

53(044)  
И-851

*На правах рукописи*

**ИСАЕВ ДМИТРИЙ АРКАДЬЕВИЧ**

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ ПО ФИЗИКЕ  
ДЛЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ  
НА ОСНОВЕ ПЕРСНИФИЦИРОВАННЫХ ЗНАНИЙ**

13.00.02 – теория и методика обучения  
и воспитания (физика)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора педагогических наук

Москва 2003

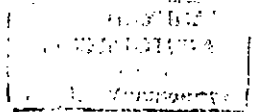
Работа выполнена на кафедре теории и методики  
обучения физике физического факультета  
Московского педагогического государственного университета

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,  
профессор *Мансуров Андрей Николаевич*

04-00813

ОКР

доктор педагогических наук, профессор  
*Данишеников Владимир Степанович*



доктор педагогических наук,  
доцент *Коржуев Андрей Вячеславович*

Ведущая организация: Санкт-Петербургский государственный  
университет педагогического мастерства

Защита состоится «20» октября 2003 года в 15.00 часов на заседании  
Диссертационного совета Д 212.154.05 в Московском педагогическом государ-  
ственном университете по адресу:

119992, г. Москва, ГСП-2, ул. М. Пироговская, д. 29, ауд. 30.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского педагоги-  
ческого государственного университета по адресу:

119992, г. Москва, ГСП-2, ул. М. Пироговская, д. 1.

Автореферат разослан «5» сентября 2003 года.

Ученый секретарь  
Диссертационног

*Шарова*

Н.В. Шаронова

## Общая характеристика исследования

Проблема отбора и оптимизации содержания образования - одна из центральных проблем педагогической науки. Есть немало дидактических и методических работ, посвященных вопросам содержания образования, среди которых существует ряд очень значимых. В числе дидактических работ, рассматривающих различные аспекты содержания образования, следует назвать, прежде всего, труды Ю.К. Бабанского, В.В. Краевского, В.С. Леднева, И.Я. Лернера, М.Н. Скаткина и других исследователей. Из числа методистов-физиков рассмотрением различных аспектов содержания общего образования по физике занимались, например, В.И. Данильчук, Ю.И. Дик, В.Ф. Ефименко, С.Е. Каменешкий, И.С. Карасова, И.И. Нурминский, А.А. Пинский, Н.С. Пурышева, В.Г. Разумовский, Н.А. Родина, Г.Н. Степанова, А.В. Усова, Л.С. Хижнякова, Б.М. Яворский и другие. Достаточно много работ по рассматриваемой тематике построены на эмпирическом базисе методической науки и дидактики, и не все из них могут претендовать на отражение неких объективных закономерностей при отборе содержания образования, в частности - школьного физического образования, которое находит свое конкретное представление на уровне учебного предмета, прежде всего, в учебных программах. Как показывает практика, содержание учебных программ отбирается их авторами достаточно произвольно, с учетом собственного опыта и интуиции. Таким образом, появление учебных программ, отвечающих необходимым требованиям, в огромной мере зависит от таланта, опыта и интуиции разработчиков.

Глубокие социально-политические изменения, происходящие в нашем обществе, нашли и продолжают находить свое отражение в трансформациях отечественной образовательной системы. В частности, - это реализация дифференциации образования в различных ее формах и проявлениях. В последние годы появляется все больше проектов, предусматривающих использование в школе вариативных программ, учитывающих личностные особенности учащихся, а также особенности конкретного учебного заведения, учителя, работающего в конкретном классе (или декларирующих такой учет).

Однако, несмотря на проведение методических исследований, касающихся содержания образования, часть из которых названы нами выше, до сих пор окончательно не решена проблема, связанная с конструированием, анализом и оптимизацией учебных программ (то есть приведением содержания учебных программ к виду, который, с одной стороны, наиболее полно отвечал бы целям конкретного образовательного учреждения, а с другой, - учитывал бы общие требования, предъявляемые к учебным программам). Причин, затрудняющих решение указанной проблемы, несколько, и одна из основных состоит в том, что нет достаточно четких, однозначно понимаемых и толкуемых большинством исследователей критериев для оценки программ. По этой причине зача-

стью при экспертизе той или иной учебной программы в качестве определяющих аргументов выступают в лучшем случае – персональный опыт и убеждения, а в худшем - ученые степени и звания экспертов и авторов программ.

Таким образом, налицо целая группа противоречий между:

- с одной стороны, теоретическим обоснованием и практическим осуществлением дифференциации обучения физике, применением альтернативных учебных программ и, с другой стороны, фактическим отсутствием метода, позволяющего определять степень соответствия учебной программы декларируемым ее авторами целям, а также требованиям, предъявляемым к программам;

- с одной стороны, необходимостью конструировать, оценивать и оптимизировать учебные программы и, с другой стороны, неопределенностью и субъективизмом в определении и использовании характеристик учебных программ по физике, критериев отбора их содержания;

- с одной стороны, необходимостью реализации прогностического подхода к анализу учебных программ по физике и, с другой стороны, неразработанностью теоретических основ подобного подхода.

Отсюда становится очевидной необходимость рассмотрения проблемы, которая и является **проблемой** нашего исследования: каковы должны быть основы метода, предназначенного для построения, анализа и оптимизации учебных программ по физике?

Анализ научной литературы позволяет сделать вывод о том, что работа над обозначенной проблемой лежит в основном русле развития педагогической науки. Пути и тенденции развития педагогических исследований достаточно подробно рассматривают в своих работах, например, Ю.К. Бабанский, Б.С. Гершунский, В.И. Загвязинский, М.Н. Скаткин, Г.П. Щедровицкий и другие исследователи. Поскольку для раскрытия объективных законов педагогики необходимо, прежде всего, применение общетеоретических, общелогических методов, то есть основания полагать, что дальнейшая эволюция методической науки будет возможна лишь при условии полномасштабного применения метода моделирования.

Развитие современных информационных технологий значительно расширило возможности применения моделирования в различных областях знания. Мы считаем возможным и необходимым использование компьютерного моделирования и при отборе и анализе содержания школьного физического образования. Задача конструирования учебной программы часто не имеет алгоритмических решений: это творческий процесс, в ходе которого может использоваться неопределенная или неполная информация, приходится решать задачи оптимизации, учитывая противоречивые, а порой даже взаимоисключающие требования. Однако методы одной из отраслей информатики - искусственного интеллекта - позволяют, в частности, решать подобного рода зада-

чи. Таким образом, можно предположить, что применение методов искусственного интеллекта позволит существенно повысить эффективность и качество отбора содержания школьного физического образования и его оптимизации.

Главный вопрос, возникающий при построении компьютерной системы для моделирования учебных программ по физике, – определение правил и критериев отбора и оптимизации содержания и структуры учебных программ по физике. Основных проблем, возникающих при определении указанных правил и критериев, по меньшей мере, две. Первая из них связана с тем, что разные эксперты могут предлагать разные правила и критерии, а вторая обусловлена затруднениями экспертов, возникающими при попытке определенно и однозначно артикулировать применяемые ими на практике эмпирические критерии и правила. Исследование показало, что одним из решений этих проблем может быть такая организация компьютерной системы, при которой в нее включаются *персоналифицированные* знания конкретных экспертов, а пользователь компьютерной системы самостоятельно определяет, мнение какого эксперта ему наиболее интересно, и использует соответствующие данные. Персоналифицированными мы предлагаем называть знания, полученные в ходе опроса конкретного эксперта и затем представленные, например, в компьютерной системе. Знания, «оторванные» от эксперта, уже нельзя считать персональными, их можно рассматривать как персоналифицированные, то есть – близкие к персональным. В результате применения персоналифицированных знаний можно говорить о большой степени вероятности совпадения полученных выводов с теми, которые сделал бы соответствующий эксперт.

Правомерность решения, связанного с использованием персоналифицированных знаний, косвенно подтверждается результатами проведенных нами в ходе исследования опросов ученых-методистов и учителей: результаты опросов, в частности, показывают, что большинству из опрошиваемых интересно знать не полученное в ходе групповой экспертной оценки обезличенное мнение о том, какой должна быть учебная программа по физике, а именно мнение того или иного конкретного эксперта.

Проведенные нами исследования показывают, что компьютерные системы, позволяющие моделировать учебные программы по физике, могут использоваться не только учеными, но и школьными учителями для адаптации существующих и разработки новых учебных программ, отвечающих условиям конкретного учебного заведения. Это, в свою очередь, дает возможность учителю в большей мере реализовать свое право на свободный выбор, оценку качества и модернизацию учебных программ.

Вышеизложенное свидетельствует в пользу актуальности избранной нами темы исследования: «Компьютерное моделирование учебных программ по

физике для общеобразовательных учреждений на основе персонифицированных знаний»).

**Объектом исследования** является содержание школьного физического образования.

**Предмет исследования** - содержание школьного физического образования на уровне учебной программы.

**Цель исследования** состоит в теоретическом обосновании и разработке метода моделирования учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений, позволяющего конструировать, анализировать и оптимизировать эти учебные программы.

**Гипотеза исследования** такова: если применить персонифицированные знания отдельных экспертов в области содержания физического образования, то можно построить компьютерную систему, предназначенную для конструирования и анализа учебных программ по физике.

В соответствии с поставленной целью и сформулированной гипотезой, были решены следующие задачи исследования:

1. Проанализировать понятие «учебная программа по физике» и в связи с этим уточнить понятийно-терминологические вопросы, связанные с рассмотрением функций и характеристик учебных программ по физике, в частности, - проанализировать соотношение понятий «информация» и «знания».

2. Проанализировать сущность понятия «оптимизация» в применении к учебным программам по физике.

3. Проанализировать сущность метода моделирования, принять на основе этого анализа определение понятия «модель» и изучить возможные подходы к построению модели учебной программы.

4. Проанализировать методы формализованного представления учебного материала, применяемые в педагогической науке и практике.

5. Проанализировать современные методы компьютерного моделирования, относящиеся к области искусственного интеллекта, и обосновать возможность применения систем искусственного интеллекта для моделирования учебных программ по физике.

6. На основе проделанного анализа разработать метод моделирования учебных программ.

7. Разработать Концепцию построения компьютерной системы, основанной на знаниях, предназначенной для конструирования и анализа учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений.

8. Построить компьютерные программы - первые простые прототипы экспертной системы, предназначенной для конструирования и анализа школьных программ по физике, - и с помощью этих программ построить модели учебных программ по физике.

9. Провести опытную проверку основных результатов исследования.

## **Методы исследования.**

### **1. Теоретические:**

- теоретический анализ проблемы исследования на основе изучения методической, дидактической, психологической, философской, методологической литературы, а также научной литературы в областях математики, информатики, кибернетики и искусственного интеллекта;

- анализ и описание понятийного аппарата, необходимого для представления предлагаемого метода;

- моделирование учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений;

- компьютерное моделирование учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений.

### **2. Эмпирические:**

- анализ учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений;

- анализ опыта формализованного представления физических знаний;

- разработка методики опроса экспертов;

- экспериментальная работа констатирующего, поискового и контрольного характера, в частности - интервьюирование и анкетирование экспертов, а также учителей физики, работающих в общеобразовательных учреждениях;

- обсуждение проблемы исследования и предлагаемых подходов ее решения на методических конференциях, совещаниях, семинарах.

**Достоверность** выводов исследования обеспечивается проведением их опытной проверки, для участия в различных мероприятиях которой с 1993 по 2003 годы привлекались более ста учителей и методистов из Москвы, Краснодарского края, Республики Башкортостан и других регионов России, а также из Соединенных Штатов Америки, Швеции, Японии и более семидесяти студентов-физиков выпускных курсов Московского педагогического государственного университета.

Для апробации материалы исследования были представлены:

- ежегодно на научных сессиях Московского педагогического государственного университета (Москва, 1993 - 2003);

- дважды на научно-методических семинарах кафедры теории и методики обучения физике МПГУ (Москва, 1994; 1997);

- на заседании кафедры теории и методики обучения физике МПГУ (Москва, 2003);

- ежегодно на научно-методических семинарах Центра естественнонаучного образования МПГУ и гимназии «Школа Ломоносова» (Москва, 1994 - 2003);

- на региональной научно-методической конференции «Преподавание физики и астрономии в школе: состояние, проблемы, перспективы» (Нижний Новгород, 1994);

- на Всероссийской научной конференции «Актуальные проблемы непрерывного образования» (Санкт-Петербург, 1994);

- на международной конференции «Физика в системе современного образования. ФССО - 95» (Петрозаводск, 1995);
- на научно-практической межвузовской конференции Северо-западного отделения РАО «Теоретические проблемы физического образования» (Санкт-Петербург, 1996);
- на XXIX зональном совещании преподавателей педвузов Урала, Сибири и Дальнего Востока (Екатеринбург, 1996);
- на федеральной научно-методической конференции «Теория и практика обучения физике» (Астрахань, 1996);
- на межрегиональной научно-практической конференции «Современные технологии обучения и информационно-методическое обеспечение учебного процесса» (Сыктывкар, 1996);
- на республиканской научно-теоретической конференции «Модели и моделирование в методике обучения физике» (Киров, 1997);
- на международной научно-практической конференции «Научно-исследовательская и методическая работа в учебных заведениях нового типа как средство профессионального совершенствования педагогов» (Белоруссия, Минск, 1997);
- на научно-практической конференции «Формирование учебных умений в процессе реализации стандартов образования» (Ульяновск, 2001);
- на международной конференции «Физика в системе современного образования. ФССО - 01» (Ярославль, 2001);
- на III международной научно-методической конференции «Новые технологии в преподавании физики: школа и вуз (НТПФ - III)» (Москва, 2002).

**Научная новизна** исследования состоит:

- в выдвигании и применении принципа персонифицированности знаний при моделировании учебных программ по физике;
- в разработке метода моделирования учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений, предназначенного для конструирования и анализа этих программ, основанного на применении персонифицированных баз знаний и двух методов представления знаний - метода структурных формул и структурно-целевого метода;
- в разработке Концепции построения системы, основанной на знаниях, предназначенной для конструирования и анализа учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений;
- в применении разработанного в ходе исследования метода при конструировании и анализе учебных программ по физике, а также при разработке учебно-методических материалов и при планировании учебного материала;
- в применении пакета компьютерных программ, содержащих персонифицированные базы знаний, построенные с применением специальных опросников для экспертов в области содержания образования по физике, при конструи-

ровании и анализе учебных программ по физике, а также при планировании учебного материала.

**Теоретическая значимость** исследования заключается в том, что:

- полученные в диссертации выводы конкретизируют определенные аспекты прогностического подхода к анализу учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений, позволяя не только проводить качественный анализ уже построенных или находящихся в процессе конструирования учебных программ, но и осуществлять их количественные оценки;

- в теоретическом обосновании возможности и целесообразности применения метода компьютерного моделирования для конструирования и анализа учебных программ по физике;

- в теоретическом обосновании принципа персонафицированности знаний, относящихся к области содержания школьного физического образования, а также возможности применения этого принципа при конструировании и анализе учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений.

**Практическая значимость** исследования состоит в том, что:

1. Разработаны опросники, позволяющие получать информацию о персональных представлениях экспертов в области содержания школьного физического образования, которую можно использовать для построения соответствующих персонафицированных баз знаний.

2. Построены персонафицированные базы знаний по вопросам содержания учебных программ по физике, отражающие представления ряда ведущих в нашей стране методистов-физиков, занимающихся вопросами содержания физического образования.

3. Разработан метод моделирования учебных программ по физике с целью их конструирования и анализа, основанный на применении персонафицированных баз знаний и двух методов представления знаний - метода структурных формул и структурно-целевого метода.

4. На основе применения разработанного метода конструируются и анализируются учебные программы по физике, а также соответствующие им учебно-методические материалы, и, кроме того, проводится планирование учебного материала по физике в ряде общеобразовательных учреждений.

5. Построены компьютерные программы, предназначенные для моделирования учебных программ по физике с целью их конструирования и анализа, в которых использованы персонафицированные базы знаний. Применение этих компьютерных программ значительно повышает эффективность разработанного в ходе исследования метода.

Применение метода моделирования учебных программ по физике и компьютерных программ повышает эффективность анализа, конструирования и оптимизации учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Метод моделирования учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений, позволяющий анализировать учебные программы, сравнивать их между собой, оптимизировать их, должен быть основан на применении персонафицированных баз знаний.

2. При моделировании учебных программ по физике с целью их анализа или конструирования целесообразно применение двух методов представления знаний: структурно-целевого метода - для анализа целевой направленности и метода структурных формул - для анализа сложности программ.

3. Начинать работу по составлению персонафицированных баз знаний и организации простейшей системы, основанной на этих знаниях, необходимо без инженера по знаниям - специалиста в области информатики. Эту работу следует начинать специалистам в области методики. В противном случае возможно получение в качестве продукта достаточно формальной, излишне искусственной системы, применение которой в методических целях будет лишено смысла.

4. Одним из концептуальных принципов построения компьютерных систем должен стать принцип, который можно назвать *принципом идеологической преемственности систем-прототипов*. Он означает, что основные методические идеи, положенные в основание компьютерной системы первого поколения, должны сохраняться и при построении систем последующих поколений. Практическая реализация этого принципа позволит препятствовать постепенному превращению компьютерной системы в формальную, не дающую учителям физики и методистам практической пользы.

5. В ряду концептуальных принципов построения компьютерной системы должен лежать *принцип персонафицированности знаний*, то есть компьютерная система должна содержать в своей базе знаний не только общепринятые знания, но и (в первую очередь!) знания конкретных экспертов.

6. При построении компьютерной системы необходимо реализовать также *принцип полноты представления структурных элементов программ по физике в базе знаний*, согласно которому в базу знаний необходимо включать знания об элементах, составляющих различные части учебной программы, поскольку учебная программа по физике не может считаться полной и отвечающей необходимым требованиям в том случае, если она включает основной текст, но в ней отсутствуют какие-либо другие части программы (перечни лабораторных и практических работ, демонстрационных экспериментов и т.п.).

7. При построении компьютерной системы необходимо реализовать *принцип измеряемости характеристик элементов* учебной программы, входящих в состав базы знаний, что обеспечит возможности количественной оценки и количественного сравнения друг с другом различных учебных программ.

Первые два из приведенных выше положений относятся к разработанному нами в ходе исследования методу, а последующие пять являются основой пред-

лагаемой нами Концепции построения системы, основанной на знаниях, предназначенной для конструирования и анализа учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений.

### Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, библиографии и приложений. Общий объем диссертации 351 страница, из них основной текст составляет 308 страниц. Работа включает 29 рисунков и 7 таблиц. В списке литературы 273 наименования.

### Основное содержание диссертации

**Первая глава** - «Отражение содержания школьного физического образования в учебных программах» – начинается с анализа терминологии, которая используется в последующих главах. Необходимость этого анализа обусловлена некоторой неоднозначностью терминов, употребляемых в педагогических науках для описания содержания образования.

Мы придерживаемся предлагаемого И.Я. Лернером определения содержания образования, когда оно понимается как педагогически адаптированная система знаний, способов деятельности, опыта творческой деятельности и эмоционально-ценностного отношения к миру, или система основ четырех элементов социального опыта, отраженная в видах и отраслях деятельности, воплощенных в учебных предметах и программе внеурочной работы. Содержание обучения, в отличие от этого, является содержанием интегрального процесса передачи и усвоения социального опыта, состоящего из двух диалектически взаимосвязанных процессов - преподавания и учения. В процессе обучения содержание образования получает свое воплощение.

Содержание образования фиксируется на уровне учебного предмета в учебных программах. Поэтому, говоря о содержании школьного физического образования, мы приходим к необходимости рассмотрения функций, состава и нормативов построения учебных программ по физике, а затем - факторов, принципов и критериев отбора содержания общеобразовательного курса физики, находящего свое представление в виде соответствующей учебной программы.

Большинство дидактов выделяют две основные функции учебной программы: *содержательная* и *нормирующая*. Для того чтобы учебная программа обеспечивала свои основные функции, к ее тексту предъявляются определенные требования, прежде всего, - *полнота* и *конкретность*.

Факторы, принципы и критерии отбора содержания общеобразовательного курса физики подробно рассмотрены Н.С. Пурышевой, на выводы которой мы опираемся.

Как при конструировании, так и при анализе учебной программы приходится решать задачи ее оптимизации. В связи с этим нами анализируются сущность понятия «оптимизация», а также примеры решения задач оптимизации в различных областях знания, в том числе - в педагогике.

Под оптимизацией мы понимаем процесс поиска таких методов достижения эффективных результатов, чтобы эти методы в данных условиях позволяли бы наилучшим образом (с наименьшими потерями) разрешать противоречия, возникающие в ходе решения поставленной задачи.

Различные аспекты оптимизации в педагогической науке и практике рассматривались в довольно большом числе работ педагогов и педагогических психологов, например, Л.В. Занкова, В.В. Краевского, И.Я. Лернера, М.Н. Скаткина, Г.И. Щукиной и ряда других авторов. В работах Ю.К. Бабанского широко и разносторонне ставится вопрос об оптимизации в педагогике, исследуются сущность этого процесса, критерии оптимизации и возможные пути ее осуществления.

Отражение содержания школьного физического образования в учебных программах приводит к необходимости их оптимизации. Процесс оптимизации учебной программы по физике представляет собой процесс разрешения противоречий, которые возникают при конструировании учебной программы или при ее адаптации к условиям конкретного образовательного учреждения. Этот процесс состоит в построении модели оптимальной учебной программы и возможном приближении к ней программы реальной. Специально подчеркнем, что разные эксперты, в принципе, могут выделять различные противоречия и предлагать разнообразные, возможно даже - уникальные, пути разрешения этих противоречий.

При оптимизации учебной программы должно оптимизироваться как содержание программы в целом, так и содержание одной части программы по отношению к другой. Только в том случае, если оптимально учитываются взаимосвязи между отдельными частями учебной программы, можно говорить об оптимальности программы в целом.

Во второй главе - «Моделирование как метод научного познания и его применение в педагогике» - подчеркивается, что эволюционное развитие методической науки предполагает применение в методических исследованиях общенаучных методов, прежде всего, - метода моделирования.

Согласно определению А.И. Уемова, модель - это система, исследование которой служит средством для получения информации о другой системе. Анализ методологических работ позволяет нам констатировать, что общим в большинстве из них является разделение моделей на два больших вида: материальные и идеальные. Г.А. Балл, наряду с указанными двумя видами, выделяет еще и третий - материализованные модели, которые, как и материальные, обладают субстратными свойствами, однако их функционирование фактически не опре-

деляется природным бытием их субстрата. К числу материализованных моделей можно отнести компьютерные модели.

Мощным импульсом к развитию метода моделирования на современном этапе явилось широкое применение компьютера для моделирования, а успехи, которые достигнуты на пути компьютерного моделирования, привели, в частности, к появлению и развитию так называемого искусственного интеллекта. В связи с этим нами рассмотрено соотношение понятий «интеллект» и «искусственный интеллект». Мы придерживаемся такого определения, когда интеллект понимается как некоторая структура умственных способностей индивида, определяющая общую успешность его адаптации к новым ситуациям при доминирующей роли сознательного над бессознательным. В отличие от этого, искусственным интеллектом (ИИ) сегодня называют, как правило, область науки, цель которой двойственна: с одной стороны, выявить механизмы, лежащие в основе человеческой деятельности, чтобы (это с другой стороны) применить эти механизмы, используя компьютеры, при решении конкретных научных или технических задач.

На сегодняшний день в одной из областей ИИ его аппаратно-программные комплексы порой превосходят возможности человека. Программное обеспечение в таких комплексах ориентировано на решение задач, зачастую не имеющих алгоритмических решений, и на использование для вывода неполной или неопределенной информации. Это так называемые экспертные системы (ЭС). ЭС относятся к более широкому классу систем - так называемым «системам, основанным на знаниях». Такие системы содержат «базы знаний», а не «базы данных». База знаний принципиально отличается от базы данных, прежде всего, тем, что в ней могут реализовываться процедуры обобщения и корректировки хранимых знаний, а также процедуры, создающие новые знания на основании уже имеющихся. База знаний составляется на основе *субъективных* знаний того или иного эксперта.

Ю.К. Бабанский уже в 1989 году констатировал, что все большее число исследователей положительно отвечает на вопрос о возможности моделирования в педагогике. К их числу можно отнести, прежде всего, самого Ю.К. Бабанского, а также Б.С. Гершунского, В.И. Журавлева, А.И. Кочетова, М.Н. Скаткина, Г.П. Щедровицкого и ряд других ученых.

На сегодняшний день достаточно много работ посвящено кибернетическим и информационным методам в дидактике и методике. Это, например, работы В.П. Беспалько, Л.Б. Ительсона, Л.Н. Ланды, Д.Ш. Матроса и др. Все эти работы явились значительным вкладом в развитие педагогической науки, прежде всего, поскольку привнесли в нее возможность применять точные методы исследования. Однако, как отмечает Н.Д. Никандров, серьезным ограничением использования кибернетической педагогики является факт изъятия из ее теории вопроса о цели образования, что превращает ее в абстракт-

ный инструмент. Однако для нас важно другое: с точки зрения методологии науки, кибернетическая педагогика скорее представляет собою прикладную область математики и информатики, нежели отрасль педагогической науки. Это приводит к вытеснению предмета научных исследований из предметной области педагогической науки. Чтобы работать в рамках кибернетической педагогики, педагогу необходимо использовать систему непедagogических понятий, оперировать специальными математическими и другими неспецифическими для педагогики категориями, адаптируя, а порой и «подгоняя под них» категории педагогические. Вероятность подобных негативных явлений значительно ниже при использовании в педагогике компьютерного моделирования, поскольку в этом случае педагог общается с аппаратно-программным комплексом (условно говоря, как с коллегой) на языке своей науки. Необходимо отметить, однако, что при использовании метода компьютерного моделирования достаточно часто можно обращаться к наработкам кибернетической педагогики.

Применение метода компьютерного моделирования, в частности - моделирования с использованием так называемых «интеллектуальных компьютерных систем», - в педагогических исследованиях, а также в практических педагогических целях позволит значительно повысить эффективность этих видов деятельности и объективно оптимизировать их продукты.

Для построения таких компьютерных систем, прежде всего, необходимо решить проблему представления знаний в них.

**В третьей главе** - «Физические знания и возможности их представления» - в ходе рассмотрения соотношения понятий «знания» и «информация», а также «научные знания» и «учебные знания» в курсе физики мы, прежде всего, приходим к необходимости уточнить определение понятия «модель» на основе системного подхода и в дальнейшем опираемся на определение Г.А. Балла, согласно которому система В является моделью системы А для активной системы Q в том случае, если основанием для ее использования этой активной системой служит ее структурное сходство с моделируемой системой А.

На основании проанализированных нами работ Г.А. Балла, Т.В. Габай, В.С. Гинецинского и ряда других авторов, можно сделать общие выводы о том, что, во-первых, понятие «информация» является родовым по отношению к понятию «знание» и, во-вторых, видовым отличием понятия «знание» является его связь с сознанием субъекта.

Знания, представленные в виде текстов учебных программ, уже можно называть знаково-символьной информацией. Однако в конечном итоге содержание этой информации должно стать знаниями учащихся. По этой причине из родственных терминов «информация» и «знание» в приложении к вопросам содержания образования предпочтительнее использовать именно термин «знание». В то же время, учитывая семантическую близость двух рассматриваемых

понятий, возможность использования в определенных контекстах понятия «информация» отнюдь не исключается.

Анализ ряда философских и дидактических исследований показывает, что в приложении к вопросам содержания образования следует говорить о «научных знаниях» на той стадии, когда они еще не трансформированы под «педагогические нужды». Говорить же об «учебных знаниях» можно тогда, когда они уже прошли соответствующую обработку и нашли отражение, например, в виде стандарта образования, учебной программы и т.д. Таким образом, словосочетание «физические знания», в зависимости от контекста, может обозначать либо научные, либо учебные знания.

Анализ проблемы представления физических знаний приводит, в частности, к выводам о том, что, во-первых, невозможно более или менее формально представить *полностью* накопленные к сегодняшнему дню научные знания в области физики и, во-вторых, любое представление физических знаний имеет не только объективный характер, но и окрашено субъективными представлениями исследователя. Несмотря на это, представление системы физических знаний для образовательных целей вполне возможно. Для этого применяются, например, метод структурных формул и структурно-целевой метод.

А.М. Сохор использовал понятие тезауруса, определяя его как словарь, слова (или словосочетания) в котором располагаются по определенному тематическому принципу, и обозначены связи между соответствующими им понятиями. В этом случае тезаурус может быть представлен в виде графа таким образом, что в вершинах графа лежат элементы тезауруса, а связи между этими элементами отражаются ребрами графа. Такие графы А.М. Сохор называет структурными формулами. Структурные формулы позволяют достаточно наглядно представить в удобной для дальнейшего анализа форме различные тезаурусы, в частности, что наиболее интересно для нас и что показано в главе 4, — тезаурусы учебных программ по физике.

Согласно определению Ю.А. Шрейдера, содержащееся в сообщении количество семантической информации относительно тезауруса определяется степенью изменения тезауруса под воздействием оператора, соответствующего этому сообщению. А.М. Сохор убедительно показывает, что относительная доступность (в нашей терминологии - сложность) того или иного элемента учебного материала напрямую зависит от количества отвечающей ему семантической информации. По А.М. Сохору, количество семантической информации в сообщении определяет изменение тезауруса, что отражается в изменении соответствующей ему структурной формулы: средняя степень структурной формулы  $p = 2m/n$  увеличивается ( $m$  - число ребер данного графа,  $n$  - число его вершин). Таким образом, количество семантической информации, соответствующей данному элементу учебного материала, определяется как абсолютным приростом средней степени структурной формулы  $\Delta p = p_2 - p_1$ , так и относи-

тельным  $\delta p = \Delta p / p$ , (где  $p_1$  и  $p_2$  - средние степени структурной формулы, соответственно, до и после включения нового элемента). А.М. Сохор экспериментально доказал, что разность абсолютных значений средних степеней структурных формул уже порядка  $\Delta p \approx 0,02$  может характеризовать заметную разность в сложности материала.

Используя методологию А.М. Сохора, можно применять метод структурных формул в различных целях. Принципиально важными при этом является решение двух вопросов: 1) выделение элементов информации; 2) построение соответствующего тезауруса (который затем может быть представлен в виде структурной формулы).

Существенным недостатком описанного метода является громоздкость структурных формул. По этой причине как сам А.М. Сохор, так и ряд других авторов предлагают заменить построение структурных формул составлением соответствующих им матриц - так называемых матриц смежности: таблиц из  $n$  строк и  $n$  столбцов (по числу элементов в структурной формуле). В такой таблице на пересечении строки и столбца стоит 1, если соответствующие вершины структурной формулы соединены ребром, или 0, если соответствующие вершины несмежны.

Суть структурно-целевого метода, предложенного Н.А. Мансуровым, состоит в том, что элементы научной информации, составляющие основное содержание программы по физике, распределяются, согласно их семантике, по разным атрибутам. Различные атрибуты, согласуясь с целями обучения, объединяют в группы - базисы, которые соответствуют той или иной цели обучения. Н.А. Мансуров предлагает использовать четыре целевых базиса: 1) базис физики как фундаментальной науки; 2) базис физической картины мира; 3) базис прикладных аспектов физики; 4) базис научного метода познания. Каждому из первых трех базисов соответствуют три «фундаментальные образовательные цели» физики как учебного предмета. Четвертый базис занимает особое место - в нем, по утверждению Н.А. Мансурова, могут быть представлены любые физические знания. Атрибуты всех четырех базисов вкуче составляют полные системы взаимно независимых классификационных признаков.

Составление учебной программы по физике фактически сводится к выбору элементов учебной информации, соответствующих избранному целевому базису (или какому-либо сочетанию первых трех базисов). Это очень удобный метод отбора элементов для программы. Заметим, однако, что сам автор, говоря о выборе элементов по целевому базису, отмечает, что процедура эта носит нестандартный характер и определяется методическим вкусом и педагогическим опытом составителя программы.

Чтобы использовать структурно-целевой метод для сравнения учебных программ, Н.А. Мансуров предлагает представить знания, содержащиеся в сравниваемых программах, в четвертом базисе - базисе научного метода познания.

При этом можно будет сравнить число элементов, соответствующих одному и тому же атрибуту четвертого базиса.

Понятно, что структурно-целевой метод не лишен и определенных недостатков. Большинство из них прямо или косвенно оговорил сам автор, указав определенные границы применения, а также некоторые допущения, которые предполагает структурно-целевой метод.

Исследование показало, что описанные выше два метода представления знаний можно применять при построении компьютерной системы, предназначенной для конструирования и анализа учебных программ по физике.

**Четвертая глава** - «Компьютерная система для моделирования программ по физике и метод, лежащий в основе ее построения» - начинается с того, что в ней приводятся и обосновываются концептуальные принципы, а затем - Концепция построения системы, основанной на знаниях, предназначенной для конструирования и анализа программ по физике.

### **Концепция**

***построения компьютерной системы, основанной на знаниях, предназначенной для конструирования и анализа учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений***

*Развитие теории и методики обучения физике на современном этапе предполагает широкое использование в исследованиях общенаучных методов, что является одним из неперенных условий эволюционирования методической науки. В ряду общенаучных методов важное место занимает метод моделирования.*

*Современные средства информационных технологий дают мощный инструментарий для исследователей. В частности, компьютерное моделирование все шире охватывает различные области научного знания. Есть все основания полагать, что настало время для широкого применения компьютерного моделирования в методической науке.*

*Одна из центральных проблем методики физики связана с отбором, анализом и оптимизацией содержания образования, получающего на уровне учебного предмета практическое выражение в виде учебных курсов. Поэтому конструирование и анализ соответствующих учебных программ - важные и насущные методические задачи, которые могут получить достаточно эффективные и оптимальные решения на основе применения компьютерного моделирования.*

*Конструирование учебной программы - сложный процесс, в котором часто приходится пользоваться неполной или неопределенной информацией. Такого рода работа требует творческого подхода, опыта, интуиции и, в определенной степени, - таланта. Таким образом, заменить работу специа-*

листа - эксперта по составлению учебной программы - работой компьютера крайне сложно. Однако специалисты в одной из областей информатики, называемой искусственным интеллектом, занимаются построением особых аппаратно-программных комплексов - экспертных систем. Программное обеспечение экспертных систем ориентировано именно на решение задач, зачастую не имеющих алгоритмических решений, и на использование для вывода неполной или неопределенной информации.

Разработка экспертных систем, предназначенных для конструирования и анализа общеобразовательных программ по физике, даст удобный инструмент как исследователям-методистам, так и учителям. Ученые смогут использовать подобного рода экспертные системы в процессе конструирования и анализа учебных программ. Учителя получат возможность проверять программы на предмет их соответствия целям конкретного образовательного учреждения, особенностям конкретного контингента учащихся, а также адаптировать учебные программы к определенным условиям.

Общение конечного пользователя с экспертной системой фактически идентично его общению с коллегой. Как правило, для конечного пользователя представляет интерес опыт конкретного эксперта. Причем мнение этого эксперта может отличаться от общепринятого: как раз в таком отличии и состоит основная ценность. Поэтому экспертная система должна содержать не только общепринятые знания, но в первую очередь обозначать знания конкретных экспертов. То есть в ряду принципов построения компьютерной системы для анализа и конструирования программ по физике должны лежать принцип персонифицированности знаний. Практическая реализация принципа персонифицированности знаний позволит конечным пользователям консультироваться у системы и как бы узнавать при этом мнение конкретного эксперта, общение с которым не представляется физически возможным на момент обращения.

Построение экспертной системы - длительный и чрезвычайно дорогостоящий процесс, в котором должны принимать участие специалисты в двух областях науки - методики физики и искусственного интеллекта. Этот процесс состоит из ряда последовательных этапов.

На первых этапах происходит сбор необходимой информации и представление знаний. Создаются базы знаний, включающие основные представления экспертов-методистов о содержании учебных программ, об основных подходах и принципах их построения. На этих этапах существенно выявление знаний того или иного эксперта, анализ этих знаний и подготовка к их формализации. По этой причине активную и даже доминирующую роль здесь должны играть специалисты в области методики физики. В противном случае инженер по знаниям может «повести» основное русло создаваемой системы таким образом, что представленные в ней знания, да и вся система в

целом станут слишком уж искусственными, формальными. И тогда использование системы по назначению фактически потеряет смысл.

Когда будут сформированы персоналифицированные базы знаний, станет возможным создание простейших прототипов - компьютерных программ, основанных на знаниях. Подобного рода программы нельзя считать экспертными системами: они не смогут заменить эксперта, однако будут способны в какой-то (сначала - в меньшей, а затем и в большей) степени облегчить его труд и труд его коллег. Прежде всего, применение этих программ избавит конечных пользователей от выполнения рутинной технической работы, которая не носит творческого характера, а сводится к проверке соответствия содержания учебной программы тем или иным критериям.

После создания простейших прототипов наступают циклически повторяющиеся этапы пополнения баз знаний, совершенствования логических блоков и на основе этого - построения последующих поколений систем, основанных на знаниях. При такой цикличности системы предыдущего поколения становятся прототипами систем последующих поколений. Это удобно для специалистов в области искусственного интеллекта и принципиально важно для методистов: тем самым обеспечивается реализация принципа идеологической преемственности прототипов. По завершении нескольких циклов должен произойти качественный скачок: получившуюся систему, основанную на знаниях, можно будет с полным основанием назвать экспертной.

При разработке и совершенствовании базы знаний и логического блока каждого поколения компьютерных систем следует руководствоваться двумя частными принципами. Первый из них - это принцип полноты представления структурных элементов программ по физике в базе знаний: в базу знаний необходимо включать знания не только об элементах основного текста программы, но и обо всех других элементах, в частности, - о лабораторных и практических работах, о демонстрационном эксперименте и т.д.

Другой частный принцип - принцип измеряемости характеристик элементов учебных программ. Реализация этого принципа должна позволить конечному пользователю, воспользовавшись компьютерной системой, объективизировать суждения о той или иной учебной программе по физике. Только при реализации указанных двух частных принципов построение и применение компьютерных систем, основанных на знаниях, реально повысит эффективность конструирования и анализа учебных программ по физике.

В главе обозначен предлагаемый в нашем исследовании подход к разрешению вопроса о представлении знаний в компьютерной системе. Наиболее приемлемыми и диалектически дополняющими друг друга методами такого представления, как показало исследование, могут служить структурно-целевой метод и метод структурных формул. Безусловно, указанные два метода не являются

ся единственно возможными для составления базы знаний компьютерной системы. Мы приняли решение остановиться именно на этих двух методах, поскольку, с одной стороны, они обладают рядом неоспоримых преимуществ, а, с другой стороны, оба этих метода имеют определенную историю применения в педагогике и в методике, историю, которая доказывает их работоспособность и эффективность.

Мы применяем структурно-целевой метод при определении целевой направленности учебной программы по физике. По сравнению с оригинальным методом Н.А. Мансурова, применение структурно-целевого метода в нашем случае приобретает ряд принципиальных отличий. В частности, номенклатура и количество целевых базисов определяются согласно персональным подходам и представлениям конкретного эксперта к целелоганию при разработке учебной программы по физике. Кроме того, снимаются ограничения по количеству атрибутов каждого из целевых базисов, поскольку предполагается, что оперировать с представленными знаниями будет персональный компьютер. В дополнение к этому, мы предлагаем эксперту распределять, согласно своим персональным представлениям, элементы по обозначенным им же ранее атрибутам и базисам.

Исследование показало, что распределения элементов по атрибутам, проводимые разными экспертами, могут существенно отличаться друг от друга. Так, например, элемент «абсолютно упругий удар» одни эксперты причисляют к моделям, другие - к задачам, а третьи - к явлениям. Элемент «амплитудная модуляция» часть экспертов относят к атрибуту «физические явления, эффекты, эксперименты», а другая часть - к атрибуту «приборы, применения, технологии».

Эксперт, чья персонифицированная база знаний создается, должен, прежде всего, определиться и сформулировать свою позицию по следующим вопросам: 1) номенклатура и количество целевых базисов; 2) номенклатура и количество атрибутов указанных целевых базисов; 3) распределение элементов основного текста по названным атрибутам. Для этого на первом этапе эксперту предлагается проанализировать, таблицу, характеризующую отражение тех или иных целей физического образования в определенных частях учебной программы по физике. Таблица эта построена нами на основе данных Н.С. Пурышевой, и первые ее столбцы (с некоторыми изменениями) взяты из монографии Н.С. Пурышевой, а последний столбец заполнен нами, но не полностью, а лишь для примера. В ходе работы с таблицей эксперту предлагается дополнить и, если, на его взгляд, это необходимо, исправить содержание тех или иных ее ячеек.

Эксперту необходимо поработать таким образом несколько раз, чтобы можно было узнать его мнение относительно целелогания в базовом курсе физики и в курсах профильных, а также углубленном. Для каждого из указанных

курсов эксперт заполняет и исправляет отдельную таблицу. Работа эксперта с таблицей дает информацию не только о целевых базисах, но и другую, которую мы назовем дополнительной. Например, по результатам этой работы можно судить о взглядах эксперта на номенклатуру профилей обучения, на распределение материала по частям учебной программы, на необходимость, в зависимости от профиля обучения, наличия или отсутствия работ физического практикума, фронтальных работ, учебных экскурсий и т.д. Кроме работы с таблицей, эксперту предлагается ответить на ряд вопросов, в частности, на вопрос о процентном распределении «удельного веса» различных целей физического образования в зависимости от ступени и профиля обучения. Таким образом, эксперт не только выделяет номенклатуру профилей, но также качественно и количественно указывает их целевые отличия.

Обработанные экспертом таблицы анализируются организатором опроса. Организатор, для облегчения дальнейшей работы эксперта, на основе анализа этих таблиц формулирует названия возможных целевых базисов и атрибутов, которые могут соответствовать каждому из них. Эти сведения заносятся в заголовки столбцов таблицы - *целевой матрицы*. Отметим, что целевая матрица должна включать целевые базисы, отвечающие целям, сведенным организатором опроса со всех таблиц, заполненных экспертом.

На следующем этапе эксперту предлагается, работая с целевой матрицей, последовательно выполнить следующие действия: 1) проверить, насколько составленная организатором целевая матрица отражает его представления; 2) в случае надобности внести в целевую матрицу необходимые изменения и дополнения; 3) в каждой строке пометить те клеточки, которые находятся на пересечении названия элемента основного текста программы и названий тех атрибутов, которым, по мнению эксперта, соответствует данный элемент. Принцип составления целевой матрицы и ее заполнения проиллюстрирован на рис. 1.

Базис Атрибут	Физика как фундаментальная наука							Физическая ...
	Механика	Электро- динамика	Оптика	СТО	Квантовая физика	Молеку- лярная фи- зика	Термоди- намика	
Элемент								Человек и его методы иссле- дования приро- ды
Молекулы						+		
Диффузия						+		
Инерция	+							
...								

Рис. 1. Принцип составления и заполнения целевой матрицы

В итоге заполнения целевой матрицы получается картина, характеризующая представления данного эксперта о целевой нагрузке элементов основного

текста учебной программы по физике. Принцип использования этих знаний примерно такой же, какой предложен Н.А. Мансуровым. Естественно, в случае работы с подобной персонифицированной базой знаний есть свои нюансы и особенности, обусловленные тем, что как число базисов, так и число атрибутов может быть в каждом случае произвольным, и распределение элементов по этим атрибутам может отличаться у каждого эксперта.

Использовать базу знаний предполагается, по меньшей мере, в двух режимах: в режиме анализа и в режиме конструирования учебной программы по физике. В этих режимах отличается порядок использования знаний, представленных в базе: те данные, которые в одном режиме выступают в качестве начальных условий, в другом режиме, соответственно, являются искомыми неизвестными.

При работе в режиме анализа все элементы основного текста анализируемой программы расписываются по атрибутам и, соответственно, по целевым базисам, согласно данным из заполненной экспертом целевой матрицы. По окончании этой работы становится достаточно очевидным, каковы цели, которые определяются набором элементов основного текста учебной программы. Причем не только артикулируются цели обучения, но и вычисляется примерное процентное соотношение целей. Эти данные можно сравнить с содержанием текста пояснительной записки проверяемой учебной программы и, таким образом, получить ответ на вопрос о том, в какой степени, с точки зрения данного эксперта, основной текст рассматриваемой учебной программы по физике отвечает достижению тех целей, которые непосредственно формулируют ее авторы.

При работе в режиме конструирования автор будущей программы задает набор целей, достижению которых должна способствовать данная программа. Согласно заданным условиям на основе целевой матрицы того или иного эксперта выделяется набор элементов основного текста, которые должны быть включены в учебную программу для достижения указанных целей. На основе выделенного набора автор получает возможность приступить к творческой деятельности по композиционной организации этих элементов в целостную программу.

Время, необходимое на изучение того или иного элемента, во многом определяется его сложностью и трудностью для учащихся. По этой причине мы останавливаемся на рассмотрении понятий «сложность» и «трудность» учебного материала, а также их соотношения. Можно достаточно четко разграничить эти понятия: первое из них отражает содержательно-логический аспект доступности и носит более или менее выраженный объективный характер, а второе отражает психологический аспект, характеризуя степень подготовленности учащихся и имея выраженный субъективный характер. Для определения трудности материала необходимо, прежде всего, оценить его сложность, кото-

рая определяется, в основном, логическим содержанием и структурой материала. Мы демонстрируем, как можно оценивать сложность учебных программ по физике, основываясь на представлении знаний с помощью структурных формул. Принципиальным в случае применения нашего метода является то, что в качестве *элемента основного текста программы* мы предлагаем рассматривать имеющую определенный физический смысл наименьшую часть основного текста, при изменении которой этот физический смысл утрачивается. Степень свернутости, определяющая степень «элементарности» элементов основного текста, закладывается авторами учебных программ и является фактически инвариантной для любой из них.

Для оценки сложности учебной программы следует представить ее в виде структурной формулы. Однако удобнее построить не одну, а ряд структурных формул, каждая из которых будет соответствовать определенной теме программы. Тогда сложность программы в целом будет определяться общей сложностью набора структурных формул.

Структурная формула должна содержать ряд элементов основного текста программы, уже изученных ранее в других темах, учебный материал которых используется при изучении данной темы. С учетом этого факта среднюю степень структурной формулы необходимо рассчитывать следующим образом:  $p = 2(m + km_1)/n$  (где  $m$  - число ребер, связывающих элементы только данной темы,  $m_1$  - число ребер, связанных с ранее изученными элементами,  $k = 0, 3$ , а  $n$  - общее число элементов).

Рассмотрим для примера анализ сложности темы «Законы постоянного тока» из стандартной программы по физике для общеобразовательных школ Советского Союза. Рассматриваемая тема включает, по меньшей мере, три элемента основного текста: 1) «применение закона Ома для участка цепи к последовательному и параллельному соединениям проводников»; 2) «электродвижущая сила»; 3) «закон Ома для полной цепи». В структурную формулу, наряду с указанными элементами, следует включить и те элементы, которые уже изучались ранее, но которые играют существенную, по мнению эксперта, роль для изучения текущего материала. Что касается темы «Законы постоянного тока», то при ее изучении необходимо опираться на ранее изученный учебный материал, которому соответствуют, например, такие элементы основного текста, как «электрический ток», «гальванические элементы», «аккумуляторы», «электрическая цепь», «сила тока», «амперметр», «электрическое напряжение», «вольтметр», «электрическое сопротивление», «реостаты», «виды соединения проводников», «работа тока», «мощность тока», «количество теплоты, выделяемое проводником с током». Ответ на вопрос, какие из этих элементов следует включать в структурную формулу по рассматриваемой теме, опять-таки определяется методическими представлениями конкретного эксперта, работающего над составлением структурной формулы.

Прежде, чем приступать к расчетам средней степени структурной формулы, имеет смысл построить соответствующую ей матрицу смежности (табл. 1). С учетом значения коэффициента  $k = 0,3$  на пересечении строк и столбцов, необходимо ставить не 1, а 0,3 в том случае, если соответствующие элементы лежат на смежных вершинах, но один из этих элементов не входит в основной текст рассматриваемой темы. В нашем примере расчеты дают значение средней степени  $p = 1,05$ .

Для вычисления «веса» того или иного элемента, необходимо исключить этот элемент из структурной формулы и вычислить среднюю степень вновь полученной «усеченной» структурной формулы. Разность между средними степенями «полной» и «усеченной» структурных формул как раз и показывает «вес» соответствующего элемента. При работе с матрицей смежности эта операция обеспечивается вычеркиванием как строки, так и столбца, соответствующих избранному элементу (см. табл. 2). Кроме того, необходимо вычеркнуть из матрицы еще и те элементы, которые не входят в рассматриваемую тему и связаны только с вычеркнутым элементом.

Таблица 1

Матрица смежности «Законы постоянного тока»

№	Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Применение закона Ома для участка цепи...	0	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0	0,3
2	Электродвижущая сила		1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0
3	Закон Ома для полной цепи			0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0,3	0	0
4	Сила тока				0	0	0	0	0	0	0	0
5	Электрическое напряжение					0	0	0	0	0	0	0
6	Электрическое сопротивление						0	0	0	0	0	0
7	Закон Ома для участка цепи							0	0	0	0	0
8	Аккумуляторы								0	0	0	0
9	Гальванические элементы									0	0	0
10	Работа тока											0
11	Виды соединения проводников											

Например, при вычеркивании соответствующих элементу «электродвижущая сила» строки и столбца становится очевидным, что следует вычеркнуть еще и седьмые и восьмые строки и столбцы, соответствующие элементам «ак-

кумуляторы» и «гальванические элементы», поскольку каждый из указанных элементов был связан только с элементом «электродвижущая сила».

Средняя степень «усеченной» структурной формулы получается равной  $p_1 = 0,75$ . Разность же между средними степенями полной и «усеченной» структурных формул составляет:  $\Delta p_1 = p - p_1 = 1,05 - 0,75 = 0,3$ . После того, как рассчитан абсолютный прирост средней степени структурной формулы, отвечающий данному элементу, можно вычислить и соответствующее этому элементу относительное увеличение средней степени структурной формулы:  $\delta p_1 = \Delta p_1 / p = 0,3 / 1,05 \approx 0,29$ . Проведя аналогичные действия, можно вычислить как абсолютные, так и относительные увеличения средней степени структурной формулы, соответствующие всем элементам рассматриваемой темы. Подчеркнем особо, что рассчитывать изменения средних степеней структурной формулы описанным методом можно только для элементов, которые входят в рассматриваемую тему.

Таблица 2

Матрица смежности «Законы постоянного тока»  
с удаленным элементом «электродвижущая сила»

№	Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Применение закона Ома для участка ...	0	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0	0,3
2	Электродвижущая сила		1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0
3	Закон Ома для полной цепи			0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0,3	0	
4	Сила тока				0	0	0	0	0	0	0	
5	Электрическое напряжение					0	0	0	0	0	0	
6	Электрическое сопротивление						0	0	0	0	0	
7	Закон Ома для участка цепи							0	0	0	0	
8	Аккумуляторы								0	0	0	
9	Гальванические элементы									0	0	
10	Работа тока											0
11	Виды соединения проводников											

Сравнение относительных увеличений средней степени, соответствующих тем или иным элементам, в частности, показывает распределение учебного времени, отпущенного на изучение темы в целом, между различными элемен-

тами: умножение величины  $\delta t$  на 100% дает выраженную в процентах долю времени, которое необходимо затратить на изучение данного элемента относительно времени, отведенного на изучение всей темы в целом. Этот факт можно использовать при планировании материала.

Для оценки сложности следует рассматривать разность средних степеней различных структурных формул. Для этого можно выбрать «эталонную» по сложности программу и сравнивать остальные программы с ней. Как выяснилось в ходе исследования, в качестве таковой целесообразно использовать единую стандартную программу по физике для общеобразовательных школ Советского Союза, для определенности - последний ее вариант. Таким образом, мы получаем возможность применять своеобразную шкалу сложности учебных программ по физике, которую условно можно назвать «советской шкалой». Целесообразность применения «советской шкалы» подтверждается, в частности, данными опроса учителей физики с различным стажем и методистов-физиков, проведенного нами в ходе констатирующего эксперимента: большинство из опрошенных утверждают, что, анализируя новую учебную программу, они мысленно сравнивают ее с «советской» программой и зачастую оценивают, исходя из этого сравнения.

Подчеркнем особо: выбирая в качестве эталонной «советскую» программу, мы вовсе не имеем в виду того, что это некая идеальная, лишенная недостатков программа. Эта программа далека от идеала. Но ее недостатки хорошо известны, изучены, исследованы. Поэтому мы и выбираем указанную программу в качестве эталонной, употребляя термин «эталонная» в метрологическом смысле: эталонная та, с которой можно сравнивать.

Структурно-целевой метод и метод структурных формул являются основой, но не исчерпывают всего набора методов, применяемых для построения базы знаний компьютерной системы. Исследование позволяет утверждать, что можно получать дополнительные сведения об учебных программах как с помощью двух основных методов, так и некоторых других.

Например, для определения мнения эксперта о содержании лабораторных работ и демонстраций, которые необходимо проводить в классах того или иного профиля, следует предложить эксперту на основе избранной им классификации указать, в каком сочетании и процентном соотношении следует включать эксперимент в программу того или иного курса.

Если эксперт считает существенной определенную последовательность и сочетание разделов и тем, то эту информацию также следует включить в персональную базу знаний эксперта. Проще всего это осуществить, предлагая эксперту какой-либо вариант структуры учебной программы. При этом эксперт имеет возможность либо согласиться с представленной структурой (полностью или с оговорками), либо полностью отказаться от представленной структуры и предложить собственный вариант.

В заключение главы 4 предлагаемый нами *метод моделирования учебных программ по физике* представлен в обобщенном виде.

Для анализа целевой направленности учебной программы по физике следует сначала разделить основной текст программы на элементы и распределять эти элементы по атрибутам, предлагаемым экспертом. Затем можно сравнить полученное распределение сначала с тем, что предлагает этот эксперт для программы для того же профиля (или, если речь идет об основной школе, то для программы базового курса физики), а после этого - с распределениями для программ для других профилей: возможно, с точки зрения данного эксперта, анализируемая программа в большей степени будет соответствовать одному из них.

При конструировании учебной программы определенной целевой направленности следует выбрать элементы основного текста, соответствующие тем или иным атрибутам, в том процентном соотношении, которое предлагается для учебной программы данной целевой направленности избранным экспертом.

Анализ соответствия учебного физического эксперимента декларируемым целям программы следует проводить аналогично описанному выше анализу основного текста учебной программы.

Для расчета сложности анализируемой учебной программы следует, разделив ее основной текст на элементы, построить матрицы смежности для отдельных тем (или логически обособленных частей) анализируемой программы. После этого можно вычислить соответствующие значения средних степеней структурных формул, а также абсолютные приросты средних степеней, соответствующие отдельным элементам. Затем есть возможность получить соответствующие значения сложности по «советской шкале» и сравнить их с оптимальными, по мнению избранного эксперта, для учебных программ для того или иного профиля (или для программы базового курса физики).

Как при разбиении основного текста анализируемой программы на элементы, так и при составлении структурных формул необходимо обращаться к персонифицированной базе знаний избранного эксперта.

Анализ структуры учебной программы по физике сводится к сравнению ее структуры со структурой программы, оптимальной, по мнению данного эксперта, для соответствующего курса физики.

Отметим, что вся работа по конструированию, анализу и оптимизации учебных программ на основе нашего метода может производиться, теоретически, и без применения персонального компьютера. Однако такой процесс был бы крайне трудоемким, что фактически сводило бы на нет его преимущества.

В пятой главе - «Пакет компьютерных программ «ДеКонт» для анализа и конструирования учебных программ по физике» - описан разработанный в ходе исследования пакет компьютерных программ.

Вряд ли требует доказательства утверждение того, что разработка компьютерной системы представляет собой достаточно сложный процесс. Чтобы несколько упростить его, мы решили на первом этапе разрабатывать не интегрированную многофункциональную компьютерную систему, а пакет отдельных взаимосвязанных компьютерных программ. Первая версия пакета компьютерных программ, предназначенных для анализа и конструирования учебных программ по физике, должна насчитывать, как минимум, четыре компьютерные программы: программу для анализа целевой направленности; программу для анализа структуры; программу для анализа сложности; программу для разбиения основного текста на элементы.

Задачи, решаемые с помощью первой версии программы «ДеКонт-Цель», таковы:

1. Определение персональных мнений экспертов относительно процентного распределения элементов основного текста школьной программы по физике по атрибутам четвертого базиса - базиса научного метода познания - в зависимости от профиля обучения.

2. Определение персональных мнений экспертов относительно распределения элементов основного текста школьной программы по физике по четырем базисам.

3. Сравнение распределения по атрибутам четвертого базиса элементов основного текста анализируемой программы с распределением, которое предлагается тем или иным экспертом для программы данного профиля (что дает возможность определить, насколько анализируемая программа соответствует представлениям эксперта о том, какой должна быть программа курса физики для данного профиля).

4. Просмотр данных, относящихся к анализу качественного состава элементов основного текста программ по физике для различных профилей, полученных в результате опроса экспертов.

Работа с программой «ДеКонт-Сложность» предоставляет конечному пользователю такие возможности:

1. Вычислять сложность учебных программ по физике, отдельных их разделов, тем, элементов основного текста.

2. Получать информацию о сложности учебных программ по физике, их разделов и тем, а также отдельных элементов основного текста, рассчитанной тем или иным конкретным экспертом.

3. Сравнить сложность соответствующих учебных программ по физике, отдельных их разделов, тем, элементов основного текста, опираясь как на собственные взгляды, так и на взгляды того или иного эксперта.

Работа с программой «ДеКонт-Структура» позволяет, в частности:

1. Получать доступ к значительному количеству структур курсов физики за достаточно короткое время.

2. Использовать готовые структуры, поставляемые вместе с программой «ДеКонт-Структура», а также редактировать их и/или создавать собственные.

3. Получать информацию о разнообразных вариантах названий разделов и тем, которые традиционно используются авторами школьных программ по физике.

Основные возможности, которые получает пользователь при использовании программы «ДеКонт-Элементы», таковы:

1. Делить основной текст учебной программы на отдельные элементы и сохранять полученный при этом делении список элементов.

2. Просматривать составленные ранее списки элементов основного текста разных учебных программ по физике.

3. Редактировать списки элементов.

4. Использовать списки элементов при работе с другими компьютерными программами, входящими в состав пакета «ДеКонт».

Каждая из описанных компьютерных программ позволяет проводить моделирование учебных программ по физике на основе персонализированных знаний. Значит, несмотря на то, что пакет «ДеКонт» крайне трудно принять за экспертную систему и достаточно условно можно причислять к системам, основанным на знаниях, указанный пакет можно считать первым прототипом экспертной системы для анализа и конструирования школьных программ по физике.

В шестой главе - «Опытная проверка результатов исследования» - описаны организация и проведение опытной проверки, а также приведены и проанализированы ее основные результаты.

Исследование проводилось нами на протяжении десяти лет - с 1993 по 2003 год. Одной из задач констатирующего этапа было выяснение степени актуальности нашего исследования, для решения которой были организованы и проведены анкетирование и интервьюирование учителей физики и методистов. В ходе анкетирования мы стремились, также, проверить ряд наших предположений, в частности: 1) «советская» программа по физике знакома большинству учителей и методистов; 2) анализируя новые школьные программы по физике, учитель (методист) в большей или меньшей степени использует для оценивания программы ее сравнение с «советской» программой. Общее число обработанных нами анкет составило 104. Основные результаты анкетирования представлены в таблице 3.

Анкетирование, в частности, показало, что фактически отсутствуют учителя физики, которые ничего не знают о «советской» программе, а большая часть из тех учителей, которые считают, что плохо знакомы с «советской» программой, утверждают, что хорошо знакомы с учебниками А.В. Перышкина и Н.А. Родной «Физика. 7 - 8 класс», А.К. Кикоина и И.К. Кикоина «Физика. 9 класс», Г.Я. Мякишева и Б.Б. Буховцева «Физика. 10 класс» и «Физика. 11 класс» (то

есть с теми учебниками, которые обеспечивают «советскую» программу!). Практически все учителя берутся сравнивать эти учебники с новыми.

Интересно отметить тот факт, что ряд учителей, отметивших собственное плохое знание «советской» программы, тем не менее, берутся сравнивать ее с новыми программами по физике.

Ответы еще на два вопроса анкеты были для нас чрезвычайно важны, поскольку они подтверждают правомерность двух положений, лежащих в основе нашего метода. Во-первых, на вопрос, можно ли согласиться с утверждением о том, что, изучая новую программу по физике, они мысленно сравнивают ее с «советской» программой, около шестидесяти пяти процентов ответили утвердительно, и еще более двадцати процентов согласились неуверенно, ответив: «скорее «нет», чем «да». И только оставшиеся менее пятнадцати процентов категорически не согласились с приведенным утверждением. Во-вторых, для семидесяти трех процентов респондентов важнее знать мнение о новой учебной программе конкретного ученого, специалиста, чьи работы респонденту хорошо знакомы, чьему профессионализму респондент доверяет. Еще примерно двадцать процентов респондентов утверждают, что им интересно знать как мнение конкретного специалиста, так и общепринятое мнение. И только оставшиеся примерно шесть процентов респондентов готовы ограничиться знанием общепринятого мнения о той или иной учебной программе.

В пользу актуальности избранной нами темы исследования свидетельствует следующий факт: многие учителя – более девяноста процентов опрошенных – отметили, что испытывают определенные затруднения при изучении новых программ по физике. В связи с этим указанные респонденты считают, что школьному учителю физики нужна простая методика, позволяющая оценить новую учебную программу.

Среди специалистов, чье мнение представляет интерес при анализе учебной программы по физике, чаще других назывались следующие: Дик Ю.И., Кабардин О.Ф., Касьянов В.А., Каменецкий С.Е., Мансуров А.Н., Мякишев Г.Я., Нурминский И.И., Пурышева Н.С., Орлов В.А., Разумовский В.Г., Степанова Г.Н., Усова А.В., Хижнякова Л.С., Шаронова Н.В. и ряд других. Среди называемых специалистов были и те, которых сегодня с нами нет, прежде всего, - Пинский А.А., Яворский Б.М. и некоторые другие.

Специально подчеркнем: сравнивая группы респондентов, так или иначе ответивших на тот или иной вопрос, можно отметить, что педагогический стаж анкетированных учителей практически не влияет на составы этих групп.

На поисковом этапе нами были разработаны Концепция построения компьютерной системы, основанной на знаниях, предназначенной для конструирования и анализа учебных программ по физике, а также сценарии некоторых из простых программ, которые в дальнейшем получили свое практическое воплощение в виде пакета программ «ДеКонт».

Таблица 3

## Основные результаты анкетирования учителей

Полученные результаты:	Кол-во	%
С учебниками А.В. Перышкина и Н.А. Родина "Физика. 7 - 8 классы"		
- хорошо знакомы:	102	98
- знакомы:	2	2
С учебниками А.К. Кикоина и И.К. Кикоина "Физика. 9 класс"		
- хорошо знакомы:	84	80,8
- знакомы:	20	19,2
С учебниками Г.Я. Мякишева и Б.Б. Буховцева "Физика. 10 класс" и "Физика. 11 класс"		
- хорошо знакомы:	91	87,5
- знакомы:	13	12,5
Берутся сравнивать новые учебники со старыми:	102	98
Считают необходимым ознакомиться с новой учебной программой прежде, чем начать работу с соответствующим ей учебником:	93	89,4
С "советской" программой		
- хорошо знакомы:	52	50
- знакомы:	34	32,7
- в принципе знакомы:	10	9,6
- плохо знакомы:	8	7,7
Берутся сравнивать новые программы с "советской":	97	93,3
С утверждением: "Изучая новую программу по физике, я мысленно сравниваю ее с "советской" программой"		
- согласны:	67	64,4
- скорее "нет", чем "да":	22	21,2
- категорически не согласны:	15	14,4
При оценивании учебной программы по физике интересно знать мнение о ней		
- своих коллег:	99	95,2
- ведущих специалистов в области методики преподавания физики:	102	98
При оценивании новой программы более важно знать		
- мнение о ней конкретного ученого, специалиста:	76	73
- общепринятое мнение о ней:	6	5,8
- как мнение о ней конкретного ученого, специалиста, так и общепринятое мнение:	22	21,2
Испытывают затруднения при изучении новых программ по физике:	95	91,3
Считают, что школьному учителю физики нужна простая методика, позволяющая оценить новую программу:	95	91,3

Контрольный этап исследования мы разбили на две части. Содержание первой части (2000/01, 2001/02 и 2002/03 учебные годы) - работа контрольного характера, в

которой мы задействовали 76 студентов выпускных курсов физического факультета МПУ - пятого курса (по учебному плану подготовки специалистов) и второго курса магистратуры. Необходимость организации и проведения первой части контрольного этапа была обусловлена занятостью экспертов, по причине которой мы, насколько это возможно, избавили их от участия в подготовительной, черновой работе. Основные задачи, которые мы решали на этой стадии исследования, таковы:

- проверка принципиальной возможности персонифицированного представления знаний с помощью предлагаемого нами метода;
- тестирование компьютерных программ, составляющих пакет «ДеКонт», и предварительная оценка их эффективности.

Мы предлагали студентам выполнение следующего рода работ:

1. Составление списков элементов основного текста различных учебных программ по физике.
2. Разложение элементов основного текста по атрибутам трех основных базисов, а также четвертого - специального - базиса.
3. Вычисление сложностей отдельных тем различных учебных программ по физике.
4. Сравнение сложностей соответствующих тем и отдельных элементов, относящихся к разным учебным программам по физике.

По итогам выполнения студентами этой работы мы получили возможность сделать выводы, в частности, о том, что предлагаемые нами варианты применения как метода структурных формул, так и структурно-целевого метода позволяют представлять персонифицированные знания экспертов и могут быть использованы при разработке компьютерной системы, основанной на знаниях, предназначенной для моделирования учебных программ по физике.

Такой вывод мы сделали на основании того, что: во-первых, применяемые методы дали определенные результаты (то есть, применение этих методов оказалось возможным в принципе) и, во-вторых, при разбиении основного текста одной и той же учебной программы на отдельные элементы, при разложении элементов основного текста одной и той же программы по атрибутам четырех базисов, при расчете сложностей одних и тех же тем и элементов учебных программ разные эксперты предлагали различные варианты решений. Отличия в вариантах, предлагаемых разными экспертами, доходили до 20-25%, то есть были достаточно существенными, отражая тем самым персональные взгляды экспертов.

Поначалу студенты, принимающие участие в эксперименте, выполняли указанную работу на бумажных носителях, а когда в 2002 году появились первые рабочие версии программ «ДеКонт», ту же работу стали выполнять с помощью компьютера. Применение компьютера позволило получить не только информацию о принципиальной возможности применения указанных выше методов для построения компьютерной системы, но и предложения по совершенствованию программ «ДеКонт», которые можно будет учесть при разработке последующих версий этих программ.

Вторая часть контрольного этапа (2002 и 2003 гг.) была посвящена работе непосредственно с ведущими специалистами в области методики, экспертами в вопросах содержания школьного физического образования. На этой стадии экспертам была предложена работа с опросниками, а позже - с компьютерными программами из пакета «ДеКонт». Именно на этой стадии были зафиксированы персонифицированные знания экспертов, а также построены некоторые модели учебных программ на основе этих персонифицированных знаний.

В ходе работы с экспертами выяснилось, что полное, доскональное заполнение опросников требует значительного времени. По этой причине мы сочли возможным продлить работу с опросниками на неограниченное определенными рамками время и дополнить информацию о персональных представлениях экспертов, исходя из того, какие данные они ввели при работе с компьютерными программами.

Работая с программами «ДеКонт», эксперты столкнулись с рядом трудностей и отметили некоторые недостатки программ, затрудняющие работу пользователей. В частности, при работе экспертов с «ДеКонтом» удалось получить от них ту информацию, которую они затруднялись артикулировать, работая с опросниками. Например, экспертами были предложены свои варианты атрибутов четвертого базиса. Эти предложения зафиксированы нами и будут использоваться при построении последующих версий «ДеКонта», что позволит в этих версиях значительно увеличить «степень персонифицированности знаний».

Применяя полученные от экспертов данные, с помощью «ДеКонта» мы провели анализ учебных программ по физике. Например, была проанализирована целевая направленность «советской» программы, а также программ, рекомендованных на сегодняшний день Департаментом общего среднего образования Министерства образования Российской Федерации для использования в государственных общеобразовательных учреждениях России.

Рассмотрим для примера работу «ДеКонта» по анализу целевой направленности учебных программ по физике на основе персонифицированных знаний Н.В. Шароновой. Для проведения этого анализа использовались одновременно две компьютерные программы: «ДеКонт-Цель» в режиме «Исследование целей программ» и «ДеКонт-Элементы», из списка, представленного в которой, поочередно брались элементы основного текста исследуемой учебной программы. Уточним, что список элементов для каждой исследуемой учебной программы был составлен заранее с помощью той же компьютерной программы «ДеКонт-Элементы».

После распределения элементов исследуемой программы по атрибутам четвертого базиса в соответствии с мнением Н.В. Шароновой мы получили возможность сравнить это распределение с теми, которые предлагает Н.В. Шаронова для профильных программ. Для примера на рис. 2 показан один из результатов анализа «советской» программы, согласно которому можно констатировать, что ее целевая направленность ближе к программе для гуманитарного профиля, нежели чем к программе для общеобразовательного профиля.

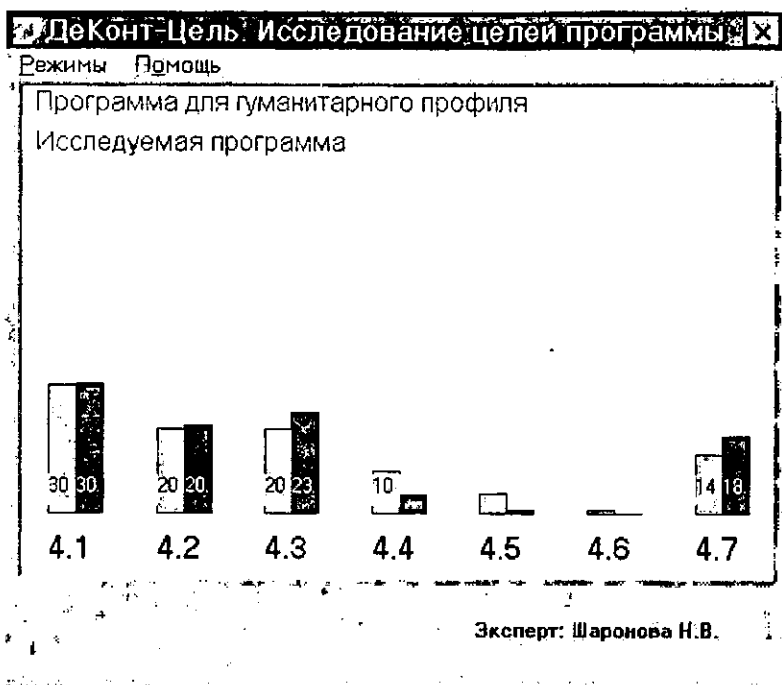


Рис. 2. Сравнение распределения элементов «советской» программы с распределением, предлагаемым Н.В. Шароновой для курса физики для классов гуманитарного профиля

Помимо целевой направленности учебных программ, в ходе опытной проверки были проанализированы сложности ряда учебных программ по физике, а также их отдельных разделов и тем. Анализ сложности проводился на основе применения метода структурных формул: сначала - на бумажных носителях, а позднее - с использованием компьютерной программы «ДеКонт-Сложность».

Выводы, полученные нами в ходе анализа учебных программ по физике, проведенного с помощью пакета компьютерных программ «ДеКонт», были обсуждены с экспертами, чьи персонифицированные знания использовались при проведении анализа. В результате этого обсуждения принципиальных расхождений в полученных нами выводах и мнениях экспертов по поводу той или иной программы выявлено не было.

После фиксации персонифицированных знаний экспертов мы получили возможность передать пакет компьютерных программ «ДеКонт» для экспериментальной работы в ряд средних общеобразовательных учреждений города

Москвы, в частности, - в гимназию №1530 «Школа Ломоносова» и школу №496, где программы использовались учителями физики. Результаты применения пакета «ДеКонт» обсуждались с учителями в индивидуальных беседах. Учителя, применявшие «ДеКонт» как для анализа учебных программ, так, например, и для планирования учебного материала, отметили ряд достоинств и недостатков компьютерных программ, сделали некоторые предложения по их совершенствованию.

Безусловно, не все запланированные экспериментальные мероприятия удалось провести в полном объеме. В частности, список экспертов пришлось ограничить фамилиями трех ученых – С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой и Н.В. Шароновой. Однако уменьшение списка не влияет на выводы исследования, поскольку есть основания полагать, что положительного опыта работы с тремя экспертами вполне достаточно для подтверждения принципиальной возможности построения рассматриваемой компьютерной системы.

Подытоживая описание результатов, полученных в ходе исследования, подчеркнем, что эти результаты позволяют нам сделать вывод о подтверждении гипотезы, сформулированной во введении, поскольку:

- 1) нами были представлены персональные знания отдельных экспертов в области содержания физического образования;
- 2) эти - теперь уже персонифицированные - знания составили основу базы знаний для компьютерной системы (на первой стадии пока еще не интеллектуальной, но в данном случае это несущественно);
- 3) с помощью компьютерной системы были построены модели учебных программ по физике, что позволило анализировать учебные программы.

В заключении сформулированы выводы, полученные в результате исследования:

1. Проанализировано понятие «учебная программа по физике». В отечественной дидактике учебная программа большинством исследователей определяется как форма фиксации содержания образования на уровне учебного предмета, в нашем случае - физики. Если принять во внимание наиболее распространенную точку зрения на то, что содержание образования носит процессуальный характер, то приведенный выше подход к определению не противоречит, с одной стороны, общенаучному пониманию термина «программа» и, с другой стороны, современной образовательной парадигме.

Уточнены понятийно-терминологические вопросы, связанные с рассмотрением функций и характеристик учебных программ по физике. На основании проведенного анализа, в частности, сделаны выводы о том, что, во-первых, понятие «информация» является родовым по отношению к понятию «знание», а, во-вторых, видовым отличием понятия «знание» является его связь с сознанием субъекта.

2. Проанализирована сущность понятия «оптимизация» в применении к учебным программам по физике. Под оптимизацией мы понимаем процесс поиска

таких методов достижения эффективных результатов, чтобы эти методы в данных условиях позволяли бы наилучшим образом (с наименьшими потерями) разрешать противоречия, возникающие в ходе решения поставленной задачи. Процесс оптимизации учебной программы состоит в построении модели оптимальной учебной программы и возможном приближении к ней программы реальной.

3. Проанализирована сущность метода моделирования и на основе этого анализа принят определением понятия «модель» Г.А. Балла, согласно которому система В является моделью системы А для активной системы Q в том случае, если основанием для ее использования этой активной системой служит ее структурное сходство с моделируемой системой А.

4. Изучены возможные подходы к построению модели учебной программы и проанализированы методы формализованного представления учебного материала, применяемые в педагогической науке и практике. Сделан вывод о возможности совместного использования метода структурных формул и структурно-целевого метода с целью повышения эффективности представления учебных знаний и моделирования учебных программ.

5. Проанализированы современные методы компьютерного моделирования, относящиеся к области искусственного интеллекта, и обоснована возможность применения систем искусственного интеллекта для моделирования учебных программ по физике. Задачи, решаемые при конструировании учебной программы, часто не имеют алгоритмических решений: это творческий процесс, в ходе которого может использоваться неопределенная или неполная информация, приходится решать задачи оптимизации, учитывая противоречивые, а порой даже взаимоисключающие требования. Но на сегодняшний день в одной из областей искусственного интеллекта аппаратно-программные комплексы ориентированы как раз на решение такого рода задач. Это так называемые экспертные системы. Таким образом, можно утверждать, что применение методов искусственного интеллекта позволит существенно повысить эффективность и качество отбора содержания школьного физического образования и его оптимизации.

6. На основе проведенного анализа разработан метод моделирования учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений, основанный на применении персонифицированных знаний в области содержания школьного физического образования, который позволяет конструировать, анализировать и оптимизировать эти учебные программы.

7. Разработана Концепция построения компьютерной системы, основанной на знаниях, предназначенной для конструирования и анализа учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений.

8. Построены компьютерные программы - первые простые прототипы компьютерной системы, предназначенной для конструирования и анализа школьных программ по физике. Эти программы, составляющие пакет компьютерных программ «ДеКонт», позволяют анализировать целевую направленность, содержа-

ние и структуру школьных программ по физике, оценивать их сложность. С помощью программ «ДеКонт» построены модели учебных программ по физике.

9. Проведенная опытная проверка основных результатов исследования показала принципиальную возможность построения компьютерной системы для анализа и конструирования учебных программ по физике и целесообразность применения разработанного метода.

Таким образом, можно констатировать достижение цели настоящего исследования, состоявшей в теоретическом обосновании и разработке метода моделирования учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений, основанного на применении персонифицированных знаний в области содержания школьного физического образования, который позволяет конструировать, анализировать и оптимизировать эти учебные программы.

Работа по составлению персонифицированных баз знаний - длительный процесс. В настоящее время такая работа проведена только в экспериментальном порядке, в основном, для проверки предлагаемого метода, и пока еще рано говорить о полноценном применении персонифицированных баз знаний экспертов для анализа и конструирования учебных программ по физике. Создание таких баз знаний сегодня является одной из важных методических задач, открывающих широкие перспективы для исследований.

Еще одна важная методическая задача - создание следующего поколения прототипов интеллектуальной компьютерной системы для анализа и конструирования учебных программ по физике. Для построения нового поколения компьютерных программ следует не только учесть опыт применения первой версии программ «ДеКонт», но и провести ряд методических исследований, касающихся, в частности, включения в компьютерные системы знаний об учебном эксперименте, межпредметных связях и о других элементах учебных программ по физике.

В приложениях приведены анкеты, применявшиеся в ходе констатирующего эксперимента, и опросники, позволяющие получать информацию о персональных представлениях экспертов в области содержания школьного физического образования.

Основные положения и идеи исследования отражены в 91 публикации общим объемом 145,9 печатных листов. Основными среди этих публикаций являются следующие:

#### Монография

1. Исаев Д.А. Компьютерное моделирование учебных программ по физике для общеобразовательных учреждений: Монография. - М.: Прометей, 2002. - 152 с. (8,5 п.л.) - *Гриф РИС МПГУ*

#### Научно-методические издания

2. Российский стандарт школьного физического образования. Базовый уровень. Проект. - М.: ИОШ РАО, 1993. - 20 с. (В соавторстве с Диком Ю.И., Разумовским В.Г., Пинским А.А. и др.; 1,5 п.л., авторских 0,1 п.л. - 5 %).

3. Временный государственный образовательный стандарт. Общее среднее образование. Физика. Проект (2-я ред.). - М.: ИОШ РАО, 1993. - 38 с. (В соавторстве с Диком Ю.И., Разумовским В.Г., Пинским А.А. и др.; 2,5 п.л., авторских 0,1 п.л. - 4%)

4. Исаев Д.А., Пурышева Н.С. Проект гибкого учебного плана по естествознанию: Концепция. Подходы. Реализация. М.: ЕНОТ-Центр естественнонаучного образования, 1995. - 60 с. (4,0 п.л., авторских 2,0 п.л. - 50%)

#### **Учебники, учебные и учебно-методические пособия, программы**

5. Теория и методика обучения физике в школе: Общие вопросы: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой. - М.: Издательский центр «Академия», 2000. - 368 с. (В соавторстве с Каменецким С.Е., Пурышевой Н.С., Важеевской Н.Е. и др.; 23,0 п.л., авторских 0,5 п.л. - 2%) - **Гриф Минобразования РФ**

6. Лабораторный практикум по теории и методике обучения физике в средней школе: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Под ред. С.Е. Каменецкого и С.В. Степанова. - М.: Издательский центр «Академия», 2002. - 304 с. (В соавторстве с Каменецким С.Е., Степановым С.В., Петровой Е.Б. и др.; 19,0 п.л., авторских 1 п.л. - 5%) - **Гриф Минобразования РФ**

7. Исаев Д.А. Физические начала естествознания: Пособие для учащихся младшего подросткового возраста. Часть 1. Явления природы. - М.: ВШМФ «Авангард», 1992. - 135 с. (8,4 п.л.)

8. Гуревич А.Е., Исаев Д.А., Понтак Л.С. Физика. Химия: Проб. учеб. для 5 - 6 кл. общеобразоват. учреждений. - М.: Просвещение, 1994. - 176 с. (12,0 п.л., авторских 6,0 п.л. - 50%) - **Гриф Минобразования РФ**

9. Гуревич А.Е., Исаев Д.А., Понтак Л.С. Физика. Химия. 5 - 6 кл.: Учеб. для общеобразоват. заведений. - 4-е изд. - М.: Дрофа, 2001. - 192 с. (12,0 п.л., авторских 6,0 п.л. - 50%) - **Гриф Минобразования РФ**

10. Гуревич А.Е., Исаев Д.А., Понтак Л.С. Преподавание физики и химии в 5-6 классах средней школы: Кн. для учителя. - М.: Просвещение, 1995. - 64 с. (4,0 п.л., авторских 2,0 п.л. - 50%)

11. Гуревич А.Е., Исаев Д.А., Понтак Л.С. Физика. Химия. 5 - 6 кл.: Метод. пособие. - 5-е изд. - М.: Дрофа, 2002. - 96 с. (5,04 п.л., авторских 2,52 - 50%)

12. Гуревич А.Е., Исаев Д.А., Понтак Л.С. Физика. Химия. V-VI классы // Программы средней общеобр. школы. Физика. Астрономия / Сост. Ю.И. Дик и А.А. Пинский. - М.: Просвещение, 1992. - С. 95 - 101. (0,5 п.л., авторских 0,25 п.л. 50%) - **Гриф Минобразования РФ**

13. Гуревич А.Е., Исаев Д.А., Понтак Л.С. Физика - Химия (V-VI классы) // Программы общеобразовательных учреждений. Физика. Астрономия / Сост. Ю.И. Дик и В.А. Коровин. - М.: Просвещение, 1994. - С. 92 - 99. (0,5 п.л., авторских 0,25 п.л. - 50%) - **Гриф Минобразования РФ**

14. Гуревич А.Е., Исаев Д.А., Понтак Л.С. Физика - Химия (V-VI классы) // Программы общеобразовательных учреждений. Физика. Астрономия / Сост.

Ю.И. Дик и В.А. Коровин. - М.: Просвещение, 1996. - С. 78 - 85. (0,5 п.л., авторских 0,25 п.л. - 50%) - **Гриф Минобразования РФ**

15. Гуревич А.Е., Исаев Д.А., Понтак Л.С. Физика - Химия. 5 - 6 классы // Программно-методические материалы. Физика / Сост. В.А. Коровин. - М.: Дрофа, 1998. - С. 31 - 40. (0,5 п.л., авторских 0,25 п.л. - 50%) - **Гриф Минобразования РФ**

16. Гуревич А.Е., Исаев Д.А., Понтак Л.С. Физика - Химия. 5 - 6 классы // Программно-методические материалы. Физика / Сост. В.А. Коровин. - М.: Дрофа, 1999. - С. 31 - 40. (0,5 п.л., авторских 0,25 п.л. - 50%) - **Гриф Минобразования РФ**

17. Гуревич А.Е., Исаев Д.А., Понтак Л.С. Физика - Химия. 5 - 6 классы // Программы для общеобразовательных школ, гимназий, лицеев. Естествознание / Сост. В.Н. Кузнецов и М.Ю. Демидова. - М.: Дрофа, 2001. - С. 129 - 139. (0,5 п.л., авторских 0,25 п.л. - 50%) - **Гриф Минобразования РФ**

#### Статьи в журналах, сборниках научных трудов и материалов конференций

18. Исаев Д.А. Построение персонифицированных моделей учебных программ по физике с помощью компьютерной системы // Наука и школа. - 2003. - №2. - С. 15 - 19. (0,8 п.л.)

19. Исаев Д.А. «ДеКонт-Цель» - программа для анализа целевой направленности школьной программы по физике // Наука и школа. - 2003. - №3. - С. 20 - 21. (0,3 п.л.)

20. Гуревич А.Е., Исаев Д.А., Понтак Л.С. Физика-Химия 5 - 6. Программа интегрированного курса // Физика в школе. - 1990. - №4. - С. 45 - 47. (0,5 п.л., авторских 0,25 п.л. - 50%)

21. Российский стандарт школьного физического образования (проект) // Физика в школе. - 1993. - № 4. - С. 4 - 10. (В соавторстве с Диком Ю.И., Разумовским В.Г., Пинским А.А. и др.; 2,5 п.л., авторских 0,1 п.л. - 4%)

22. Исаев Д.А. Подход к осуществлению дифференциации обучения естественнонаучным дисциплинам в «Школе Ломоносова» // Научные труды Московского педагогического государственного университета им. В.И. Ленина. Ч. 1. - Серия: Естественные науки. - М.: Прометей, 1994. - С. 134. (0,1 п.л.)

23. Исаев Д.А. Об эволюции парадигмы естественнонаучного образования в России и влиянии этого на общие тенденции в обучении естествознанию // Научные труды МПГУ им. В.И. Ленина. Серия: Естественные науки. - М.: Прометей, 1995. - С. 245 - 247. (0,2 п.л.)

24. Исаев Д.А. Оптимизация содержания физического образования в дифференцированной школе на основе математического моделирования // Научные труды Московского педагогического государственного университета им. В.И. Ленина. Серия: Естественные науки. - М.: Прометей, 1996. - С. 124. (0,1 п.л.)

25. Исаев Д.А. О возможных путях развития методической науки на современном этапе // Научные труды Московского педагогического государственного университета им. В.И. Ленина. Серия: естественные науки. - М.: Прометей, 1997. - С. 180 - 182. (0,2 п.л.)

26. Исаев Д.А. Что может «ДеКонт» (Компьютерная система для оптимизации учебных программ) // Школа. - 1997. - №5. - С. 54 - 57. (0,8 п.л.)

27. Исаев Д.А. Моделирование содержания физического образования в средней школе с помощью компьютерной системы // Вестник Верхне-Волжского отделения Академии технологических наук Российской Федерации. Серия: Высокие технологии в военном деле. Часть 2. Высокие технологии в образовательном процессе. - Нижний Новгород: Верхне-Волжское отд. АТН РФ, 1998. - С. 36 - 38. (0,3 п.л.)

28. Исаев Д.А. О возможном способе измерения различных характеристик школьных программ по физике // Научные труды Московского педагогического государственного университета. Серия: естественные науки. - М.: Прометей, 1998. - С. 141 - 142. (0,1 п.л.)

29. Исаев Д.А., Нянина Л.А. О личностно-ориентированном обучении физике в средней школе // Научные труды Московского педагогического государственного университета. Серия: естественные науки. - М.: Прометей, 1998. - С. 140 - 141. (0,1 п.л., авторских 0,05 п.л. - 50%)

30. Исаев Д.А. По принципу «живой воды»: Проект гибкого учебного плана по естествознанию // Учитель. - 1998. - №2. - С. 54 - 57. (0,8 п.л.)

31. Исаев Д.А., Саратовкин Д.Ф. Об одном из методов оценки сложности учебных программ // Научные труды МПГУ. Серия: естественные науки. Сборник статей. - М.: Прометей, 2001. - С. 106 - 108. (0,2 п.л., авторских 0,1 п.л. - 50%)

32. Исаев Д.А. Представление знаний для компьютерного моделирования содержания школьного физического образования // Научные труды МПГУ. Серия: естественные науки. Сборник статей. - М.: Прометей, 2001. - С. 104 - 105. (0,1 п.л.)

33. Исаев Д.А. О требованиях к учебным программам по физике // Научные труды МПГУ. Серия: естественные науки. Сборник статей. - М.: Прометей, 2002. - С. 77 - 78. (0,1 п.л.)

34. Исаев Д.А. Применение матриц смежности для расчета сложности элементов учебных программ // Научные труды МПГУ. Серия: естественные науки. Сборник статей. - М.: Прометей, 2003. - С. 144 - 146. (0,1 п.л.)

35. Исаев Д.А. Электронная форма для расчета сложности элементов учебных программ // Научные труды МПГУ. Серия: естественные науки. Сборник статей. - М.: Прометей, 2003. - С. 146 - 148. (0,1 п.л.)

36. Исаев Д.А. Программа курса «Физические начала естествознания» // «Физика». Еженедельное приложение к газете «Первое сентября». - 1993. - №7 - 8. - С. 1 - 2. (0,5 п.л.)

37. Исаев Д.А. Проект гибкого учебного плана по естествознанию // Преподавание физики и астрономии в школе: состояние, проблемы, перспективы. Тезисы докладов региональной научно-методической конференции. - Нижний Новгород: НГПУ, 1994. - С. 10 - 11. (0,1 п.л.)

38. Исаев Д.А. Организация внешней дифференциации образования в старших классах в рамках проекта гибкого учебного плана по естествознанию //

Актуальные проблемы непрерывного образования: Тезисы докладов Всероссийской научной конференции. - С.- Петербург. - СПб: Образование, 1994. - С. 136 - 137. (0,1 п.л.)

39. Исаев Д.А. Математическое моделирование как средство оптимизации содержания обучения физике // Теоретические проблемы физического образования. Материалы научно-практической межвузовской конференции Северо-западного отделения РАО. - СПб: Образование, 1996. - С. 49. (0,1 п.л.)

40. Исаев Д.А. Моделирование содержания школьного физического образования на семинарских занятиях // Инновационные процессы в подготовке будущего учителя физики. Методика обучения физике в вузе и школе: Матер. XXIX зонального совещания преподавателей педвузов Урала, Сибири и Дальнего Востока. Ч. 1 / Урал. гос. пед. ун-т. Екатеринбург, 1996. - С.73-74. (0,1 п.л.)

41. Исаев Д.А. Представление содержания школьного физического образования в форме фреймов // Теория и практика обучения физике: тезисы докладов федеральной научно-методической конференции. - Астрахань: Изд-во АГПИ, 1996. - С. 11 - 12. (0,1 п.л.)

42. Исаев Д.А. Создание программного обеспечения для экспертизы и проектирования содержания школьного физического образования // Межрегиональная научно-практическая конференция «Современные технологии обучения и информационно-методическое обеспечение учебного процесса». Тезисы докладов. - Сыктывкар: Сыктывкарский лесной институт Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 1996. - С. 81 - 82. (0,1 п.л.)

43. Исаев Д.А. Учебный физический эксперимент как важная составляющая процессуального компонента содержания школьного физического образования // Актуальные проблемы методики преподавания физики: Материалы научной сессии МПГУ им. В.И. Ленина (подсекция методики преподавания физики). - М.: МПГУ им. В.И. Ленина, 1996. - С. 70. (0,1 п.л.)

44. Исаев Д.А. О логических основаниях построения базы знаний компьютерной системы для моделирования содержания школьного физического образования // Модели и моделирование в методике обучения физике: Тезисы докладов республиканской научно-теоретической конференции. - Киров: Вятский госпедуниверситет, 1997. - С. 78 - 79. (0,1 п.л.)

45. Исаев Д.А. О представлении учебных умений в программах // Формирование учебных умений в процессе реализации стандартов образования: Тезисы докладов научно-практической конференции. - Ульяновск: Ульяновский государственный педагогический университет, 2001. - С. 14. (0,1 п.л.)

#### Публикации за рубежом и в материалах международных конференций

46. Isayev D.A. Soviet Approach: Integrated Science // Science Scope. - 1993. - Vol. 16. - No5. - Pp. 50 - 55. (на английском языке: Сайенс Скоп. США - 0,8 п.л.)

47. Гуревич А.Е., Исаев Д.А., Понтак Л.С. Физика. Химия. 5: Учебник для общеобразовательных школ Республики Армения. - Ереван: Макмилан, 2001. -

120 с. (на армянском языке; 8,0 п.л., авторских 4,0 п.л. - 50%) - *Гриф Минобразования Республики Армения*

48. Гуревич А.Е., Исаев Д.А., Понтак Л.С. Физика. Химия. 6: Учебник для общеобразовательных школ Республики Армения. - Ереван: Макмилан, 2001. - 120 с. (на армянском языке; 8,0 п.л., авторских 4,0 п.л. - 50%) - *Гриф Минобразования Республики Армения*

49. Исаев Д.А. Оптимизация содержания физического образования в учебных заведениях нового типа на основе применения компьютерной системы «ДеКОНТ» // Научно-исследовательская и методическая работа в средних и высших учебных заведениях: проблемы, поиски, решения. Сб. науч. ст. / Под ред. действительного члена БелАО, докт. пед. наук, проф. А.П. Сманцера. - Минск: ИПК ПРРиСО, 1997. - С. 378 - 381. (0,5 п.л.)

50. Исаев Д.А. Об эволюции образовательной парадигмы и ее учете в построении преподавания школьного курса физики // Физика в системе современного образования. ФССО - 95. Тезисы докладов международной конференции. - Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского ун-та, 1995. - С. 109 - 110. (0,1 п.л.)

51. Исаев Д.А. Возможности представления знаний для компьютерного моделирования содержания физического образования // Физика в системе современного образования (ФССО - 01): Тезисы докладов. Том 3. - Ярославль: Изд-во ЯГПУ им. К.Д. Ушинского, 2001. - С. 62 - 63. (0,1 п.л.)

52. Исаев Д.А. Об оптимизации учебных программ по физике для общеобразовательных заведений // Новые технологии в преподавании физики: школа и вуз (НТПФ - III). III международная научно-методическая конференция. - М.: МПГУ, 2002. - С. 16. (0,1 п.л.)

