

8

На правах рукописи



Филиппов Алексей Юрьевич



**АЛГОРИТМЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ
СРЕДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧ**

**Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами (в образовании)**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Томск – 2007

Работа выполнена в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

Научный руководитель – доктор технических наук профессор
Дмитриев Вячеслав Михайлович

Официальные оппоненты доктор технических наук доцент
Александр Николаевич Горитов

кандидат физико-математических наук
доцент
Раиса Алексеевна Кректулева


Ведущая организация – Томский государственный
педагогический университет

Защита состоится « 24 » мая 2007 года в 15⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212 268 02 Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники по адресу 634034, г Томск, ул Беллинского, 53

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники по адресу г Томск, ул Вершинина, 74

Автореферат разослан « 19 » апреля 2007 года

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212 268 |02
доктор технических наук

 – А Я Клименко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы С развитием компьютерной индустрии и ИТ-технологий, массовым оснащением компьютерами образовательных учреждений по общероссийской программе компьютеризации усилился интерес к использованию компьютеров в предметном обучении. Компьютер, как техническое средство, открывает большие возможности для совершенствования учебного процесса путем его автоматизации. Однако, использование компьютера в обучении предметам (в частности, физике) не получило широкого распространения и носит ограниченный характер. С одной стороны, проблема связана с методическим наполнением обучающих программ и программных средств, которое часто не соответствует содержанию учебного процесса по педагогическим причинам. С другой стороны, проблема имеет технический характер и связана непосредственно с разработкой самих программ. Предлагаемые разработчиками компьютерные программы по физике в основном являются закрытыми для пользователя. Содержат закрытый банк задач, тестов, теорию и демонстрации без возможности добавления и решения задач обучающимся, что ограничивает выбор пользователя и ставит его в некоторые рамки предлагаемого материала. Программы же, позволяющие достичь открытости для пользователя, обычно не поддерживают решение задач по физике или достаточно трудны в использовании, требуют знания языков программирования (Pascal, C, Delphi, Excel) или знания численных методов. Поэтому остается актуальным поиск универсальных технологий автоматизации решения задач по естественно-научным дисциплинам, опирающихся на современные кибернетические подходы и открывающие новые возможности для эффективного овладения материалом. В том числе актуальна проблема создания такой открытой среды, в которой органично сочетаются традиционные и компьютерные методы обучения.

Для автоматизации процесса решения задач в открытых средах наиболее всего, на наш взгляд, подходит метод моделирования. Перевод некоторого исследуемого объекта в форму модели позволяет обнаружить в нем такие свойства, которые не выявляемы при непосредственном оперировании с ним, что ведет к конкретизации элементов условия задачи и более глубокому пониманию сути решения. Использование метода моделирования требует разработки метода формализации и алгоритмизации решения задач и создания программы, в данном случае – среды компьютерного моделирования задач (СКМЗ), которая сочетает традиционные и компьютерные методы, позволяющие решать учебные задачи, введенные пользователем.

Настоящая работа посвящена разработке алгоритмов формализации решения задач, созданию функциональной схемы СКМЗ и ее программной реализации, содержащей интерактивные редакторы для обработки входной и

выходной информации, программные модули для обеспечения автоматизации процесса обучения компьютерному моделированию задач

В рамках соответствия программы учебному процессу существует необходимость создания обучающего блока – компьютерного учебного пособия (КУП), наполнение которого может изменяться в зависимости от изучаемых образовательных предметов и методик. Так как программа в основном предназначена для предметного обучения, в качестве примера взяты задачи и материал по физике «КУП по физике». Обучающий блок – КУП и инструментальный блок – СКМЗ отделены друг от друга с целью обеспечения возможности раздельного изменения архитектуры и наполнения их пользователем.

Цель работы. Исследование и разработка алгоритмов формализации задач. Реализация на основе разработанных алгоритмов СКМЗ, предназначенной для автоматизации процесса решения вычислительных задач из различных предметных областей.

Объект исследования. Алгоритмы формализации и компьютерного моделирования вычислительных задач из разных предметных областей с использованием метода компонентных цепей (МКЦ).

Задачи исследования

1. Выявить особенности процесса решения и определить классы решаемых задач для компьютерного моделирования.
2. Создать с учетом выявленных особенностей алгоритм формализации задач.
3. Разработать и создать функциональную структуру программы, включающую в себя интерактивные редакторы для обработки входной и выходной информации, а также программные модули, необходимые для автоматизации решения задач.
4. Создать программно-инструментальные средства, позволяющие ориентировать CM MAPC (Среда Моделирования MAPC) на процесс компьютерного моделирования задач по естественно-научным дисциплинам.
5. Разработать компьютерное учебное пособие и на его основе показать эффективность применения компьютерного моделирования в обучении решению задач по физике.

Методы исследования работы. Реализация поставленных задач осуществляется с использованием системного подхода на основе применяемых в настоящее время наиболее эффективных программных средств (CASE-технологии, средств визуального программирования и т.д.), объектно-ориентированных подходов, метода компонентных цепей, развиваемого школой под руководством Дмитриева В.М.

Научная новизна заключается в следующем

1. Исследованы и предложены алгоритмы, позволяющие формализовать процесс моделирования задач.

- 2 Расширен формализм МКЦ для автоматизации компьютерного моделирования задач не только по техническим, но и по естественно-научным дисциплинам
- 3 На основе предложенных алгоритмов и требований впервые исследована и реализована открытая СКМЗ, позволяющая автоматизировать процесс решения вычислительных задач

Практическая значимость. Предложенные методики и алгоритмы развивают теорию моделирования, пополняют банк моделей компонентов Разработанная СКМЗ позволяет практически использовать ее в учебном процессе На основе разработанных алгоритмов и СКМЗ создано методическое и программное обеспечение в виде КУП по физике, позволяющего обучать решению вычислительных задач по физике

К защищаемым положениям относятся.

- 1 Алгоритмы формализации задачи, позволяющие правильно выделить основные этапы моделирования задач и их содержательную сторону Диаграмма процесса решения задач, предназначенная для выделения элементов структуры задачи объектов моделирования, состояний, условий переходов между состояниями
- 2 Алгоритм многоаспектного анализа задач, позволяющий преобразовывать слабо структурированные исходные данные к виду хорошо структурированных исходных данных для реализации компьютерного моделирования задач
- 3 Применение расширенного МКЦ для автоматизации компьютерного моделирования задач по естественно-научным дисциплинам за счет доопределения понятийно-определяющего аппарата
- 4 Разработка функциональной структуры и алгоритмов работы СКМЗ с учетом программно-аппаратных и психолого-педагогических требований, сформулированных в диссертации

Реализация результатов работы. Создано компьютерное учебное пособие – КУП по физике, которое было внедрено в учебный процесс высшего колледжа информатики, электроники и менеджмента (ВКИЭМ) ТУСУРа, на кафедре Теоретических основ электротехники (ТОЭ) ТУСУРа и прогестировано в Томском государственном педагогическом университете (ТППУ) на кафедре общей физики

Апробация работы и публикации. Основные теоретические результаты, а также результаты прикладных исследований и разработок докладывались и получили одобрение на международных, всероссийских и региональных конференциях, публиковались в сборниках трудов 2 статьи в журнале «Вестник Томского Государственного Педагогического Университета», 2 статьи в журнале «Вестник Московского городского педагогического университета», 3 статьи в сборнике «Компьютерные технологии в образовании» Доклады

на научно технической конференции «Научная сессия ТУСУР – 2004» и XII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии», проводимой в Томском Политехническом Университете, отмечены дипломами первой степени. На программные модули было получено свидетельство об отраслевой регистрации разработок № 4058 от 22 ноября 2004 года.

Общее число публикаций – 26 По теме диссертации – 23. Из них две работы находятся в печати.

Достоверность полученных результатов обеспечивается исходными теоретическими, методологическими и практическими данными исследований, аprobацией результатов.

Личный вклад автора. Постановка задач исследования, проведение обзорных и теоретических исследований, разработка алгоритмов формализации задач, доведение разработок до программно-алгоритмических решений, конкретных алгоритмов, комплекса программ СКМЗ и КУП, теоретические и практические результаты и их интерпретация в основном получены соискателем.

Диссертация основана на теоретических идеях, предложенных научным руководителем, профессором Дмитриевым В.М., а также методических и экспериментальных исследованиях, выполненных соискателем совместно с сотрудниками кафедр ГОЭ ТУСУРа и кафедры общей физики ТГПУ.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, приложений и содержит 211 страниц основного текста, 98 рисунков, 92 использованных источника и 6 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность исследований, определяется цель, объект и предмет исследования, определяется научная новизна и практическая значимость работы, приводятся основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе исследованы различные подходы к процессу решения задач в различных предметных областях. В качестве примера рассмотрен алгоритм решения вычислительных задач по физике. Исследование алгоритма решения задач по физике осуществлено по двум направлениям: анализ существующего программного обеспечения и поиск основных элементов и факторов, влияющих на решение задач по физике пользователем. Анализ программного обеспечения в области решения задач по физике позволил выделить четыре основные группы программ для реализации численных методов, математические пакеты, обучающие программы по физике и моделирующие среды. Выявлены основные недостатки таких групп.

- 1 Использование численных методов при решении задач предполагает знание языков программирования, такой алгоритм решения сводится к реализации численного метода, сложные задачи, как правило, порождают большее количество ошибок не только по физике, но и по информатике
- 2 Использование математических пакетов требует умения правильно составлять систему уравнений, используемых в решении задач Устранение ошибок внутри системы уравнений осуществляется пользователем самостоятельно
- 3 Использование обучающих программ по физике предполагает наличие закрытого банка задач без возможности расширения пользователем, что не всегда может соответствовать учебным и методическим целям пользователя Проверка решения в большинстве случаев осуществляется по ответу или шаблону, который не всегда приводит к пониманию сути самой задачи
- 4 Использование моделирующих сред, как правило, имеет узкую техническую направленность (например, имитационное моделирование) или не поддерживает решение задач в конкретной области (в частности, по физике)

Проведен анализ факторов, влияющих на процесс решения задач Выделена проблематика их использования в учебном процессе Определено, что основным условием применения компьютерных технологий в учебном процессе является их открытость для пользователя – учителя, студента (ученика) Открытость программы позволяет учесть собственную методику преподавания учителя – дает возможность без знания языков программирования наработать свой банк задач и их компонентов, индивидуализировать обучение и научить решать задачи Кроме того, выделен ряд факторов, влияющих на процесс решения обучаемого задач по физике Факторы можно представить в форме многоугольника, число секторов которого гипотетически неизвестно, каждый сектор соответствует определенному фактору Если один из факторов отсутствует, как правило, образуется «недостаточность» знаний или данных для решения задачи по физике (рис 1)

Для того чтобы решить проблемы, связанные с использованием программ в учебном процессе и в области методов решения задач, в диссертационной работе впервые разработана специализированная среда – СКМЗ, работа которой показана на примере решения и моделирования задач по физике СКМЗ является открытой средой для

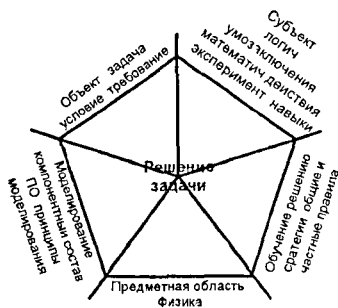


Рисунок 1 – Влияние пяти факторов на процесс решения задач субъектом

пользователя – школьника, учителя, студента или преподавателя, позволяет решать конкретные учебные задачи пользователя, т.е. сочетает компьютерные и традиционные методы обучения решению задач, имеет доступный интерфейс, контроль решения, и не требует специальных знаний (численных методов, языков программирования и т.д.)

В качестве исходной программы для построения СКМЗ была использована среда моделирования MAPS (Моделирование и Автоматический Расчет Систем) – универсальная система автоматизированного моделирования, позволяющая на основе МКЦ моделировать физически неоднородные сложные технические устройства и системы в статическом и динамическом (во временной и частотной областях) режимах. Данная среда была разработана в 70-80 годах Дмитриевым В.М., Арайсом Е.А.

Во второй главе приведено описание исследований и разработки алгоритма компьютерного моделирования задач (КМЗ), который может быть использован для обучения решению задач в учебном процессе разными категориями пользователей. Показана структура решения задачи, под которой понимается характер внутренних отношений (связей, зависимостей) между данными и искомыми величинами задачи. Законченная, правильно построенная пользователем структура задачи и есть модель задачи. Для создания такой модели разработан алгоритм КМЗ (рис. 2).

1	Этап	Предметное представление
		1 1 Ввод (вывод) исходных данных
		1 2 Определение цели задачи
		1 3 Формализация данных
2	Этап	Модельное представление
		2 1 Определение характера задачи
		2 2 Построение информационной модели
3	Этап	Компьютерное представление
		3 1 Построение компьютерной модели
		3 2 Построение плана эксперимента
		3 3 Вычисление результата
		3 4 Тестирование
4	Этап	Анализ результатов моделирования
		4 1 Визуализация результатов
		4 2 Формирование результатов в отчет

Рисунок 2 – Алгоритм компьютерного моделирования задач

В процессе решения задачи от прочтения формулировки до сбора структуры задачи в СКМЗ необходимо выполнить ее формализацию. При построении моделей исходные данные формализуют. В работе используются понятия «формализация задачи» и «формализация данных». В первом случае результатом формализации является формализованное представление задачи, а во втором формализованная формулировка задачи – де-

тализируемая в виде набора данных. Под алгоритмом формализации задачи будем понимать реализацию трех ее основных этапов: предметного представления, модельного представления, компьютерного представления. Предметное представление позволяет построить физико-математическую модель задачи. Модельное представление позволяет определить модель физического процесса, физического объекта, а также характеристики и их свойства. Компьютерное представление – это перевод полученных результатов модельного представления в форму, доступную для компьютерного моделирования.

Перечисленные этапы позволяют переформулировать задачу к виду, необходимому для компьютерного моделирования. Для реализации предложенного алгоритма был использован алгоритм многоаспектного анализа задачи, показанный на рисунке 3. Многоаспектный анализ выполняется на всех этапах формализации решения физической задачи. Предметному представлению сопоставляются два аспекта: математический и физический. В зависимости от предметной области множество аспектов может расширяться. Так, для решения химических задач необходимо ввести химический субаспект. Для модельного представления сопоставляется модельный аспект. Для компьютерного представления используется компонентный аспект. Компонентный аспект – это одна из реализаций компьютерной модели.

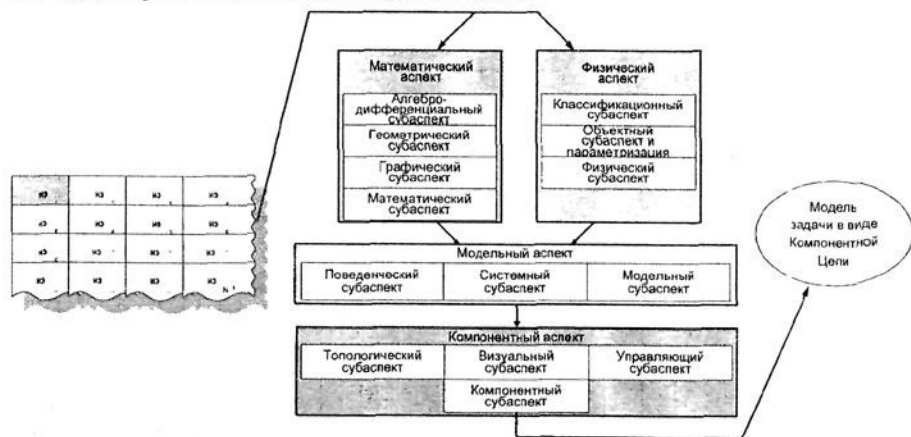


Рисунок 3 – Субаспектное представление задачи

Использование аспектов позволяет получить следующие возможности:

1. Определить целевое назначение всех информационных элементов, входящих в задачу, по соответствующим информационным блокам.
2. Целенаправленно перекодировать информацию с использованием аспектов и субаспектов.
3. Преобразовать формулировку задачи к виду, пригодному для дальнейшего моделирования.
4. Задавать инструментарий, позволяющий выполнить однозначное преобразование исходных данных в формализованное представление независимо от уровня знаний учащегося.

Модельное представление задачи

Под физическим объектом понимается объект либо процесс, имеющий физическую сущность (автомобиль, движение автомобиля, эскалатор, материальное тело, пружина, маятник, полет самолета т.д.).

При рассмотрении поведения объекта (характера функционирования) сложное поведение разбивается на совокупность элементарных (не разбиваемых) участков деятельности. Движение поезда между станциями метро можно разбить, к примеру, на три модельных объекта: ускорение поезда, движение поезда с постоянной скоростью, замедление поезда.

Под объектной моделью в алгоритме моделирования понимается формальная структура данных физического объекта (либо процесса выполняемого физическим объектом/ми), рассмотренная на элементарном участке деятельности объекта (рис. 4). Вводятся понятия акта, состояния, условия переходов между состояниями.

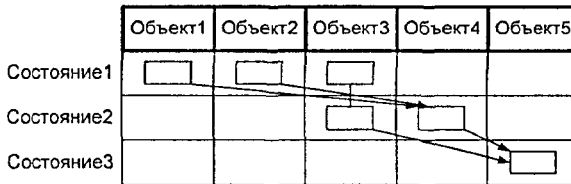


Рисунок 4 – Диаграмма процесса решения задачи о трех вагонах

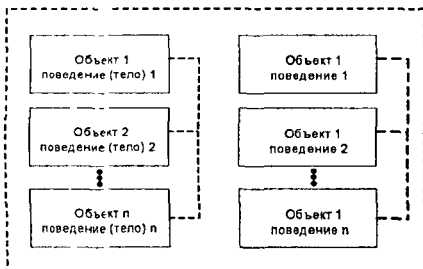


Рисунок 5 – Задачи с условием поведения объектов первого и второго типа

В результате исследования формулировок задач по физике, в зависимости от поведения объектов в них, были выделены основные четыре типа условий задачи с несколькими различными физическими объектами, задачи с одним физическим объектом и несколькими различными поведениями, задачи с несколькими физическими объектами, объединяемые в систему, задачи с разделением системы (тела) на части (рис. 5, 6).

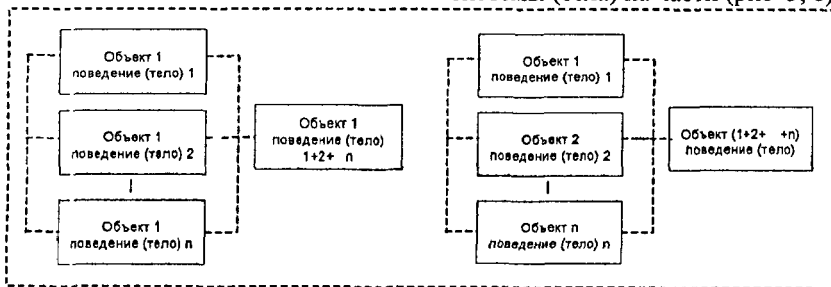


Рисунок 6 – Задачи с условием поведения объектов третьего и четвертого типа

В сложных задачах может использоваться объединение перечисленных типов. Например, среди четырех объектов некоторые из них могут иметь свои акты и т.п.

Необходимость разработки расширенного формализма компонентных цепей

В некоторых случаях при решении задач из таких предметных областей, как робототехника, схемотехника, электротехника и т.п., создаются компонентные цепи (КЦ) с использованием хорошо структурируемых исходных данных (ХСИД). Каждый компонент находится в общей библиотеке, имеет собственное графическое обозначение и математическую модель реализации. Выполнение топологических законов и визуализация технических объектов позволяют применять метод КЦ в обучении и исследовании моделей (рис 7.).

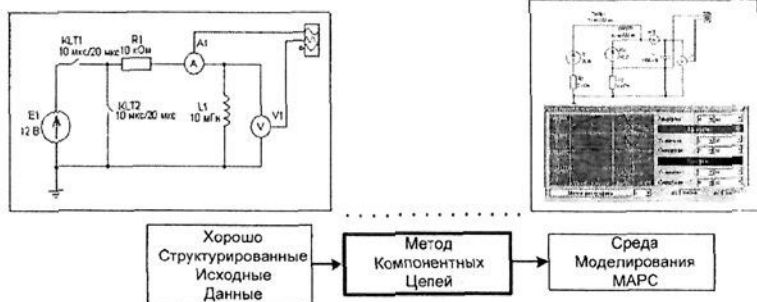


Рисунок 7 – Исследование хорошо структурированных исходных данных



Рисунок 8 – Алгоритм приведения задач с ССИД в компьютерное представление для СКМЗ

При наличии таких ХСИД построить компонентную цепь для учебных задач можно, но только для ограниченного типа задач (гидравлика, системы автоматического управления, электроника, электротехника, механика ...). Чтобы решать большее число учебных задач, необходимо преобразовать слабо структурированные исходные данные (ССИД) к ХСИД с помощью аппарата формализации. Если создавать для каждого объекта задачи аналог в библиотеке компонентов, то это привело бы к ее переполнению из-за их бесконечного числа. Поэтому, в диссертационной работе формализм КЦ преобразован в расширенный формализм КЦ, который позволил получить хорошо структурированные исходные данные и использовать их в СКМЗ (рис. 8).

Для решения вычислительных задач формализм компонентных цепей (ФКЦ) был преобразован за счет аппарата формализации в расши-

ренный формализм компонентных цепей (РФКЦ) РФКЦ является основой для построения структуры задач в виде компонентной цепи

Компонент РФКЦ представлен следующим образом

$$K = (CI, P, Lk, S),$$

где CI – множество классов РФКЦ, P – множество свойств, принадлежащих компоненту, Lk – множество логических ключей компонента, S – множество связей компонента

Классы компонента CI разделены по следующим подклассам

KW – компоненты-источники,

KP – компоненты-преобразователи,

KZ – компоненты-измерители

Данный подход позволяет переводить структуру объекта задачи в ее образное представление и получить преимущества в виде визуализированных объектов и связей (рис 9)

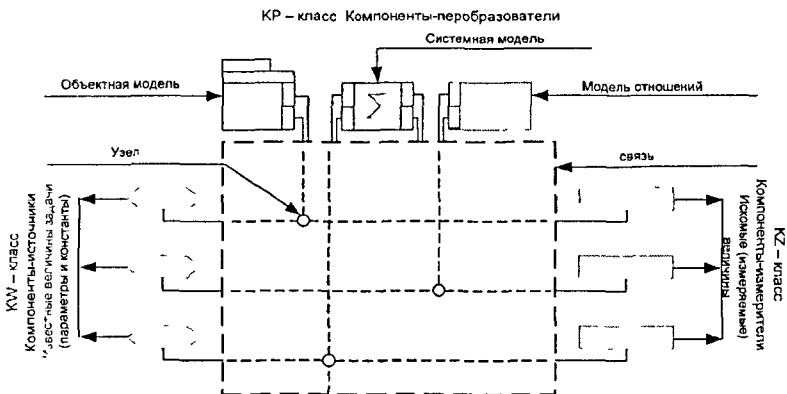


Рисунок 9 – Компонентная цепь задачи

Одно из нововведений в РФКЦ является класс KP – компонентов-преобразователей. Введены три подкласса: объектные модели, системные модели, модели отношений и частные модели отношений.

Объектные модели – логически выделенные из условий задачи сущности, предметы, совокупность предметов и их поведения (рис 10 а), переменные которых определяют характер самой задачи. Такие модели отражают законы физики, а также задают характер (функцию) поведения объекта в моделируемой среде в зависимости от условий задачи. Один физический объект может иметь несколько объектных моделей. В качестве математических моделей здесь используются формулы физики или математические выражения, параметры и переменные которых полностью принадлежат выделенному из условия задачи объекту. Эти математические модели заранее известны как законы физики, поэтому создана «Библиотека моделей компонентов» (БМК), в которой находятся часто используемые формулы. БМК позволяет легко и быстро

добавлять эти базовые компоненты в структуру задачи. При необходимости БМК пополняется самим пользователем, это и обеспечивает «открытость» среды. Объектная модель представлена следующим образом:

$$KpO=(ID, N, M, FV(p(R),v(R))),$$

где ID – идентификатор компонента,

N – название компонента,

M – математическая модель из БМК,

FV() – физические величины, используемые в математической модели,

p(R) – известные величины задачи с заданной пользователем размерностью,

v(R) – переменные задачи с заданной размерностью по умолчанию

Частные модели отношений – формулы физики или математические выражения, параметры и переменные которых описывают взаимосвязь между объектными моделями задачи. Модели отношения не имеют predeterminedного выраженного закона (уравнения), модель определяется (вводится), как правило, через «интерактивную математическую панель» (ИМП). Данная модель характеризует локальные связи, определяемые условиями задачи в виде совокупности уравнений, связывающих переменные нескольких (не всех) объектов в конкретной задаче (рис 10 б). Частную модель отношения можно представить в виде

$$KpLr=(m/M, FV(p(R),v(R))),$$

где m/M – характеризует возможность выбора математической модели из ИМП или БМК

Системные модели отношений – формулы физики или математические выражения, параметры и переменные которых имеют связь со всеми объектами задачи (рис 10 в)

$$KpSr=(M, FV(p(R),v(R))),$$

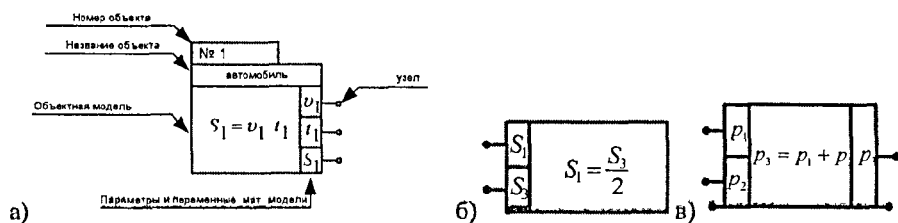


Рисунок 10 – а) компонент объектной модели; б) компонент частной модели отношений, в) компонент системной модели отношений

Системными моделями являются фундаментальные законы физики, такие как закон сохранения импульса, закон сохранения энергии и т.д., в том числе принцип суперпозиции и аддитивности

Все множество задач можно разбить на два крупных класса количественные и качественные. В данной работе рассмотрены задачи первого типа

Задачи, при решении которых устанавливаются количественные зависимости между физическими величинами, называют количественными (вычислительными или расчетными). Для получения ответа на вопрос задачи (в виде формулы или числа) необходимо произвести определенные математические операции.

Чтобы определить множество задач, которые можно решать с помощью имеющегося аппарата формализации на данный момент (выделены подчерком), введена следующая классификация (рис 11)

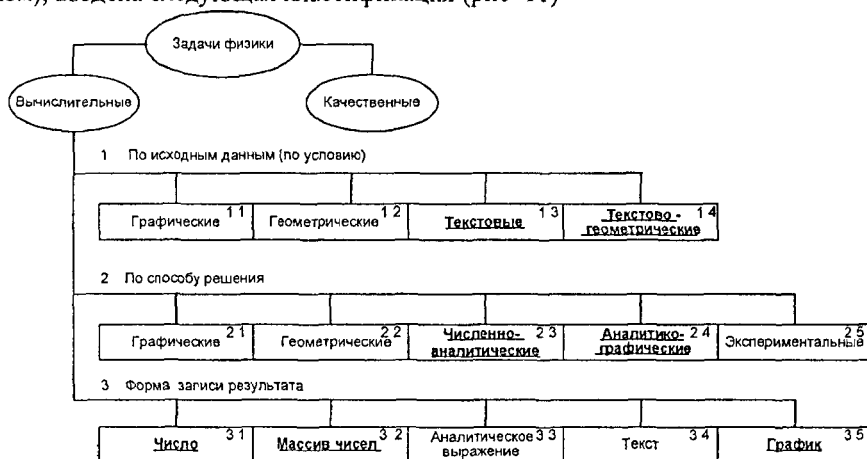


Рисунок 11 – Классификация задач для компьютерного моделирования

В третьей главе дано описание построения структуры программной среды СКМЗ, в частности, функциональная схема взаимодействия модулей СКМЗ с указанием пользователей среды (П – пользователь, М – методист, преподаватель). Остальные модули работают для каждого типа пользователей одинаково под действием операционной системы (рис 12). Каждый шаг алгоритма и модуль программы, объединенные общей рамкой, соответствуют одной подсистеме. Названия подсистем совпадают с названием шагов в алгоритме (см рис 2).

Каждая подсистема разбита на три группы: шаги алгоритма, выполняемые пользователем, внешние модули (элементы интерфейса), внутренние модули. Внутренние модули обеспечивают работу внешних модулей, с которыми непосредственно работают пользователи. Например, шаг алгоритма «ввод/вывод исходных данных» соответствует действиям пользователя. Внешний модуль, который обеспечивает работу пользователя – «дерево задач». Посредством двух внутренних модулей – «банк задач и заданий» и «модуль параметризации заданий» – выбираются необходимые данные для заполнения и работы внешнего модуля «дерево задач». Направление стрелок показывают связь между модулями программы.

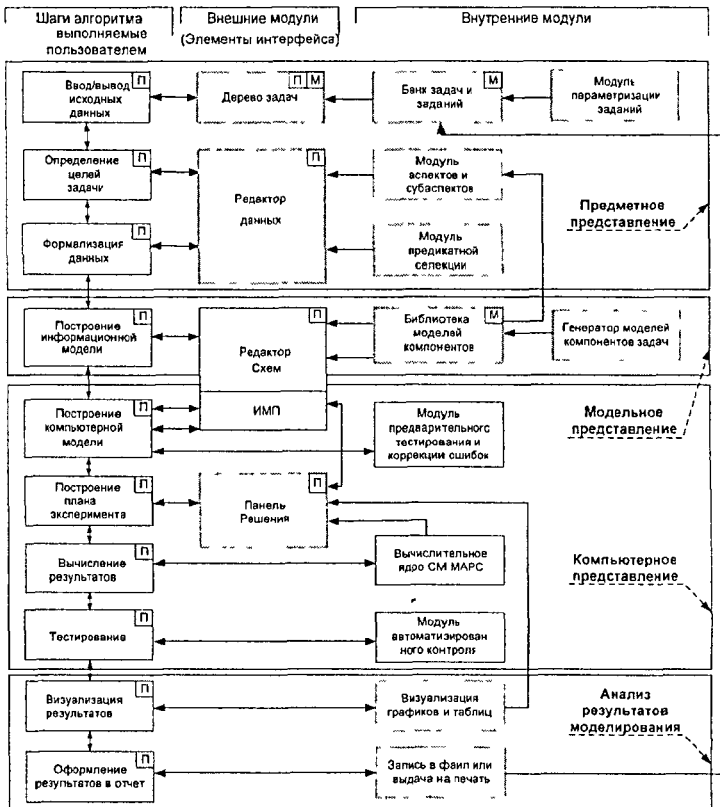


Рисунок 12 – Функциональная схема работы модулей СКМЗ

Разработан внешний интерфейс СКМЗ. Видимые элементы программы, непосредственно взаимодействующие с пользователем, показаны на рисунке 13. Совместное использование этих инструментов позволяет управлять компьютерным моделированием задачи, строить структуру задачи в виде компонентной цепи, осуществлять эксперимент относительно смоделированной задачи.

Пользователь создает или выбирает из банка задач нужную задачу. Задача отображается в редакторе данных. В текстовом блоке – текстовая формулировка. В графическом блоке – рисунок, схема, чертеж, график и т.п. Далее пользователь, выполнив необходимые шаги алгоритма формализации задачи, переходит в редактор схем, где выполняет моделирование задачи.

Параллельно с построением структуры задачи в редакторе схем происходит автоматическое заполнение «панели решения» математическими моделями используемых компонентов.

Чтобы правильно решить задачу, необходимо последовательно выполнить построение её структуры в редакторе схем. В СКМЗ разработаны три режима моделирования задач: режим демонстрации, режим проверки и режим эксперта. Режим демонстрации предназначен для показа моделирования задачи начинающим. Режим проверки дает возможность решить задачу самостоятельно и в конце решения проверить правильность с помощью сверки с шаблоном, выполненным в виде компонентной цепи преподавателем (режим эксперта). Для создания эталонов в банке задач в СКМЗ поддерживается режим эксперта. В этом режиме пользователь полностью самостоятельно решает задачи в СКМЗ и пополняет банк задач (открытость среды).

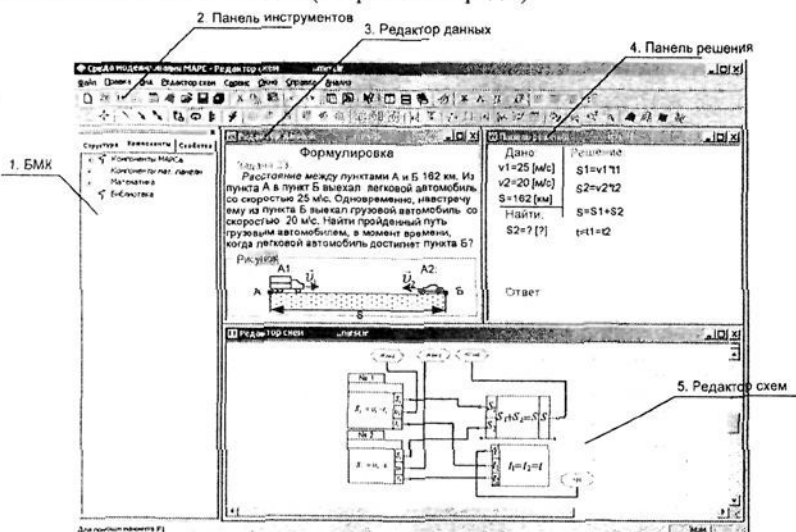


Рисунок 13 – Интерфейс СКМЗ

Ответ задачи в СКМЗ может выдаваться в виде числа, массива, графика. Например, для получения ответа в виде графика на вход модели задачи подаются табулированные значения в виде массива чисел (рис. 14 а, б).

Рассмотренные примеры дают наглядное представление о возможностях использования расширенного МКЦ. В отличие от вычислительных задач, реализуемых в табличных процессорах (например, MS Excel) и математических пакетах (например, Mathcad), анализ предложенного подхода позволил сделать следующие выводы:

1. Изменение поведения или свойств моделируемого объекта не затрагивает остальные объекты и общую структуру задачи. Каждый компонент объектной модели характеризуется только своим набором параметров, переменных и характеризующей её математической моделью. Изменение

начальных параметров формулировки задачи может помочь преподавателю генерировать любое число различных вариантов задач для контрольных, а также изучать структуру поведения выходных данных задачи в виде графиков

2. Использование МКЦ решает проблему защиты правильных ответов в сфере дистанционного образования. При проверке заданий можно использовать готовую компонентную цепь как функцию от входных параметров, а не совокупность числовых значений.
3. Расширенный метод компонентных цепей позволил использовать возможности организации вычислительного эксперимента и преимущества объектно-ориентированного подхода в предметном обучении, в частности, по физике.

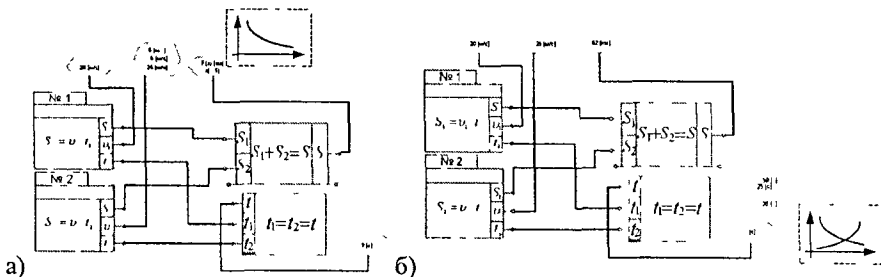


Рисунок 14 – Компьютерные модели задач

а) изменение входных данных задачи в СКМЗ, б) просмотр выходных данных задачи

Для работы программы на компьютере требуется следующая конфигурация: операционная система Windows 98 и выше, память от 64 МБ, процессор пентиум с частотой от 400 МГц, память на жестком диске 20 МБ.

В четвертой главе показана структура функциональной схемы КУПа на базе СКМЗ, здесь перечислены учебные блоки и определены связи между ними с учебными позициями, а также описано назначение каждого блока.

Структуру КУПа образуют следующие программные модули (рис 15)

- среда компьютерного моделирования задач – СКМЗ,
- гипертекстовый учебник,
- задачник,
- помощь
 - система методической поддержки учителя,
 - поисково-справочный блок

Поскольку СКМЗ позволяет решать задачи открытого типа, то было предложено собирать задачи в базе данных, названной банком задач (рис 16). Основная цель банка задач – хранение и классификация решаемых задач. По мере решения задач происходит пополнение данной базы.

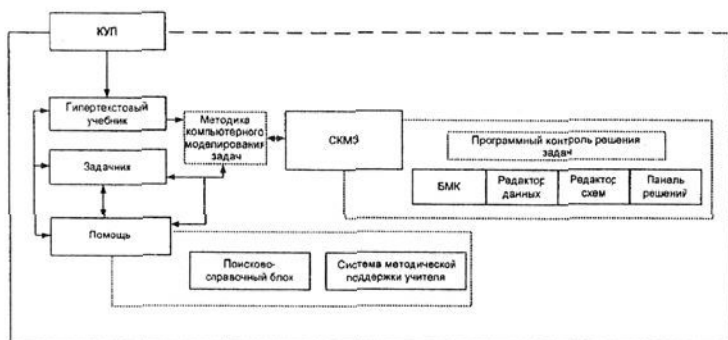


Рисунок 15 – Структура КУПа на базе СКМЗ

Использование банка формализованных задач позволяет:

1. Вручную дополнять банк задач и формализовать их сложность.
2. Накапливать и сравнивать задачи между собой (по сложности).
3. Выбирать задачи различной сложности для индивидуализации обучения учащихся.
4. Осуществлять систематизацию решенных задач.
5. Воспроизводить формулировку задачи по ее структуре.
6. Осуществлять демонстрацию решения задачи.

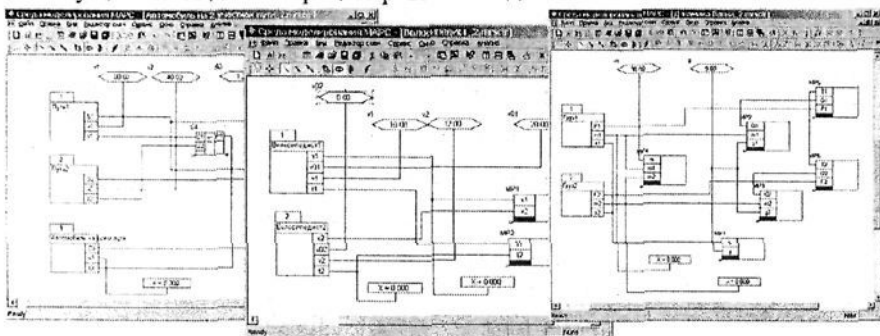


Рисунок 16 – Набор структур задач из банка задач

Ряд успешно решенных задач позволил подтвердить эффективность и целесообразность использования предложенного в диссертационной работе алгоритма в процессе обучения школьников и студентов предмету «физика». Анализ алгоритмов традиционного и компьютерного решения задач по физике показал следующие преимущества использования компьютерного моделирования:

1. Число шагов в алгоритме компьютерного моделирования больше, чем в алгоритме решения традиционным способом. Данное преимущество позволяет разбить алгоритм на меньшие шаги, что в большей степени детализирует каждый шаг процесса решения задачи, а следовательно, в боль-

шей степени снимает неопределенность в решении Кроме того, каждый шаг содержит помощь в случае возникновения проблемы с решением и использованием программы

- 2 При решении традиционным способом алгоритм зависит от изучаемого раздела предмета (механика кинематика, динамика, ...) В случае компьютерного моделирования алгоритм сводится к одному и тому же набору шагов, что позволяет решать задачи в общем виде независимо от разделов предмета Детализация задачи в этом случае сводится к повторению определенных частных методик, применяемых к каждому шагу задачи (процесс выделения объектов, определение математической модели, выбора известных и неизвестных и т.д.)
- 3 Создание компонентов объектных моделей, системных и частных моделей отношения разбивает задачу на составляющие, которые несут различный семантический смысл в задаче и позволяют автоматизировать процесс компьютерного моделирования (свести к минимуму необходимость ввода повторяющихся действий, предоставить возможность численного решения)
- 4 Компьютерное моделирование позволяет экспериментировать с задачей, оперативно изменяя параметры ее структуры Таким образом, осуществляется исследование свойств задачи

Апробация результатов

В заключительной части четвертой главы приведена апробация результатов применения компьютерного учебного пособия с инструментарием СКМЗ (далее КУП) в образовательном процессе Для определения эффективности использования КУП по физике с точки зрения активизации познавательной деятельности обучающихся в течение двух лет были выделены три группы учащихся десятых классов, одинаковые по численному составу (50 человек в каждой группе (всего 150 человек)) и по успеваемости Для первой группы на практических занятиях по физике в качестве эксперимента использовался только традиционный подход при решении задач, для второй группы только компьютерный, для третьей группы был применен комплексный подход – использование традиционного подхода при решении задач и компьютерного, с помощью моделирования

Для количественной оценки познавательной деятельности школьников использовалось несколько показателей.

Первым показателем эффективности применения КУПа по физике был текущий контроль знаний по одной из пройденных тем динамики Вторым показателем эффективности применения КУПа по физике был контрольный срез знаний по изученному ранее разделу физики «кинематика» и «динамика»

В среднем, по результатам двух контрольных работ увеличение процента усвоения знаний возросло от 57% при традиционном подходе решения задач, во второй группе на 11% и в третьей группе на 16% Отсюда следует вывод о

том, что максимальный эффект достигается при комплексном использовании компьютерного моделирования и традиционного решения задач

Эксперимент по выявлению умения решать задачи показал, что при использовании КУПа в процессе обучения учащиеся за урок (45 минут) успевают решить в 1,5-2 раза большее количество задач (5-6 штук) по сравнению с традиционной методикой (2-3 задачи). Поэтому можно сделать вывод о том, что КУП является эффективным средством в обучении решению задач по физике. Более подробные результаты эксперимента приведены в диссертации.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты исследований, обозначена перспектива дальнейших исследований.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью настоящей работы была разработка алгоритмов формализации и автоматизации решения задач на основе СКМЗ. Для достижения поставленной цели удалось успешно решить большинство задач исследования, результатами которых стало следующее:

1 Построен алгоритм компьютерного моделирования задач, позволяющий формализовать исходные данные в компьютерное представление.

2 Разработан алгоритм многоаспектного анализа задач, позволяющий преобразовать слабо структурированные исходные данные к виду хорошо структурированных исходных данных для реализации компьютерного моделирования задач.

3 Предложена диаграмма процесса решения статических задач. Выделены четыре основных типа задач.

4 Исследована необходимость разработки расширенного формализма компонентных цепей. Определены основные подклассы класса компонентов-преобразователей компонентов объектных моделей, компонентов системных и частных отношений.

5 Построена функциональная схема СКМЗ. Выделены подсистемы и блоки обработки входных и выходных данных. Описан внешний интерфейс и преимущества СКМЗ. Среда компьютерного моделирования задач в составе КУП по физике внедрена в учебный процесс.

6 Создан генератор моделей компонентов, позволяющий автоматизировать получение сложных математических моделей в неявном виде. Реализована библиотека моделей компонентов СКМЗ, имеющая открытый характер для пополнения ее новыми моделями компонентов.

7 Предложена структура КУПа по физике.

8 Описаны и разработаны методики, повышающие эффективность автоматизации моделирования вычислительных задач.

Таким образом, в рамках диссертационной работы решена проблема формализации и автоматизации процесса решения вычислительных задач на примере задач физики.

Среди перспектив развития в области автоматизации моделирования задач можно назвать следующие направления реализовать возможность работы программы по сети, внедрить поддержку различных уровней автоматизации процесса обучения, расширить библиотеки моделей компонентов и задач, реализовать модуль генерации задач по указанной преподавателем сложности, автоматизировать системы контроля знаний и обработки результатов через Интернет, повысить уровень интерактивности программного обеспечения, а также включить элементы мультимедиа в КУП

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

- 1 Филиппов А Ю , Фикс Н П , Дмитриев И В Генератор параметров задач // Компьютерные технологии в образовании / Под ред В М Дмитриева – Томск Изд-во Том ун-та, 2001 – Вып 1 – С 74 – 78
- 2 Филиппов А Ю , Дмитриев В М , Зеличенко В М , Шарова О Н Формализованное описание различного типа задач для автоматизированного моделирования // Вестник ТГПУ Томский гос пед ун-т, 2002 – №2 – С 73 – 77
- 3 Филиппов А Ю Язык формализованного описания задач // Информатизация учебного процесса в образовательных учреждениях Региональная конференция 26-27 марта – 2002
- 4 Филиппов А Ю , Дмитриев В М , Шарова О Н Дидактические принципы и методический подход в обучающей программе по физике «система моделирования и решения задач» // Компьютерные технологии в образовании / Под ред В М Дмитриева – Томск Изд-во Том ун-та, 2004 – Вып 2 – С 10 – 13
- 5 Филиппов А Ю , Дмитриев В М , Шарова О Н Система моделирования и решения задач // Компьютерные технологии в образовании / Под ред В М Дмитриева – Томск Изд-во Том ун-та, 2004 – Вып 2 – С 40 – 50
- 6 Филиппов А Ю , Дмитриев В М , Шарова О Н Язык моделирования для автоматизированного решения задач по физике // Сборник научных трудов Всероссийской научно-технической конференции «Научная сессия ТУ-СУР – 2004», Томск – 2004 – Ч 3 – С 6 – 9
- 7 Филиппов А Ю , Дмитриев В М Виртуально геометрическая лаборатория // Общие вопросы моделирования процессов, устройств и явлений Новочеркасск – 2004 – Ч 4. – С 62 – 63
- 8 Филиппов А Ю , Шарова О Н Методическое описание обучающей программы по физике – «Система моделирования и решения задач» // VIII всероссийская конференция студентов, аспирантов и молодых ученых Томск – 2004 – Т 1, Ч 1 – С 6 – 16
- 9 Филиппов А Ю , Дмитриев В М , Шарова О Н Формализованное представление задач для компьютерного моделирования // Вестник Московского городского педагогического университета – 2004 – № 2 – С 43 – 56

- 10 Филиппов А Ю , Дмитриев В М , Шарова О Н Метод многоаспектного анализа как алгоритм формализации задач по физике // Вестник Московского городского педагогического университета, 2005 – № 1 – С 57 – 63
- 11 Филиппов А Ю Многоаспектный анализ задач в процессе их формализации и компьютерного моделирования // Труды выпускников аспирантуры ТУСУРа – Томск Томск гос. ун-т систем упр и радиоэлектроники, – 2005 – С 169 – 175
- 12 Регистрация программы «Генератор моделей компонентов» в ОФАП свидетельство об отраслевой регистрации разработок № 4058 от 22 ноября 2004 года
- 13 Филиппов А Ю , Шарова О Н Система моделирования и решения задач по физике СВМЗ // 3 международная научно-практическая конференция «Электронные средства и системы управления» Томск 12-14 октября – 2005
- 14 Филиппов А Ю , Шарова О Н Методика решения задач физики с помощью «системы визуального моделирования и решения задач» (СВМЗ) // Современное образование традиции и новации материалы всероссийской научно-методической конференции – Томск Томск гос ун-т систем упр и радиоэлектроники, – 2006 – С 134 – 135
- 15 Филиппов А Ю , Дмитриев В М , Зеличенко В М, Шарова О.Н Решение задач физики с помощью системы визуального моделирования и решения задач (СВМЗ) // Вестник ТГПУ Серия Педагогика (Теория и методика обучения) Томск – 2006 –№3 (54) – С 43 – 47
- 16 Филиппов А Ю , Шарова О Н Структура и назначение среды компьютерного моделирования задач по физике // XII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии» – 2006 – С 206 – 208
- 17 Филиппов А Ю , Шарова О Н Объектно-ориентированный подход в решении задач физики // Научная сессия ТУСУР – 2006 материал докладов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск Издательство «В-Спектр», 2006 Ч 5 – С 262 – 265
- 18 Филиппов А Ю , Шарова О Н , Казаченко А А Классификация задач для компьютерного моделирования // Научная сессия ТУСУР – 2006 материал докладов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск Издательство «В-Спектр», 2006 Ч 5 – С 222 – 224
- 19 Филиппов А Ю , Шарова О Н , Фролов В Г Визуальные элементы компонентной цепи в редакторе схем // Научная сессия ТУСУР – 2006 материал докладов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск Издательство «В-Спектр», 2006 Ч 5 – С 265 – 268

- 20 Филиппов А Ю , Дмитриев В М , Ганджа Т В , Кураколов А Н Автоматизированное рабочее место студента (АРМС) для реализации проектов группового обучения // Научно-методическая конференция «Групповое проектное обучение» 18-19 декабря 2006г, – Томск – 2006 – С 25 – 27
- 21 Филиппов А Ю , Дмитриев В М , Ганджа Т В , Кураколов А Н Функциональная структура и требования к автоматизированному учебно-лабораторному комплексу // Современное образование инновационный потенциал «умной экономики» России материалы Междунар науч-метод конф , 1—2 февраля 2007 г , Россия, Томск — Томск Томск гос ун-т систем упр и радиозлектроники, 2007 – С 169 – 170

Тираж 100 Заказ 459
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г Томск, пр Ленина, 40