптимизации на экран выводятся графическое изображение балки с меняющимся положением опор и протокол оптимизации, в котором содержится текущее положение опор и величина целевой функции. Учащийся может прервать работу алгоритма оптимизации практически в любой момент времени для коррекции параметров настройки, смены алгоритма, анализа промежуточных результатов оптимизации.

На этапе анализа учащемуся предоставляется вспомогательная информация внутренней ОС с различной степенью развернутости. Это могут быть эпюры силовых факторов в балке (см. рис. 3.10), траектория поисковой точки в области изменения проектных переменных (рис. 3.12). Геометрия этих траекторий позволяет учащемуся судить о характере изменения целевой функции и о поведении выбранного алгоритма в зоне поиска.



Задача N 30

Рис. 3.12. Траектории различных поисковых алгоритмов на линиях сетки координат проектных переменных

Более детальный анализ учащийся может провести по траекториям поисковой точки, наложенным на линии равного уровня функции цели (рис. 3.13). Сопоставляя эти траектории с характером изменения целевой функции, он может проанализировать специфику работы каждого алгоритма, выявить ошибки, допущенные в процессе его настройки.

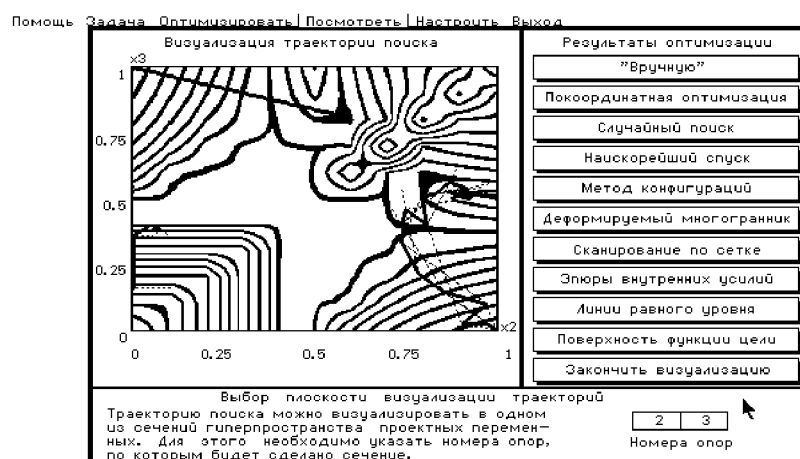


Рис. 3.13. Траектории поисковых алгоритмов на линиях равного уровня целевой функции

Оценка эффективности поиска производится с помощью специального критерия (см. ниже), который позволяет сравнивать между собой результаты решения различных задач, исследовать поведение различных алгоритмов, влияние параметров настройки на эффективность алгоритмов.

На *четвертом этапе* проводят контрольное тестирование. Учащиеся получают новые задачи и решают их с помощью алгоритмов оптимизации в течение фиксированного промежутка времени. В процессе решения доступны все виды помощи, кроме линий равного уровня и трехмерного изображения поверхности целевой функции. Оценивают контрольный тест по величине критерия эффективности.

Пятый этап – свободное исследование алгоритмов оптимизации. Учащиеся могут выбирать любые балки из сборника задач, вво-

дить свои задачи, причем число варьируемых опор может достигать пяти. Накопленный на предыдущих этапах опыт стимулирует интерес к такому исследованию и позволяет достаточно квалифицированно планировать проведение вычислительных экспериментов.

Информация внешней ОС — фамилия и номер группы учащегося, номера решаемых им задач, критерий эффективности поиска (который может трактоваться как критерий уровня обученности), количество обращений за помощью (к описанию алгоритмов, линиям равного уровня) — автоматически фиксируется в базе данных тренажера и может использоваться преподавателем для управления процессом обучения. При необходимости преподаватель может проанализировать ход самостоятельной работы учащегося, визуализируя на экран линии равного уровня целевой функции с траекториями поиска (см. рис. 3.13), которые сохраняются во временном архиве базы данных тренажера.

Критерий эффективности поиска. Для оценки эффективности поиска используется специальный критерий, учитывающий точность определения экстремума и объем выполненных при этом вычислений. Рассмотрим структуру этого критерия. Его абсолютное значение можно определить формуле

$$K = (M_u - M_o)/B - \varphi(B)(M_o - M_e), \quad (3.1)$$

где M_u — значение функции цели (пика изгибающего момента) при исходном положении опор; M_o — значение функции цели при оптимальном положении опор; M_e — значение функции цели для экстремума, найденного пользователем тренажера; B — вычислительные затраты (число попыток эвристического проектирования или число вычислений функции цели в процессе машинной оптимизации); $\varphi(B)$ — функция коррекции штрафа за неточное отыскание экстремума.

Первое слагаемое выражения (3.1) характеризует величину уменьшения функции цели, приходящуюся в среднем на один цикл вычислений целевой функции. Чем больше эта величина, тем эффективнее поиск. Второе слагаемое формулы (3.1) представляет штраф, уменьшающий величину критерия при неточном отыскании экстре-

му. Функция $\varphi(B)$ позволяет корректировать штраф в зависимости от вычислительных затрат:

$$\varphi(B) = 1 + N/B,$$

где параметр N определяют на основе эвристических соображений в ходе вычислительных экспериментов.

Такая корректировка увеличивает влияние штрафа в формуле (3.1), особенно на начальных шагах оптимизации, когда скорость убывания функции цели обычно велика, что может при $\varphi(B) = 1$ приводить к большим величинам K , даже при существенном отклонении M_3 от M_o .

Для оценки эффективности решения задач с разными исходными условиями целесообразно использовать критерий не в абсолютном, а в относительном виде. Поделим выражение (3.1) на разность $M_u - M_o$ и умножим на масштабный коэффициент 100:

$$K' = 100((M_u - M_3) - B\varphi(B)(M_3 - M_o)) / B(M_u - M_o). \quad (3.2)$$

Величина K' принадлежит интервалу $[-100\varphi(B), 100]$. Нижняя граница этого интервала характеризует предельный случай неэффективного поиска, когда $M_3 = M_u$, а верхняя граница – предельный случай эффективного поиска, когда оптимум отыскивается после одного вычисления функции цели ($M_3 = M_o$, $B = 1$). Отрицательные значения K' всегда характеризуют неэффективный поиск ($M_3 \neq M_o$, а величина B достаточно велика). Если же оптимум найден точно ($M_3 = M_o$), то величина будет положительной даже при больших вычислительных затратах. Можно получить положительное значение K' и при погрешностях в отыскании оптимума ($M_3 \neq M_o$), но при этом вычислительные затраты на поиск должны быть невелики.

Тренажер комплекса СТРУКТУРА. Этот учебный мультимедиа комплекс предназначен для изучения методов проектирования структур механических конструкций. Формулировка типовых задач, решаемых на тренажере, выглядит следующим образом. Считаются заданными нагрузки, условия опирания и границы плоской области, в которую должна быть вписана конструкция.

Требуется найти рациональную с точки зрения минимума массы силовую схему (структуру) плоской конструкции. В качестве примера здесь рассматривается задача о проектировании силовой схемы конструкции мостового крана с двумя вариантами (P_1 и P_2) нагружения стрелы (рис. 3.14).

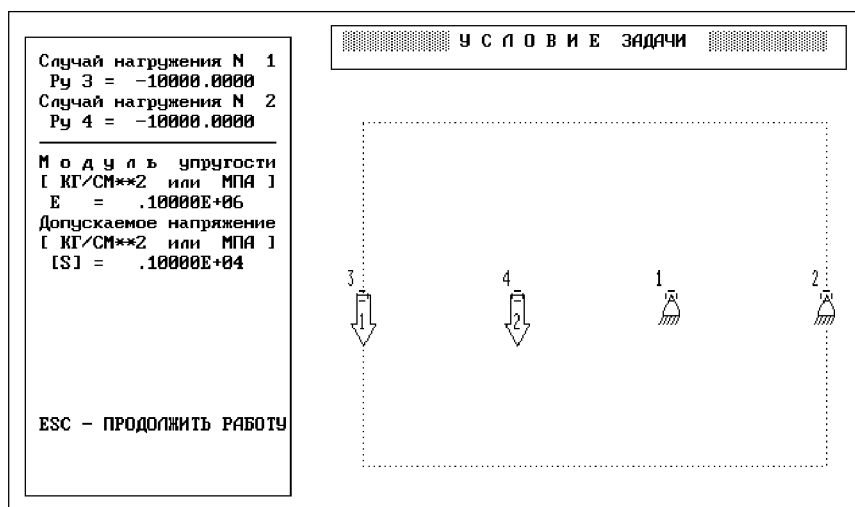


Рис. 3.14. Пример типовой задачи тренажера комплекса СТРУКТУРА

Деятельность по решению подобных задач в существенной мере основана на неартикулируемой части знания (см. выше главу 1). Поэтому главная учебная цель данного тренажера – изучение рациональных путей передачи усилий в конструкциях, ускоренное накопление соответствующего конструкторского опыта и развитие на его основе профессиональной интуиции – умения предвосхитить и спрогнозировать рациональные пути передачи внутренних усилий в конструкциях, что всегда отличало хорошего конструктора.

Самостоятельная работа учащихся с тренажером состоит из семи этапов (рис. 3.15). На *первом этапе* он вводит свою фамилию, номер группы и номер задачи. Условия задачи считываются из базы данных тренажера и высвечиваются на экране.

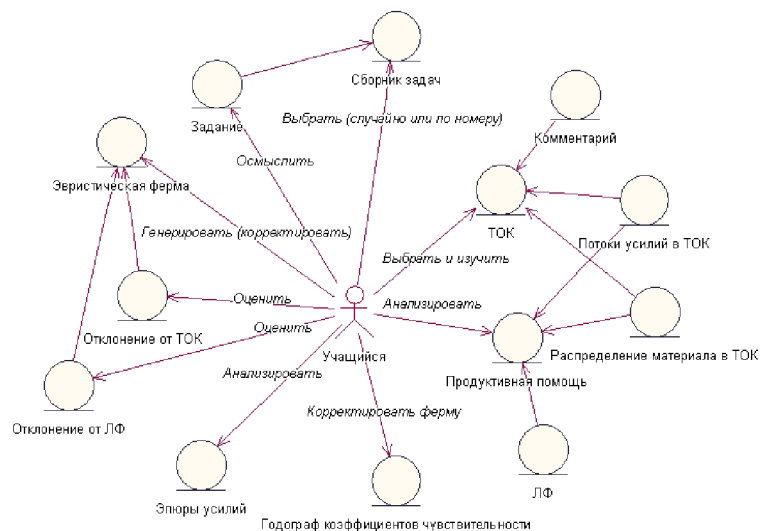


Рис. 3.15. Диаграмма взаимодействия учащегося и компонентов тренажера комплекса СТРУКТУРА

На *втором этапе* обучаемый конструирует на основе эвристических соображений, используя курсор, управляемый мышью или клавиатурой, рациональный, по его мнению, вариант структуры ферменной конструкции (рис. 3.16).

На *третьем этапе* выполняют расчет напряженного и деформированного состояния выбранного варианта фермы и производят оценку его эффективности. Для этого вычисляют и выводят на экран следующие показатели: массу предлагаемого варианта силовой схемы; ее отклонение в % от массы теоретически оптимальной конструкции; разницу в % с ранее полученной лучшей фермой, хранящейся в архиве сборника задач.

Теоретически оптимальная конструкция (ТОК) является своеобразным идеалом в решении задачи. Ее получают для каждой задачи из сборника с помощью специальных алгоритмов, реализованных в учебном ППП комплекса СТРУКТУРА. Результаты расчета ТОК записывают в архив решений сборника задач при его заполнении. Лучшая ферма – это лучшее решение, полученное предшественниками обучаемого. Обновление лучших решений по каждой задаче производится автоматически.

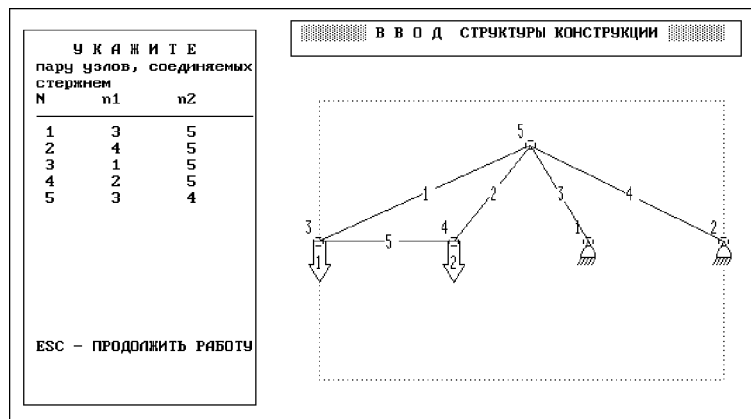


Рис. 3.16. Фрагмент эвристического конструирования фермы

Такая оценка предлагаемого варианта конструкции создает на третьем этапе работы с тренажером своеобразную соревновательную ситуацию, которая усиливает мотивацию к дальнейшей учебной работе.

На *четвертом этапе* обучаемый анализирует деформированное и напряженное состояние фермы, выделяет нагруженные и слабо работающие элементы (рис. 3.17).

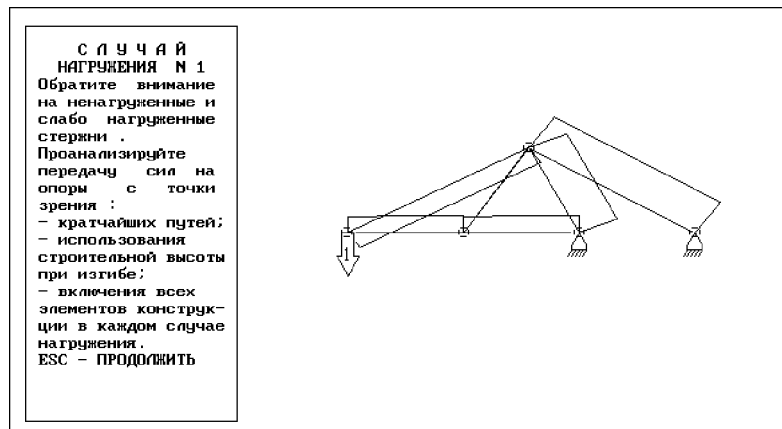


Рис. 3.17. Распределение внутренних усилий в ферме

На *пятом этапе* проводят анализ чувствительности координат узлов фермы (рис. 3.18).

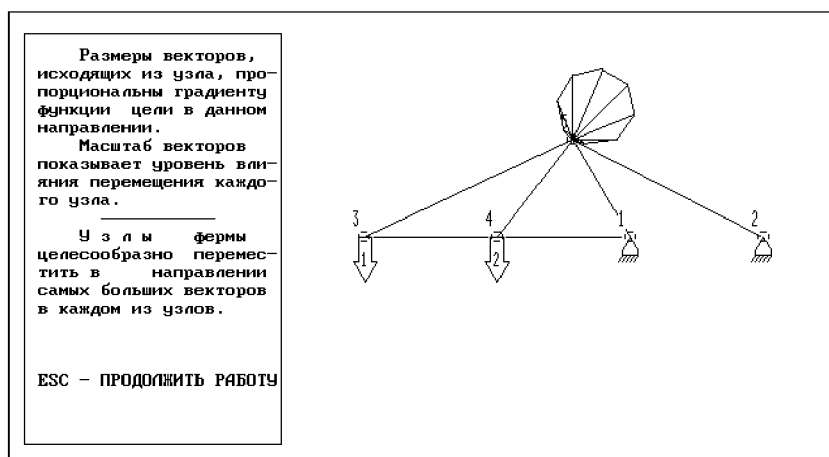


Рис. 3.18. Годограф коэффициентов чувствительности в одном из узлов фермы

Годографы коэффициентов чувствительности показывают здесь предпочтительные направления смещений узлов ферменной конструкции. На основе этого анализа выявляют не только наиболее рациональные направления смещения узлов, но и оценивают всю совокупность возможных решений, что чрезвычайно важно для обучения.

На *шестом этапе* проводят анализ силовой работы ТОК (рис. 3.19, 3.20). Этот анализ позволяет обучаемому выявить рациональные пути передачи усилий в проектной области, что также весьма ценно для обучения. Заметим, что реализации весьма высокого учебного потенциала пятого и шестого этапов в существенной мере способствует этап эвристического проектирования силовой схемы, поскольку лишь после эвристического проектирования создается мотивация к осознанному и целенаправленному анализу путей улучшения конструкций. После анализа коэффициентов чувствительности и анализа ТОК обучаемый может еще раз попытаться улучшить структуру конструкции, т.е. еще раз повторить все этапы работы на тренажере.

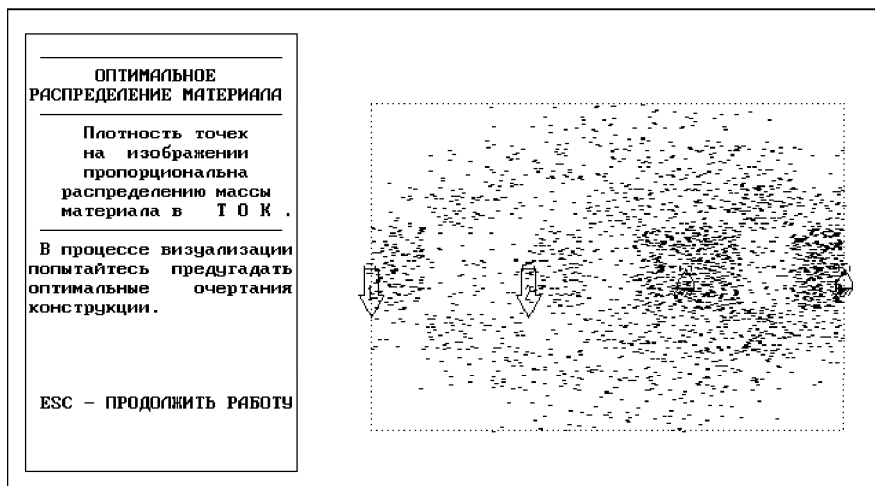


Рис. 3.19. Распределение материала в теоретически оптимальной конструкции

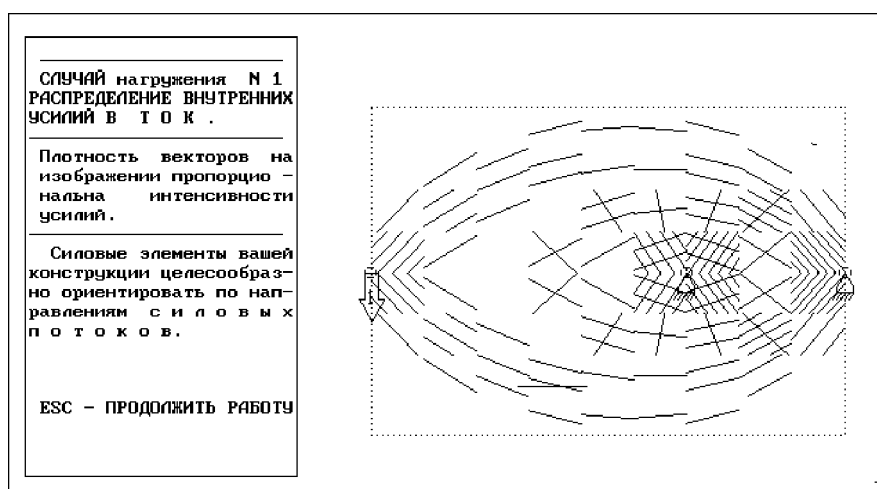


Рис. 3.20. Распределение усилий в теоретически оптимальной конструкции

На заключительном, *седьмом этапе* тренажа обучаемый может посмотреть ранее полученную лучшую ферму из архива сборника задач и в дальнейшем попытаться улучшить уже этот вариант структуры (рис. 3.21).

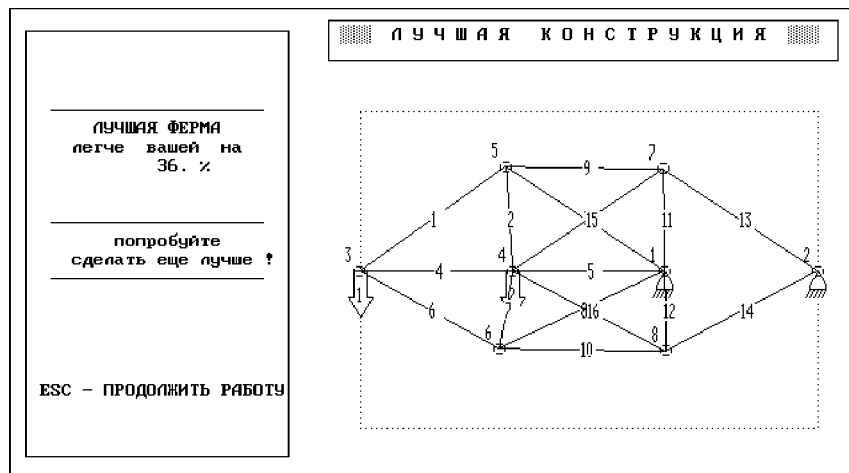


Рис. 3.21. Лучшая ферма из архива тренажера

Таким образом, в ходе самостоятельной работы обучаемого с тренажером предусматривается многократное прохождение цикла эвристического синтеза, машинных расчетов, анализа и осмысливания результатов. При этом необходимость целенаправленного улучшения проектных решений создает мотивацию для углубленного изучения силовой работы теоретически оптимальной конструкции. После завершения индивидуальной самостоятельной работы обучаемых проводится групповое занятие, на котором преподаватель демонстрирует, сопровождая необходимыми комментариями, теоретически оптимальные конструкции из архива поучительных и интересных задач.

Тренажеры в сфере экономики и управления. В последнее десятилетие активно развиваются имитационные модели и реализующие их компьютерные системы в сфере экономики и управления (см., например, <http://www.pro-invest.com>). На основе подобных моделей создаются и компьютерные системы учебного назначения, называемые компьютерными тренажерами и деловыми играми. Причем цель применения таких компьютерных программ – не только ускоренное формирование умений и навыков, но и развитие профессио-

нально-ориентированного, в частности, предпринимательского мышления. Укажем некоторые Интернет-источники таких программ:

- комплекс деловых игр "Кобби" ("Рыночное равновесие", "Конкуренция", "Спрос", "Менеджер" и др.), <http://www.asu.saog.ac.ru/kobbi>;
- стратегическая игра "Capitalism", позволяющая моделировать современный деловой мир, <http://www.marketing.spb.ru>;
- система имитационного управления предприятием "Дельта", <http://www.nixdorf.ru>;
- деловая компьютерная игра "Центр управления предприятием", <http://www.intellect-service.ru>.

3.5. Основные этапы разработки тренажеров

1. **Выбор учебной задачи.** Как уже отмечалось, здесь трудно дать какие-либо конкретные рекомендации. В качестве первого приближения «хорошей» учебной задачей можно считать любую «классическую» задачу, т.е. такую задачу, постановка и решение которой было определенным достижением в развитии данной отрасли знаний.

2. **Разработка общей схемы (сюжета) сценария учебной работы.** На этом этапе определяют основную, сюжетную линию (канву) сценария учебной деятельности. Планируют этапы эвристического и машинного решения, соревновательные элементы. Если проектирование и документирование ведут на основе объектно-ориентированного подхода, то строят диаграммы использования первого и второго уровней, диаграммы взаимодействия объектов и пользователей (см. пособие второго модуля курса).

3. **Построение оценочной функции.** Это такая функция, по изменению которой обучающийся может судить, насколько правильны его действия в процессе решения учебной задачи. К тому же оценочная функция естественным образом вносит элементы состязательности в учебную работу. Иногда этот показатель является очевидным, например, критерий эффективности в проектных задачах. В противном случае такая функция должна быть сконструирована на основе данных учебной задачи.

4. **Детализация сценария.** На этом этапе полностью определяют способы деятельности учащегося. Разрабатывают диаграммы деятельности, которые дополняются их спецификациями – текстовым описанием взаимодействия объектов и последовательности действий с иллюстрациями в виде экранных форм. Такое описание позволяет одновременно с детализацией учебной деятельности определить форму человеко-машинного интерфейса тренажера.

5. **Разработка функциональной схемы.** Описание сценария позволяет определить основные функции тренажера и состав его подсистем (рис. 3.21).



Рис. 3.21. Пример функциональной схемы интеллектуального тренажера

6. **Разработка программного обеспечения.** На основе сценария и функциональной схемы тренажера ведут проектирование и разработку программного обеспечения. Эту работу выполняют путем прямого программирования (на языке компьютера) либо с использованием специализированных инструментальных средств.

3.6. Виртуальные учебные кабинеты

Большое значение в подготовке специалистов во многих сферах деятельности имеют лабораторные работы по изучению натуральных объектов. Для этой цели создают специальные учебные кабинеты. В зависимости от профиля подготовки в них могут быть представлены технические, археологические, медицинские, биологические и др. вида объекты, собранные и препарированные специальным образом для изучения. Роль таких кабинетов в профессиональной подготовке трудно переоценить. Однако их создание требует длительного времени, а оснащение и содержание – значительных материальных ресурсов. Например, кабинет конструкции самолетов Самарского государственного аэрокосмического университета (СГАУ) имеет богатую коллекцию агрегатов различных самолетов, которая собиралась более 50 лет. Она размещена на площади более тысячи кв. метров, в ее комплектацию и методическую подготовку вложен большой труд не одного поколения преподавателей. Агрегаты самолетов препарированы и размещены таким образом, чтобы обеспечить не только первоначальное знакомство с авиационной техникой, но и изучение фундаментальных принципов работы авиационных конструкций и типовых конструкторских решений. Создание подобных кабинетов по силам лишь крупным учебным заведениям, поэтому сегодня вполне очевидной становится идея разработки их виртуальных аналогов.

Такие *виртуальные кабинеты* можно отнести к системам декларативного типа, поскольку знания в них хранятся в готовом, препарированном преподавателем виде (см. выше главу 1). Виртуальные учебные кабинеты сходны по подготовке и работе с ними с электронными учебниками. Но их содержательными прототипами являются не первоисточники на бумаге, а натурные экспонаты.

В состав виртуальных учебных кабинетов могут входить структурированные описания натуральных объектов, внутри которых размещают графические иллюстрации (фотографии, схемы, рисунки) и

гиперссылки, под которыми «спрятаны» дополнительные графические иллюстрации аналогичного типа, либо видео- или аудиофрагменты, анимации (рис. 3.22).

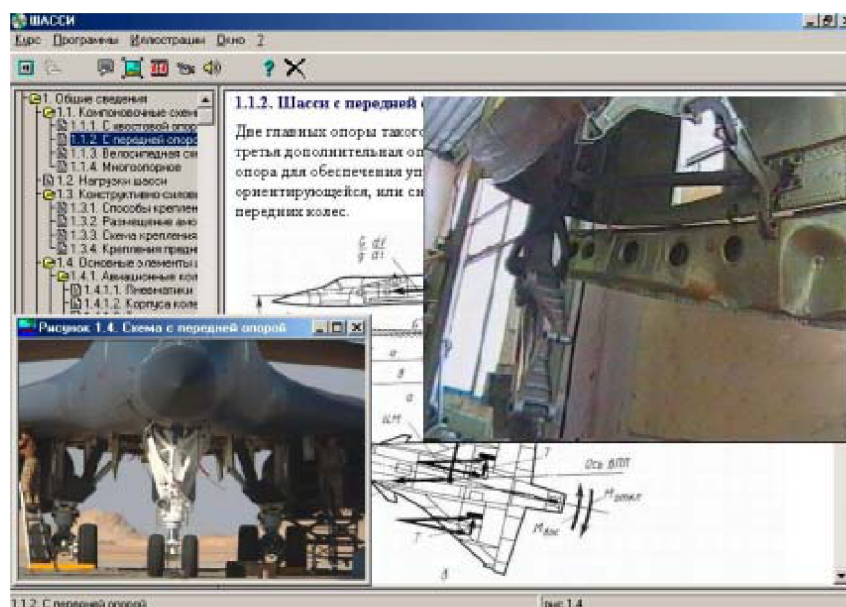


Рис. 3.22. Фрагмент виртуального учебного кабинета конструкции самолетов

Для повышения эффективности восприятия учебного материала в виртуальных учебных кабинетах используют специальные технологические приемы, например flash-анимации с лупой, позволяющие видеть объект в целом и иметь возможность рассматривать его мелкие детали (рис. 3.23).

В конце описания каждого объекта целесообразно давать вопросы для самоконтроля и тренинга по пройденному материалу с краткими комментариями, «спрятанными» под гиперссылками, что позволяет активизировать процесс усвоения учебного материала, делая его интерактивным, и помогает при подготовке к экзаменам и зачетам.



Рис. 3.23. Пример flash-анимации с использованием лупы

Использование виртуальных кабинетов в учебном процессе не исключает полностью работу в реальных учебных кабинетах, знакомства с «натурой» в виде кратких установочных лекций и экскурсий, время на которые может быть сокращено. Однако электронная поддержка таких занятий позволяет:

- повысить активность и самостоятельность учебной работы студентов;
- улучшить восприятие учебного материала за счет его мультимедийности;
- обеспечить полный контроль усвоения материала каждым учащимся;
- облегчить процесс повторения и тренинга при подготовке к экзаменам и зачетам;
- разгрузить преподавателей от рутины контроля и консультирования;
- использовать внеаудиторное время для изучения натуральных объектов в виде домашних заданий;

- внедрить дистанционные формы учебной работы, в том числе в учебных заведениях, имеющих слабую лабораторную базу.

К тому же виртуальный кабинет гораздо проще пополнять новыми экспонатами, чем его реальный прототип, например, из лабораторий других учебных заведений, стапелей заводов и опытно-конструкторских бюро.

3.7. О концепции виртуальных учебных лабораторий

Поддержка лабораторного практикума традиционно является важной составляющей проблематики электронного обучения. Так, разрабатываемые в 80-е годы учебно-исследовательские САПР и АСНИ наряду с курсовым и дипломным проектированием широко применялись и в учебных лабораториях. В последние годы эти вопросы вновь начинают широко обсуждаться, но уже в более четкой, конкретной формулировке термина *«Виртуальные учебные лаборатории»* (ВУЛ).

Применительно к профессиональному образованию концепция ВУЛ (а суть ее очевидна из названия) в потенциале ориентирована на реализацию указанных выше требований к компьютеризации профессиональной подготовки, соответствует идеям открытого и дистанционного обучения и позволяет, хотя бы частично, сгладить остроту существующих ныне проблем материально-технического обеспечения учебного процесса.

Немногочисленные пока научно-методические работы по тематике ВУЛ ограничены, в основном, описанием виртуальных приборов и лабораторных занятий с их использованием. Но понятие ВУЛ для профессионального образования гораздо шире и может интегрировать в себя не только виртуальные приборы, но и виртуальные учебные кабинеты натуральных объектов, системы математического и имитационного моделирования, учебные и промышленные пакеты прикладных программ, компоненты CALS-систем и т.п. А сами ВУЛ могут использоваться не только в лабораторном практикуме, но и в курсовом и дипломном проектировании, в учебно-исследовательской работе студентов.

В методологическом плане виртуальные лаборатории можно *классифицировать* на системы процедурного, декларативного и гибридного (процедурно-декларативного) типов, исходя из принятой в системах искусственного интеллекта типологии моделей представления знаний.

Основу ВУЛ *процедурного типа* составляют учебные пакеты прикладных программ (ППП) или их промышленные аналоги, предназначенные для автоматизации профессионального труда. При их создании основное внимание обычно обращают на реализацию алгоритмов математического моделирования, расчета и оптимизации изучаемых объектов или процессов. Порой математическое моделирование является единственным способом учебного исследования сложных объектов или процессов. Кроме того, сами по себе методы и средства профессиональной деятельности могут быть в таких ВУЛ предметом изучения, например, методы геометрического моделирования, алгоритмы оптимизации и т.п.

Но при всей несомненной полезности автоматизация профессионального труда в учебных задачах, как уже отмечалось выше, не всегда приводит к повышению качества собственно профессиональной подготовки. Помочь здесь может специальный дидактический интерфейс, сценарные схемы которого могут базироваться на принципах построения сценариев интеллектуальных тренажеров (см. выше), да и сами такие тренажеры вполне могут быть отнесены к ВУЛ процедурного типа.

К ВУЛ *декларативного типа* могут быть отнесены виртуальные учебные кабинеты, поскольку знания в них хранятся в готовом, препарированном виде. Как уже отмечалось выше, эти виртуальные кабинеты сходны по подготовке и работе с ними с электронными учебниками. Но их содержательными прототипами являются не первоисточники на бумаге, а натурные экспонаты реальных учебных кабинетов, которые нередко называют учебными лабораториями.

Гибридный подход к построению ВУЛ применяют обычно при разработке виртуальных приборов. При этом внешняя атрибутика, в

частности панель управления, отображается визуально адекватно ее реальному аналогу, а различные режимы работы исследуются с помощью математических или имитационных моделей.

Еще одно перспективное направление создания гибридных ВУЛ – имитация типовых лабораторных работ на сложном и уникальном оборудовании, например на аэродинамической трубе. Обычная ситуация при традиционном проведении таких лабораторных работ – все манипуляции с оборудованием проводит штатный сотрудник лаборатории, преподаватель дает пояснения, а студенты наблюдают и, в лучшем случае, проводят обработку результатов экспериментов. Причем эксперимент проводится, как правило, лишь для одного набора исходных параметров, а для других вариантов студентам даются уже готовые результаты.

Следовательно, подготовив компьютерную базу экспериментальных данных для различных исходных параметров и набор видеофрагментов реальных экспериментов, совсем нетрудно разработать виртуальную интерактивную установку для проведения типовых лабораторных исследований с помощью компьютера.

Особое место в электронном обучении занимают *лаборатории удаленного доступа*, создаваемые в ряде ведущих вузов России на основе уникальных лабораторных стендов и промышленных установок. Автоматизированное лабораторное оборудование, входящее в состав таких лабораторий, может работать под управлением учащихся с удаленных рабочих мест, подключенных к компьютерной сети. Реализация такого подхода позволяет организовать самостоятельную работу учащихся при выполнении индивидуальных заданий или их одновременную работу не только с учебно-лабораторным оборудованием, но и с научно-исследовательскими установками. В качестве примера на рис. 3.24 показан фрагмент web-сайта лабораторного практикума удаленного доступа на аэродинамической трубе СГАУ, см. <http://www.aero.ssau.ru/tube/>.

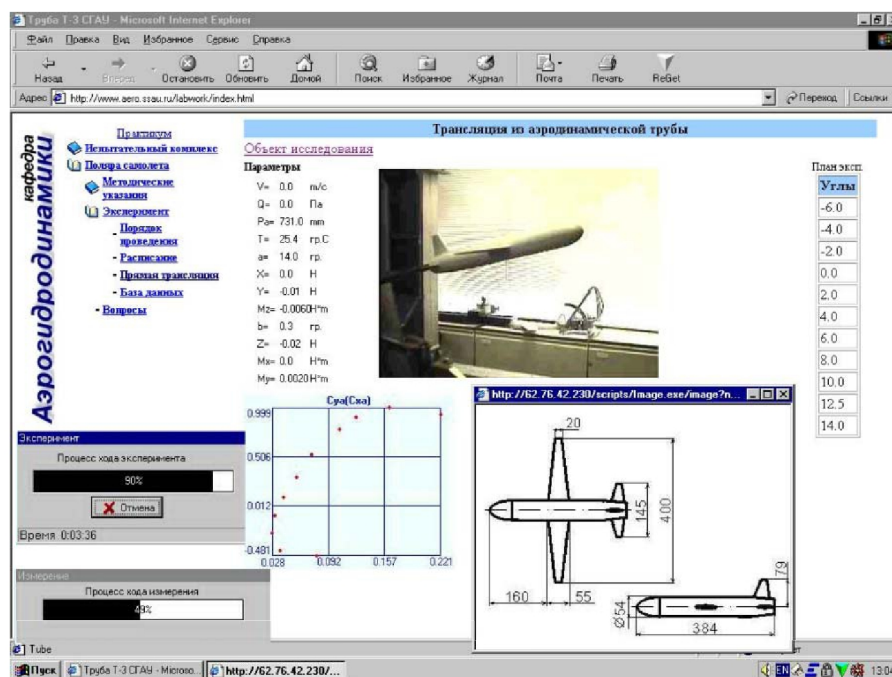


Рис. 3.24. Фрагмент удаленного лабораторного практикума на аэродинамической трубе СГАУ

Наиболее эффективным в дидактическом плане представляется *комплексный подход* к созданию ВУЛ, когда обеспечивается поддержка обучения на всех этапах познавательного процесса (рис. 3.25).

На протяжении ряда лет такой подход успешно применяется в системе КАДИС, по технологии которой разработаны виртуальные учебные лаборатории по сопротивлению материалов, механике конструкций, методам оптимизации и геометрического моделирования, конструкции самолетов, материаловедению и термообработке и другим техническим дисциплинам.



Рис. 3.25. Виртуальная лаборатория как учебный мультимедиа комплекс

3.8. Вопросы для самоконтроля

Проверьте себя, отвечая письменно или устно на вопросы. Лишь после этого заглядывайте в приведенные ниже комментарии. Если необходимо, обращайтесь к теории.

1. Меняется ли *сущность квалификации специалистов* в связи с широким распространением средств автоматизации профессиональной деятельности?

2. Почему во многих случаях оказывается *нереализованным значительный учебный потенциал ППП*, заключающийся в возможности изучать свойства различных объектов и процессов с помощью математического моделирования и вычислительных экспериментов?

3. При использовании в учебном процессе электронных учебников и пакетов прикладных программ возникает *пробел (разрыв) в дидактической логике обучения*, который необходимо заполнить. С помощью каких средств поддержки обучения это можно сделать?

4. Перечислите *четыре принципа* построения сценариев тренажеров.
5. Как выбрать *типовую задачу или класс задач* для тренажера?
6. В чем заключается суть *принципа организации циклического, замкнутого управления* познавательной деятельностью учащихся при разработке тренажеров?
7. Каково назначение *внутренних обратных связей* в тренажерах и учебных ППП?
8. Какую информацию можно отнести к *внутренней ОС* в тренажерах и учебных ППП?
9. Перечислите *общие требования* к информации внутренней обратной связи.
10. Каково назначение *внешних обратных связей* в тренажерах и учебных ППП?
11. Как должны *сочетаться эвристические и машинные методы* решения задач в тренажерах?
12. Как можно реализовать один из четырех принципов построения сценариев тренажеров – *создание соревновательной ситуации* для активизации познавательной деятельности?
13. Перечислите основные *шесть этапов разработки тренажеров*.
14. Что делают на этапе *разработки общей схемы (сюжета) сценария* учебной работы с тренажером?
15. Что подразумевают под *оценочной функцией*, формируемой на третьем этапе разработки тренажера?
16. Что делают на этапе *детализации сценария* тренажера?
17. Что делают на этапе разработки *функциональной схемы* тренажера?
18. Каким образом осуществляют разработку *программного обеспечения* тренажеров?
19. Каково назначение *виртуальных учебных кабинетов*?
20. К каким системам учебного назначения (*декларативного или процедурного типа*) можно отнести виртуальные учебные кабинеты?

21. Какова *классификация* виртуальных лабораторий, исходя из принятой в системах искусственного интеллекта типологии моделей представления знаний?

22. Что составляет основу виртуальных учебных лабораторий *процедурного типа*?

23. В чем *суть гибридного подхода* к построению виртуальных учебных лабораторий?

24. Когда *применяют гибридный* подход к построению виртуальных учебных лабораторий?

Комментарии к вопросам:

1. Сущность профессиональной квалификации остается прежней и заключается не только и даже не столько во владении формализованными методами решения профессиональных задач, сколько в *развитой интуиции, так называемом профессиональном чутье*, опирающемся на знание фундаментальных физических свойств объектов и процессов и умение глубоко анализировать эти свойства. Такие профессиональные качества всегда ценились в специалистах, а к настоящему времени их роль в связи с широким внедрением компьютерной техники еще более возросла. Чтобы строить адекватные математические модели, необходимо глубоко понимать физическую природу объектов и процессов моделирования. Так, чтобы принимать технически грамотные решения при работе с САПР или другими человеко-компьютерными комплексами, необходимо уметь правильно воспринимать и осмысливать результаты вычислений, учитывать трудно формализуемые факторы, всегда имеющиеся в инженерной деятельности.

2. Основная причина в том, что осмысленная учебная работа с ППП требует определенной профессиональной квалификации, которой студенты в большинстве своем еще не обладают.

3. Заполнить этот пробел можно с помощью специальных обучающих программ, создаваемых на основе ППП и называемых *тренажерами*.

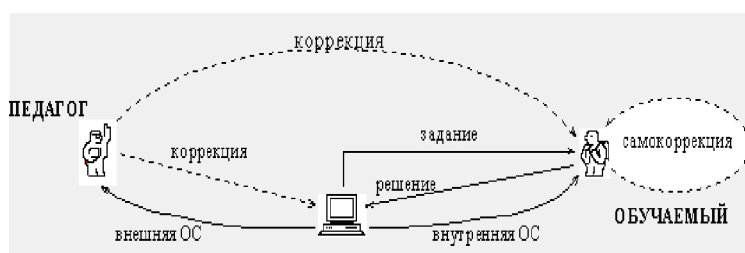
4. Основные принципы интеллектуальных тренажеров:

- 1) выбор типовой интересной и поучительной *задачи* или класса задач;
- 2) организация циклического, замкнутого *управления* познавательной деятельностью учащихся;
- 3) обязательное *эвристическое* решение задач, предлагаемых при работе с тренажером, с последующим сопоставлением результатов с машинным вариантом решения;
- 4) создание *соревновательных* ситуаций для активизации познавательной деятельности.

5. Это *ключевая и наименее формализуемая* проблема разработки тренажера. Нет задачи – нет тренажера! Удачный выбор задачи предопределяет успех при реализации остальных принципов построения тренажера.

Учебные задачи должны соответствовать профилю учебного курса, иметь реальные прототипы и четкий физический смысл, обладать предсказуемостью результатов решения лишь в самых общих чертах. К сожалению, более четких рекомендаций дать невозможно. Внимательное изучение примеров тренажеров позволит пробудить профессиональную интуицию, на основе которой разработчик комплекса сможет подобрать подходящую задачу или класс задач.

6. В построении системы управления с развитыми *внутренними и внешними обратными связями* (см. рис.).



7. Информация внутренней ОС поступает к обучаемому и используется им для *самокоррекции* своей деятельности. Внутренняя ОС призвана частично заменить помощь преподавателя на этапах анализа результатов и принятия решений.

8. Работая с тренажером или учебным ППП, обучаемый должен оперативно получать информацию о правильности (или эффективности) своих действий. Строго говоря, результаты расчета сами по себе являются основной информацией *внутренней ОС*. Но их анализ не всегда доступен обучаемому. Необходимо давать ему дополнительную информацию, которая бы стимулировала и помогала проводить вдумчивое изучение результатов расчета.

Простейшим дополнительным сообщением, которое, как показывает опыт, стимулирует интерес к анализу результатов расчета, является сообщение об оценке действий, выполненных обучаемым на этапе подготовки к расчету. Это может быть оценка правильности выдвинутой гипотезы в учебном исследовании, оценка эффективности проектного решения, оценка качества построения математической модели и т.п. Кроме оценки обучаемому может предоставляться и определенная вспомогательная информация для анализа и коррекции принятых решений. Степень развернутости этой информации, помогающей обучаемому принимать рациональные решения, определяется результатами оценки его деятельности.

9. Оперативность, наглядность, вариантность по степени оказания помощи, продуктивно-творческий характер вспомогательной информации, дружественная форма человеко-машинного диалога.

10. Информация *внешней ОС* необходима преподавателю для анализа самостоятельной работы обучаемых и коррекции всего процесса обучения.

11. Один из четырех принципов разработки сценариев тренажеров предполагает первоначальное *эвристическое* решение задач, предлагаемых при работе с тренажером, с последующим сопоставлением результатов с машинным вариантом решения.

12. Типовая *соревновательная* ситуация предполагает наличие какого-либо простого критерия оценки решения задачи и некоторого его конечного значения, к которому должен стремиться обучаемый в процессе решения задачи. Например, это может быть соревнование либо на получение наиболее рационального проекта при выдаче одинаковых заданий всем обучаемым, либо на достижение минимальной

относительной разницы в критериях эффективности между эвристическими и оптимальными машинными решениями при выдаче различных заданий.

13. Основные этапы разработки тренажеров:

- 1) выбор учебной задачи;
- 2) разработка общей схемы (сюжета) сценария учебной работы;
- 3) построение оценочной функции;
- 4) детализация сценария;
- 5) разработка функциональной схемы;
- 6) разработка программного обеспечения.

14. На этом этапе определяется основная, сюжетная линия (канва) *сценария* учебной деятельности. Планируются этапы эвристического и машинного решения, соревновательные элементы.

15. Это такая функция, по изменению которой обучаемый может судить, насколько правильны его действия в процессе решения учебной задачи. *Оценочная функция* естественным образом вносит элементы состязательности в учебную работу. Иногда этот показатель является очевидным, например критерий эффективности в проектных задачах. В противном случае такая функция должна быть сконструирована на основе данных учебной задачи.

16. На этом этапе полностью определяются *способы деятельности* обучающихся. Описывать сценарий удобней всего в виде логической блок-схемы (как при описании алгоритмов) с фрагментами (картинками) диалога в качестве иллюстраций. Такое описание сценария позволяет одновременно с детализацией учебной деятельности определить форму человеко-машинного интерфейса тренажера.

17. Определяют основные *функции* тренажера и состав его подсистем (см. выше рис. 3.21).

18. Проектирование и разработку *программного обеспечения* ведут на основе сценария и функциональной схемы тренажера путем прямого программирования (на языке компьютера) либо с использованием специализированных инструментальных средств.

19. Виртуальные учебные кабинеты являются виртуальными аналогами реальных учебных кабинетов, предназначенных для изучения

натурных объектов (технических, археологических, медицинских, биологических и др.). Такие кабинеты выполняют важную дидактическую функцию в профессиональной подготовке.

20. Виртуальные кабинеты можно отнести к системам декларативного типа, поскольку знания в них хранятся в готовом, препарированном преподавателем виде (см. модуль 2). Виртуальные учебные кабинеты сходны по подготовке и работе с ними с электронными учебниками. Но их содержательными прототипами являются не первоисточники на бумаге, а натурные экспонаты.

21. В методологическом плане виртуальные лаборатории можно *классифицировать*, исходя из принятой в системах искусственного интеллекта типологии моделей представления знаний, на системы процедурного, декларативного и гибридного (процедурно-декларативного) типов.

22. Основу ВУЛ *процедурного типа* составляют учебные пакеты прикладных программ (ППП) или их промышленные аналоги, предназначенные для автоматизации профессионального труда.

23. Суть гибридного подхода заключается *в сочетании* компьютерных систем декларативного и процедурного типов.

24. *Гибридный подход* к построению ВУЛ применяют обычно при разработке *виртуальных приборов*. При этом внешняя атрибутика, в частности панель управления, отображается визуально адекватно ее реальному аналогу, а различные режимы работы исследуются с помощью математических или имитационных моделей.

3.9. Задание на проектную работу

Выполните следующие этапы разработки тренажера по тематике учебного мультимедиа комплекса, проект которого был подготовлен при выполнении практического задания главы 1 данного пособия:

- 1) выбор типовой учебной задачи или класса задач;
- 2) разработка общей схемы (сюжета) сценария учебной работы;
- 3) построение оценочной функции;
- 4) детализация сценария;
- 5) разработка функциональной схемы тренажера.

1. Новое в концепции дистанционного образования. Дистанционный лабораторный практикум [Текст] / Ю.В. Арбузов, В.Н. Леньшин, С.И. Маслов [и др.] // Проблемы информатизации высшей школы. Бюллетень 1-2 (7-8). – М.: ГосНИИСИ, 1997. – С. 50-58.
2. Беспалько, В.П. Основы теории педагогических систем [Текст] / В.П. Беспалько. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1977. – 303 с.
3. Экономика предпринимательства: изучение с помощью программы КАРЛ [Текст]: учеб. пособие для преподавателей / Н.А. Исаева, Е.Г. Лиманова, С.Е. Урванцева [и др.]. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 432 с.
4. Краснова, Г.А. Технологии создания электронных обучающих средств [Текст]: монография / Г.А. Краснова, А.В. Соловов, М.И. Беляев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МГИУ, 2002. – 304 с.
5. Новый подход к инженерному образованию: теория и практика открытого доступа к распределенным информационным и техническим ресурсам [Текст] / под ред. А.А. Полякова. – М.: Центр-Пресс, 2000. – 238 с.
6. Романов, А.Н. Технологии дистанционного обучения в системе заочного экономического образования [Текст]: монография / А.Н. Романов, В.С. Торопцов, Т.Б. Григорович. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 303 с.
7. Сапунцов, В.Д. Компьютер в экономическом образовании [Текст] / В.Д. Сапунцов. – М.: Издательский дом "Новый век", 1999. – 232 с.
8. Соловов, А.В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология [Текст] / А.В. Соловов. – Самара: Новая техника, 2006. – 464 с.
9. Соловов, А.В. Проектирование компьютерных систем учебного назначения [Текст]: учеб. пособие / А.В. Соловов. – Самара: СГАУ, 1995. – 140 с.

Введение	3
1. Проектирование учебных мультимедиа комплексов	4
1.1. Классификация электронных обучающих средств.....	4
1.2. Таксономия показателей дидактического проектирования	10
1.3. Модель содержания УМК	16
1.4. Модель освоения (навигации) УМК.....	27
1.5. Определение состава УМК.....	44
1.6. Объектно-ориентированный подход к описанию сценариев	46
1.7. Оценка эффективности компонентов УМК.....	50
1.8. Основные этапы проектирования УМК	59
1.9. Вопросы для самоконтроля.....	59
1.10. Задание на проектную работу	71
2. Методические основы электронных учебников	73
2.1. Психологические механизмы усвоения знаний.....	74
2.2. Иллюстративная и когнитивная функции мультимедиа	83
2.3. Элементы управления в сценариях обучающих программ.....	96
2.4. Подготовка тестов.....	99
2.5. Типовые сценарии и экранные формы электронных учебников.....	104
2.6. Алгоритмы контроля и тренажа.....	112
2.7. Структура и основные этапы проектирования электронного учебника	115
2.8. Вопросы для самоконтроля.....	118
2.9. Задание на проектную работу	127
3. Интеллектуальные тренажеры и виртуальные лаборатории.....	129
3.1. Дуализм компьютеризации профессиональной подготовки	130
3.2. Дидактический анализ пакетов прикладных программ	133
3.3. Принципы построения сценариев интеллектуальных тренажеров	137
3.4. Примеры сценариев тренажеров.....	143
3.5. Основные этапы разработки тренажеров	160
3.6. Виртуальные учебные кабинеты.....	162
3.7. О концепции виртуальных учебных лабораторий	165
3.8. Вопросы для самоконтроля.....	169
3.9. Задание на проектную работу	175
Список рекомендуемой литературы	176

Учебное издание

*Соловов Александр Васильевич,
Меньшикова Анастасия Александровна,
Клентак Людмила Стефановна*

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

Учебное пособие

Редактор Н.С. Куприянова
Компьютерная верстка А.В. Ярославцева

Подписано в печать 25.03.2013 г. Формат 60х84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 11,25.
Тираж 100 экз. Заказ . Арт. – 10/2013.

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

