

На правах рукописи

Якуга Алексей Александрович

**СОЗДАНИЕ И МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ
КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ
ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ
(на примере раздела «Механика» курса общей физики
классического университета)**

01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики

13.00.02 – теория и методика обучения и воспитания (физика)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Москва – 2005

Работа выполнена на кафедре общей физики физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук,
доцент Семёнов Михаил Владимирович.

Научный консультант: доктор педагогических наук,
профессор Смирнов Александр Викторович.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
профессор Кандидов Валерий Петрович;
кандидат педагогических наук,
доцент Степанов Сергей Васильевич.

Ведущая организация: Московский государственный технический
университет (МГТУ) им. Н.Э. Баумана.

Защита состоится 3 марта 2005 г. в 15 час. 00 мин. на заседании Диссертационного совета Д 501.001.66 при физическом факультете Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова по адресу: 119992, г. Москва, ГСП-2, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Северная физическая аудитория.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан « 27 » января 2005 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
к. ф.-м. н., доцент

Ершов А.П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В практике преподавания курса общей физики в классических университетах большое внимание традиционно уделяется демонстрационным экспериментам, позволяющим наблюдать реальные физические явления и служащим базой для излагаемых теоретических положений. Постановкой демонстрационного эксперимента в разное время занимались ведущие ученые и профессора университетов, которые стремились использовать для этого самые современные технические средства. В настоящее время происходит интенсивное внедрение вычислительной техники в учебный процесс, однако, автоматизация демонстрационного эксперимента, дающая возможность значительно расширить круг демонстрируемых явлений и вывести преподавание на современный уровень, пока явно отстает от имеющихся потребностей.

Установки для автоматизированного демонстрационного эксперимента, в отличие от лабораторных научных и учебных установок, используются непосредственно во время чтения лекций. В связи с этим эксперимент должен быть наглядным и легко объяснимым, должен проходить быстро, а результаты должны представляться сразу после его окончания в удобном для восприятия виде (таблицы, графики и т.п.). Кроме того, установка для проведения эксперимента должна достаточно просто собираться и разбираться и легко сопрягаться с компьютерной техникой. По изложенным причинам создание и методика применения в учебном процессе автоматизированных установок, предназначенных для показа демонстрационных экспериментов по физике, представляет собой **научно-методическую проблему**, требующую для своего решения новых технических и методических подходов, отличных от используемых при автоматизации лабораторного эксперимента.

Важность сформулированной проблемы обусловлена тем, что до сих пор подавляющее большинство из показываемых на лекциях по физике демонстрационных экспериментов имеет «качественный» характер, то есть они демонстрируют само физическое явление без каких-либо численных результатов. Лекционные эксперименты такого типа, безусловно, занимают важное место в процессе преподавания курса общей физики в вузе, однако использование одних лишь «качественных» демонстрационных экспериментов сужает возможности лектора, не позволяя ему приводить количественные доказательства справедливости изучаемых закономерностей. Появление компьютерной техники позволило создавать установки для проведения количественного автоматизированного демонстрационного эксперимента. Использование при чтении лекций таких установок наряду с классическими опытами дает возможность значительно осовременить процесс преподавания курса общей физики, продемонстрировать обучаемым методы, применяемые в научных лабораториях для экспериментальных исследований, познакомить студентов с возможностями современной вычислительной техники, а также расширить круг демонстрируемых явлений за счет эффектов, проявления которых недоступны непосредственному визуальному наблюдению и требуют точного количественного анализа. Однако число созданных и внедренных в учебный процесс экспериментальных установок, позволяющих проводить количественный демонстрационный эксперимент по различным разделам курса общей физики, до настоящего времени было весьма небольшим. При этом процесс их создания

до сих пор не имел системного характера, т.е. не базировался на едином научно обоснованном подходе. Следовательно, существует **противоречие** между имеющимися потребностями поддержки процесса преподавания курса общей физики в классическом университете современными автоматизированными лекционными демонстрациями и недостатком специальных приборов, отсутствием единого научного подхода к их созданию и неразработанностью методики их применения в практике преподавания. Указанное противоречие определило **актуальность** проведенного исследования.

Объектом исследования являются процессы создания и применения автоматизированных аппаратно-программных комплексов для количественных демонстрационных экспериментов по физике.

Предметом исследования являются процесс создания и методика применения аппаратно-программных комплексов для количественных демонстрационных экспериментов при изучении раздела «Механика» в курсе общей физики классического университета.

Идея исследования состоит в том, что одним из путей повышения эффективности демонстрационного эксперимента является применение автоматизированных демонстрационных аппаратно-программных комплексов (далее – АДАПК) для постановки количественных демонстрационных экспериментов.

Целями диссертационной работы являются:

- теоретическое обоснование возможности применения АДАПК для постановки количественных лекционных экспериментов;
- разработка теоретических принципов построения АДАПК для количественных демонстрационных физических экспериментов, а также требований, предъявляемых к аппаратной и программной частям этих комплексов;
- создание АДАПК, предназначенных для постановки количественных лекционных экспериментов для раздела «Механика» курса общей физики классического университета;
- экспериментальная проверка возможностей использования АДАПК для постановки новых количественных демонстрационных экспериментов и модернизации имеющихся классических демонстрационных экспериментов;
- разработка методики применения созданных АДАПК при преподавании раздела «Механика» курса общей физики;
- проверка методики применения АДАПК в учебном процессе.

Для достижения указанных целей и проверки идеи исследования решались следующие конкретные **задачи**:

- проведение анализа научно-технической и научно-методической литературы, посвященной вопросам постановки современного демонстрационного эксперимента и использованию имеющихся разработок при преподавании курса общей физики в высшей школе;
- проведение анализа методических требований к классическому демонстрационному физическому эксперименту; выдвижение на их основе теоретических принципов построения АДАПК для количественных демонстрационных экспериментов, а также формулировка и теоретическое обоснование требований, предъявляемых к аппаратной и программной частям АДАПК;

- разработка аппаратной и программной частей АДАПК, предназначенных для постановки количественных демонстрационных экспериментов по механике, и сопряжение созданных демонстрационных установок с компьютером;
- проведение теоретического анализа характеристик и возможностей созданного оборудования, экспериментальная проверка полученных теоретических выводов, разработка методики постановки количественных автоматизированных демонстрационных экспериментов с использованием созданных АДАПК;
- разработка методики применения созданных АДАПК при преподавании раздела «Механика» курса общей физики в классическом университете;
- проведение педагогического эксперимента по применению созданных АДАПК в учебном процессе классического университета.

Для решения поставленных задач использовались следующие **методы исследования**: изучение и анализ монографий, специализированных журналов, трудов и сборников тезисов научных и научно-методических конференций, литературы по технике и методике демонстрационного эксперимента; изучение и анализ государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальности «Физика», примерных учебных программ классических университетов по курсу общей физики; проектирование и конструирование экспериментальных установок и средств их сопряжения с компьютерной техникой; программирование компьютера IBM PC с использованием языка высокого уровня Borland Pascal; применение методов классической динамики и теоретической механики, теории колебаний, теории обыкновенных дифференциальных уравнений, теории статистической обработки результатов физического эксперимента, математического моделирования и численных методов; экспериментальное преподавание, опрос, анкетирование, получение экспертных оценок.

Научная новизна исследования состоит в том, что:

- разработаны научно-теоретические принципы построения автоматизированных аппаратно-программных комплексов для количественных демонстрационных экспериментов и требования, предъявляемые к аппаратной и программной частям этих комплексов;
- созданы три автоматизированных демонстрационных аппаратно-программных комплекса и модернизирован один такой комплекс, позволяющие демонстрировать цикл количественных демонстрационных экспериментов по механике;
- разработана и апробирована методика применения автоматизированных аппаратно-программных комплексов для количественных демонстрационных экспериментов при преподавании раздела «Механика» курса общей физики в классическом университете.

Теоретическая значимость исследования определяется тем, что:

- теоретически обоснованы требования к аппаратной и программной частям АДАПК;
- построены математические модели, адекватно описывающие процессы, происходящие в разработанных демонстрационных установках;
- теоретически проанализированы возможности созданных АДАПК, получены оценки для максимальной скорости обмена данными между созданными экспериментальными установками и компьютером, сделаны оценки точности

измерений, которую обеспечивают созданные АДАПК при постановке количественных автоматизированных лекционных экспериментов по механике;

- теоретически обосновано, что применение АДАПК для постановки количественных демонстрационных экспериментов является одним из перспективных направлений развития техники и методики лекционного физического эксперимента.

Практическая значимость исследования заключается в том, что:

- создан набор АДАПК и разработана методика их применения, которые могут использоваться для поддержки преподавания раздела «Механика» курса общей физики в высшей школе;

- поставлено 23 автоматизированных демонстрационных эксперимента для подразделов «Механика материальной точки», «Механика твердого тела», «Механические колебания» и «Механика сплошных сред» раздела «Механика» курса общей физики;

- разработаны методические рекомендации по применению новых автоматизированных демонстрационных экспериментов при преподавании раздела «Механика» курса общей физики в классическом университете;

- созданные в результате настоящего исследования АДАПК внедрены в учебный процесс физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, а их отдельные компоненты используются в Витебском государственном университете (Республика Беларусь) и в Кыргызско-Славянском Российском университете (Республика Кыргызстан);

- результаты исследований могут быть использованы при создании АДАПК для других разделов курса общей физики, а также для постановки лабораторных работ общего физического практикума;

- разработанные экспериментальные методы и полученные результаты могут использоваться при создании автоматизированных измерительных установок, предназначенных для проведения научных исследований.

На защиту выносятся следующие положения и результаты:

- задача повышения эффективности количественного демонстрационного эксперимента может решаться путем создания и применения автоматизированных демонстрационных аппаратно-программных комплексов (АДАПК);

- АДАПК должны разрабатываться на основе набора специфических принципов и с учетом ряда требований, основными из которых являются многофункциональность, тематическая целостность и техническая полнота;

- при постановке новых автоматизированных количественных лекционных экспериментов, демонстрируемых с использованием АДАПК, должны применяться чувствительные и достаточно быстродействующие датчики физических величин, современные математические и программные методы, а также должны специально учитываться технические особенности аппаратной части АДАПК;

- создан набор АДАПК для использования в разделе «Механика» университетского курса общей физики, и на его основе поставлено 23 автоматизированных демонстрационных эксперимента по механике;

- методика применения АДАПК при обучении физике в классическом университете должна базироваться на том, что необходимо проводить количественные демонстрационные эксперименты для каждого из подразделов курса в со-

четания с классическими лекционными демонстрациями и в следующих целях: а) для иллюстрации явлений, которые трудно или невозможно продемонстрировать иными способами; б) для количественного подтверждения изучаемых закономерностей; в) для мотивации изучения нового материала путем выдвижения познавательных задач и создания проблемных ситуаций перед началом рассмотрения новых тем курса.

Достоверность и обоснованность полученных в данной диссертационной работе научных результатов и выводов обеспечиваются адекватностью методов исследования поставленным в работе целям, опираются на результаты классической механики и дидактики физики, на анализ различных концепций применения компьютерной техники при преподавании физики в вузе, а также подтверждаются тем, что:

- сформулированные принципы построения АДАПК для количественных лекционных экспериментов по разделу «Механика» и требования к аппаратной и программной частям этих АДАПК не противоречат основным методическим требованиям, предъявляемым к демонстрационному учебному физическому эксперименту;

- предложенные теоретические описания и математические модели процессов, происходящих в созданных демонстрационных установках, соответствуют их реальному функционированию;

- экспериментальные результаты, полученные при использовании разработанных и созданных АДАПК, в пределах погрешностей измерений согласуются с результатами теоретических расчетов для соответствующих физических величин, и (или) с данными других авторов, опубликованными в научной и справочной литературе;

- целесообразность применения созданных АДАПК в учебном процессе классического университета при изучении раздела «Механика» курса общей физики подтверждается результатами проведенного педагогического эксперимента.

Апробация исследования. Результаты работы докладывались соискателем на научных семинарах кафедр общей физики физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, а также на 12 Всероссийских и Международных научных конференциях: «Ломоносовские чтения» (Москва, 2004), «Физика в системе современного образования» (Петрозаводск, 1995; Волгоград, 1997; Ярославль, 1999; С.-Петербург, 2001), «Современный физический практикум» (С.-Петербург, 2002; Москва, 2004), «Университетский курс общей физики: современные проблемы» (Москва, 1996), «Образование в области лазеров, лазерных воздействий и технологий (ЕЛИТ-1)» (С.-Петербург, 2003), «Новые технологии в преподавании физики: школа и вуз» (Москва, 2000), «Проблемы физического образования в средней и высшей школе» (Рязань, 2002), конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов» (Москва, 1996).

Публикации. По теме диссертации опубликованы 22 работы, в том числе 8 статей в научном журнале «Физическое образование в вузах», 1 статья в сборнике расширенных тезисов докладов научной конференции и 13 тезисов докладов на научных и научно-методических конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 176 наименований, а также четырех приложений, и содержит 246 страниц основного текста, 15 таблиц, 5 диаграмм, 46 рисунков, 6 фотографий.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, выбраны объект и предмет исследования, сформулирована идея исследования, поставлены цели и сформулированы задачи исследования, перечислены использованные для решения этих задач методы. Отражены научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость, достоверность и обоснованность полученных результатов. Сформулированы выносимые на защиту положения, приведены сведения об апробации результатов исследования и о публикациях по теме диссертации. Дана краткая характеристика работы.

В первой главе «Анализ современного демонстрационного физического эксперимента и разработка принципов создания автоматизированных лекционных демонстраций по физике» проводится обзор литературных источников, содержащих описание способов применения компьютеров в лекционных демонстрациях, а также современного этапа развития демонстрационного эксперимента – создания установок для количественного автоматизированного демонстрационного эксперимента. Анализируются разработки современных автоматизированных демонстрационных установок для лекционного эксперимента, выполненные различными авторами, в частности АДАПК для демонстрации экспериментов по механике материальной точки, ранее созданный на физическом факультете МГУ.

В результате проведенного анализа выявлено, что число работ, содержащих описание количественных автоматизированных демонстрационных экспериментов по курсу общей физики, весьма невелико. Малочисленность разработок по данной тематике объясняется высокой сложностью технических и методических задач, которые необходимо решать при создании оборудования такого типа, и небольшим количеством разработчиков, которые по уровню своей квалификации могут заниматься описываемыми разработками. Существенное значение имеет также высокая стоимость разработок в этой области и небольшой объем рынков сбыта продукции у фирм, производящих демонстрационное оборудование. Исходя из сказанного, сделан вывод, что в настоящее время оправданным является проведение вузами самостоятельных разработок данного типа лекционных демонстраций. Все это подтверждает актуальность темы данной диссертационной работы.

Далее теоретически обосновывается возможность применения АДАПК для постановки количественных демонстрационных экспериментов, дается обоснование целесообразности разработки АДАПК отдельно для каждого из подразделов курса общей физики, а также разрабатываются научно-теоретические принципы построения автоматизированных аппаратно-программных комплексов для количественных демонстрационных экспериментов и требования, предъявляемые к аппаратной и программной частям этих комплексов. Указывается, что АДАПК в целом должен удовлетворять следующим основным требованиям: многофункциональность (АДАПК должен позволять демонстрировать набор лекционных экспериментов); тематическая целостность (демонстрируемые при помощи АДАПК эксперименты должны быть тематически связаны друг с другом); техническая полнота (АДАПК должен включать в себя всё необходимое для демонстрации определенного набора экспериментов). Формулируются следующие принципы отбора количественных лекционных экспериментов по разделу «Механи-

ка», пригодных для реализации в АДАПК: оправданность с педагогической точки зрения; возможность объяснения результатов экспериментов в рамках изучаемого курса; пригодность результатов экспериментов для сравнения с известными студентам данными и закономерностями. Показывается, что при создании АДАПК следует соблюдать следующие требования к их аппаратной и программной частям: аппаратный минимализм ЭВМ; возможность переносимости на более современную ЭВМ; высокое механическое качество изготовления узлов и деталей; внешняя простота конструкции установки; простота сопряжения с компьютерной техникой; необходимость использования распространенного языка программирования; высокая скорость работы; применение современных математических методов для обработки экспериментальных данных; использование широко распространенной операционной системы; независимость от внешних специализированных программных надстроек. Формулируются основные требования, предъявляемые к программному обеспечению АДАПК, в том числе к пользовательскому интерфейсу: комфортность визуального восприятия; интуитивная ясность; логическая обособленность элементов, предназначенных для показа различных демонстраций; недопустимость информационной перегрузки студентов; необходимость визуального разделения процессов получения экспериментальных данных и их окончательной обработки; реализация режима непрерывного вывода получаемой от установки информации; физическая корректность организации вывода информации; возможность ознакомления со справочной информацией.

Во второй главе «Создание автоматизированных демонстрационных аппаратно-программных комплексов для раздела «Механика» курса общей физики» описываются один модернизированный и три вновь созданных нами АДАПК, предназначенных для использования при преподавании четырех различных подразделов раздела «Механика» курса общей физики.

В первой части главы обосновывается необходимость модернизации описанного в главе 1 АДАПК для подраздела «Механика материальной точки» и предлагается способ осуществления такой модернизации. Основу этого АДАПК составляет скамья с воздушной подушкой (рис. 1) длиной около двух метров. Она представляет собой полу тонкостенную дюралюминиевую трубу квадратного сечения, установленную на горизонтальном основании так, что одна из диагоналей сечения вертикальна. Вся эта конструкция снабжена регулировочными винтами, которые дают возможность изменять наклон скамьи, поворачивая ее в двух взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях. Торцы трубы закрыты заглушками. В одной из заглушек имеется отверстие, через которое в трубу при помощи компрессора нагнетается воздух, выходящий затем через большое количество маленьких отверстий, просверленных в двух ориентированных вверх гранях трубы. Благодаря этому между указанными гранями трубы и специально изготовленными тележками создается воздушная подушка, наличие

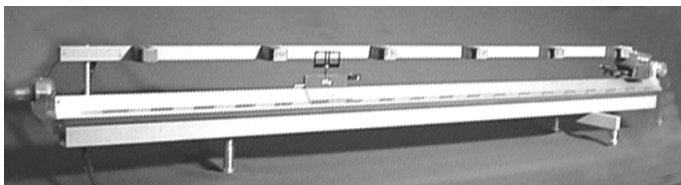


Рис. 1

которой позволяет тележкам «зависать» над скамьей и двигаться по ней практически без трения. Для удобства управления тележками на одном из концов скамьи установлен электромагнитный пускатель, который позволяет удерживать тележку в исходном положении и в нужный момент сообщает ей регулируемую в некоторых пределах начальную скорость. Установка снабжена набором из восьми датчиков положения (шесть стационарных и два дополнительных съемных), позволяющих определять зависимость координат тележек от времени, а также независимо измерять их скорости и ускорения. Датчики закреплены на съемной планке, которая устанавливается в горизонтальном положении над скамьей, а на тележках имеется специальная насадка, выполненная в виде четырех вертикальных пластинок известной ширины. Сигналы, поступающие от датчиков, анализируются при помощи компьютера, что позволяет с высокой точностью определять скорость и ускорение тележек.

С целью модернизации данного АДАПК автором была создана измерительная система, включающая в себя датчик силы на дифференциальном трансформаторе, аналогово-цифровой преобразователь и специализированное программное обеспечение. Для отсчета интервалов времени применяется специальная компьютерная программа, использующая возможности операционной системы MS DOS и обеспечивающая точность измерения времени ~ 15 мкс. Эта программа применяется для постановки всех описанных в данной работе экспериментов, а ее описание и программный код приведены в Приложении 2 к диссертации. Проведенные экспериментальные исследования характеристик измерительной системы позволили установить, что она позволяет регистрировать силы в диапазоне от -10 Н до $+20$ Н на временных интервалах $\sim 50 \div 1000$ мс с разрешением по времени ~ 1 мс. Данная система позволяет осуществлять демонстрационные эксперименты по проверке второго закона Ньютона при действии переменной силы.

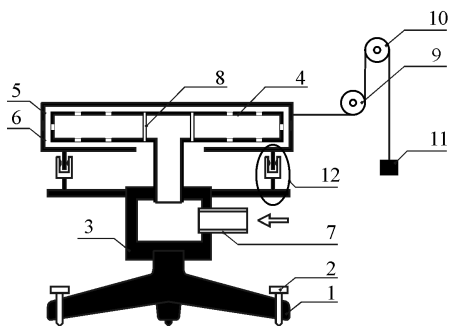


Рис. 2

Во второй части главы описывается созданный нами АДАПК для подраздела «Механика твердого тела», предназначенный для постановки лекционных экспериментов по механике вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси.

Предложен модернизированный вариант демонстрационной установки «Стол на воздушной подушке» (рис. 2), являющейся основой указанного АДАПК. Установка устроена следующим образом.

На массивной треноге 1 с регулировочными винтами 2 укреплен полая станина 3, к которой крепятся все основные элементы установки. Верхняя часть станины выполнена в виде короткой вертикальной цилиндрической трубки диаметром около 30 мм, к которой привинчен полый диск 4. В верхнем и нижнем основаниях диска и на его боковых цилиндрических поверхностях просверлено около 100 отверстий диаметром ~ 1 мм. Круглая платформа, которая во время работы установки должна висеть на воздушной подушке, сделана из двух цилиндрических полых частей 5 и 6. Внутренний диаметр и суммарная высота этих частей

примерно на $0,7 \pm 0,9$ мм превышают внешний диаметр и высоту диска с отверстиями, а в центре части 6 имеется круглое отверстие, диаметр которого примерно вдвое больше диаметра трубки станины. Части 5 и 6 соединяются друг с другом винтами так, что получается платформа диаметром около 160 мм и высотой около 30 мм, которая охватывает диск с отверстиями. Сбоку на станине имеется отверстие 7, предназначенное для нагнетания в установку воздуха через шланг от воздуходувки. Нагнетаемый воздух проходит через станину и выходит через отверстия в диске, попадая в пространство между ним и платформой. В результате платформа «повисает» на образовавшейся воздушной подушке и может вращаться практически без трения. При определенном расположении и диаметре сделанных в диске отверстий такая система является самоцентрирующейся. Для предотвращения «прилипания» платформы к диску через него пропущены шесть трубочек 8. На станине также укреплен система из двух блоков – нижнего 9 и верхнего 10 – через которые перекидывается нить с подвешенными к ней грузами 11. Нижний блок установлен непосредственно на станине на уровне поверхности платформы, а верхний поднят над столом на высоту около 1 м при помощи полый штанги. Блоки с целью уменьшения трения также снабжены воздушной подушкой. На внешней боковой части платформы имеется шпенок, предназначенный для закрепления переброшенной через блоки нити, и круговая канавка, в которую эта нить закладывается при ее наматывании на платформу. Для сопряжения данной установки с компьютером создана оптическая система регистрации угловой координаты вращающейся на воздушной подушке платформы. Эта система состоит из двух световых датчиков положения 12 и специальной кольцевой гребенки.

Описан способ определения направления вращения платформы, основанный на методе программного сравнения фазовых соотношений сигналов, поступающих от световых датчиков положения. Проведено теоретическое и экспериментальное изучение динамических характеристик демонстрационной установки. В результате установлено, что: влияние некомпенсированных моментов аэродинамических сил на вращательное движение платформы при ее небольших угловых скоростях может быть сведено к действию постоянного момента силы; учет масс блоков сводится к введению эффективного момента инерции подвижных частей установки; масса используемой для экспериментов нити должна быть намного меньше половины массы наименьшего калиброванного груза m (точность задания m составляет 1 мг). Также осуществлены измерения эффективного момента инерции подвижных частей установки J_0 , изучены зависимости действующего в установке некомпенсированного момента аэродинамических сил \tilde{M}_0 от приложенного момента внешних сил и от нагрузки платформы. Показано, что для обработки получаемых экспериментальных зависимостей угловой координаты φ от времени следует использовать уравнение $(J_0 + J_x)\ddot{\varphi} = mR(g - R\dot{\varphi}) + \tilde{M}_0$, где J_x – дополнительный (измеряемый) момент инерции, R – радиус платформы. На основе проведенных исследований предложена методика проведения измерений и обработки их результатов, выбрана оптимальная длительность записи зависимости угловой координаты платформы от времени (3 полных оборота платформы) и диапазон масс калиброванных грузов, используемых для проведения экспериментов (от 2 до 9 г), оценены погрешности измерений.

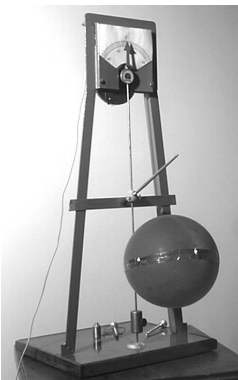


Рис. 3

В третьей части главы описывается созданный нами АДАПК для подраздела «Механические колебания», предназначенный для постановки лекционных экспериментов по изучению механических колебаний. Разработанная демонстрационная установка, являющаяся основой данного АДАПК (рис. 3), представляет собой массивную вертикальную раму, на которой соосно установлены два подшипника с закрепленной в них горизонтальной поворотной осью. На одном из свободных концов этой оси перпендикулярно к ней жестко закреплен стальной стержень диаметром 4 мм. Расстояние от оси вращения получившегося физического маятника до нижнего конца стержня составляет около 600 мм. На стержне с помощью прижимного винта закреплен латунный груз массой ~ 250 г. Положение груза на стержне можно изменять. К верхнему концу стержня прикреплена указательная стрелка, перемещающаяся при колебаниях маятника по шкале с ценой деления 1° . Конструкция маятника допускает его максимальное отклонение на углы до $\pm 60^\circ$, а период его колебаний при постановке различных экспериментов лежит в пределах $\sim (1+1,5)$ с. Для сопряжения установки с компьютером разработан датчик углового перемещения на базе оптического манипулятора типа «мышь», позволяющий измерять угловую координату с точностью $\sim 1/16^\circ$.

Описаны способ сопряжения этого датчика с компьютером и способ построения гладких фазовых портретов колебательных процессов в режиме реального времени, а также современный авторегрессионный метод спектрального анализа, применяемый для получения спектров и оценки их параметров. Использование этого метода обеспечивает точность измерения частоты $\sim 10^{-3}$ Гц и достаточно высокое, по сравнению с обычным преобразованием Фурье, быстродействие работы программного обеспечения. Данная установка позволяет осуществлять демонстрационные эксперименты по изучению собственных механических колебаний маятника. Здесь же приведено описание устройства усовершенствованного варианта прибора Рухардта и способа его использования для изучения процесса автоколебаний.

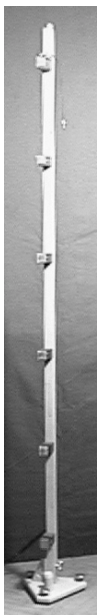


Рис. 4

В четвертой части главы описывается созданный нами АДАПК для подраздела «Механика сплошных сред», предназначенный для постановки лекционных экспериментов по аэродинамике. Описано устройство демонстрационной установки для изучения падения тел в воздухе (рис. 4), являющейся основой указанного АДАПК. Ее основной частью является установленная вертикально при помощи отвеса планка с десятью оптическими датчиками положения – шестью стационарными и четырьмя съемными. Расстояние между крайними датчиками составляет $\sim 1,6$ м, координаты x_i всех датчиков (относительно самого верхнего) определены с точностью $\sim 0,5$ мм. Над верхним датчиком закреплен электромагнитный пускатель, позволяющий аккуратно, без начальной скорости, отпускать тела вращения различной формы (рис. 5) так, чтобы они падали, сохраняя вертикальное положение своих осей,

и пролетали через все датчики. Тела выполнены из немагнитных материалов, просверлены вдоль осей, и в отверстия вклеены тонкие ферромагнитные стерженьки, которые притягиваются к заостренному концу сердечника пускателя. Под нижним датчиком расположен улавливатель, в который попадают падающие тела.

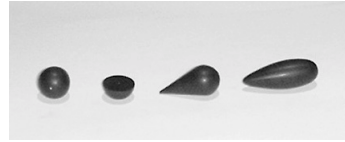


Рис. 5

Изложена построенная автором математическая модель, позволяющая использовать эту демонстрационную установку для постановки лекционных экспериментов по аэродинамике. Описан основанный на данной модели метод определения коэффициента лобового сопротивления C_x у падающего тела массы m , основанный на численном решении следующей системы уравнений, являющейся следствием дифференциального уравнения движения падающего тела:

$$v'_0 = v_0 - \frac{\alpha g}{3m} \cdot \frac{\sum t_i^4 \cdot \sum t_i f(v_0, t_i) - \sum t_i^3 \cdot \sum t_i^2 f(v_0, t_i)}{\sum t_i^2 \cdot \sum t_i^4 - (\sum t_i^3)^2},$$

$$a = g - \frac{2\alpha g}{3m} \cdot \frac{\sum t_i^2 \cdot \sum t_i^2 f(v_0, t_i) - \sum t_i^3 \cdot \sum t_i f(v_0, t_i)}{\sum t_i^2 \cdot \sum t_i^4 - (\sum t_i^3)^2}, \quad f(v_0, t_i) = v_0 t_i^3 + \frac{g t_i^4}{4},$$

где v_0 – неизвестная начальная скорость падающего тела; v'_0 – его скорость при пролете мимо первого датчика; a – «среднее ускорение» тела, получаемое в результате аппроксимации зависимости $x_i(t_i)$ полиномом второй степени (v'_0 и a определяются в эксперименте); t_i – набор времен срабатывания датчиков при пролете через них тел, $\alpha = C_x \rho S / 2$ – подлежащий определению коэффициент, пропорциональный величине C_x (ρ – плотность воздуха, S – площадь поперечного сечения тела). Затем на основе данной модели дано теоретическое обоснование описанного в первой главе модифицированного баллистического метода измерения ускорения свободного падения g , основанного на наблюдении падения в воздухе шариков одинакового размера с различными массами. Описаны проведенные исследования возможности использования данной демонстрационной установки для экспериментального определения вида зависимости силы вязкого трения от скорости при падении шариков в воздухе. Подтверждено, что данная зависимость имеет квадратичный характер, и установлено, что для постановки соответствующего демонстрационного эксперимента необходимо существенное (на порядок) повышение точности измерений координат датчиков, регистрирующих движение падающих шариков.

В третьей главе «Методика применения автоматизированных демонстрационных аппаратно-программных комплексов при преподавании раздела «Механика» курса общей физики» описываются предложенные нами новые автоматизированные количественные демонстрационные эксперименты, поставленные с использованием АДАПК, описанных во второй главе. Для каждого из АДАПК описана его программная часть, а также техника постановки соответствующих экспериментов. Разработана методика применения предложенных автоматизированных демонстрационных экспериментов при преподавании раздела «Механика» курса общей физики в классическом университете. Для всех количественных экспериментов приведены типичные результаты, получаемые в результате измерений.

С использованием АДАПК для подраздела «Механика материальной точки» поставлено три автоматизированных демонстрационных экспериментов по проверке выполнения второго закона Ньютона при различных типах соударений – «абсолютно упругом», частично упругом и абсолютно неупругом. Основная идея экспериментов состоит в измерении и сравнении величин изменения импульса движущейся по скамье с воздушной подушкой тележки и импульса действующей на нее переменной силы. Показано, что характерная для данных экспериментов погрешность измерения импульса силы не превышает ~5%, чем и определяется точность проводимой проверки.

С использованием АДАПК для подраздела «Механика твердого тела» поставлено пять автоматизированных демонстрационных экспериментов по механике вращательного движения: изучение кинематики вращательного движения; проверка основного уравнения динамики вращательного движения при постоянной величине момента инерции J и при постоянном моменте внешней силы M ; измерение главных центральных осевых моментов инерции симметричных тел; проверка теоремы Гюйгенса-Штейнера. Основная идея этих экспериментов состоит в измерении углового ускорения $\ddot{\varphi}$ вращающейся платформы демонстрационной установки при постоянных значениях M или J , и дальнейшем анализе зависимостей $\ddot{\varphi}(M)$ и $\ddot{\varphi}(J)$. Показано, что характерная для данных экспериментов погрешность измерения $\ddot{\varphi}$ и φ не превышает ~0,2%, точность осуществления проверки основного уравнения вращательного движения составляет ~1%, точность измерения J для различных тел лежит в пределах ~(1÷10)%, а точность проверки теоремы Гюйгенса-Штейнера составляет ~5%.

С использованием АДАПК для подраздела «Механические колебания» поставлено 14 автоматизированных демонстрационных экспериментов, распределенных по следующим четырем тематическим группам: изучение кинематики колебательного движения, изучение затухающих колебаний при наличии различных сил трения, изучение связанных колебаний и спектральный анализ колебательных процессов, изучение неизохронности колебаний физического маятника. Основная идея этих экспериментов состоит в получении зависимости угловой координаты φ физического маятника от времени t при различных условиях и дальнейшем применении спектрального анализа и сглаживания фазовых траекторий в режиме реального времени. Показано, что использование созданной нами экспериментальной установки и применение современных математических методов позволяют: надежно отличать друг от друга силы вязкого трения, пропорциональные первой и второй степеням скорости; при помощи простых средств наблюдать и анализировать нелинейные колебания маятника, в том числе получать вторую, высшие и нечетные гармоники в спектре, а также комбинационные частоты; обнаруживать неизохронность колебаний физического маятника и проверять теоретическую зависимость $f = f_0(1 - a^2/16)$ частоты колебаний f от их угловой амплитуды a с точностью не хуже ~3%.

С использованием АДАПК для подраздела «Механика сплошных сред» поставлены автоматизированные демонстрационные эксперименты по измерению коэффициентов лобового сопротивления C_x у тел различной формы и по измерению ускорения свободного падения g модифицированным баллистическим методом. Основная идея экспериментов состоит в наблюдении за падением различных тел в воздухе и определении моментов времени, в которые эти тела имеют заданные координаты, соответствующие координатам датчиков. Таким образом, для каждого

тела может быть получен набор точек $x_i(t_i)$, лежащих на зависимости координаты x данного тела от времени t . Далее при помощи метода, основанного на описанной во второй главе математической модели, из зависимости $x_i(t_i)$ может быть извлечена информация о коэффициенте лобового сопротивления у соответствующего тела. Используя для проведения эксперимента шарики одинакового размера, но разных масс, можно с помощью этого же метода вычислять ускорение свободного падения g для вакуума, исходя из «средних ускорений» шариков при их падении в воздухе.

Показано, что точность измерения C_x для использовавшихся тел лежит в пределах $\sim(10\div 15)\%$, а различие в $\sim(20\div 30)\%$ с данными, приведенными для аналогичных тел в справочной литературе, объясняется колебаниями тел в набегающем воздушном потоке в процессе их падения. Приведены результаты измерения g , полученные с использованием модифицированного баллистического метода. Показано, что точность определения g в данном эксперименте составляет $\sim 0,1\%$.

В конце главы анализируется примерный план изучения отдельных тем раздела «Механика» курса общей физики в классическом университете, и на основе этого анализа формулируются методические рекомендации по применению созданных нами АДАПК в учебном процессе. Проводится соотнесение тематики предложенных нами демонстрационных экспериментов с преподаваемыми темами раздела «Механика» и дается указание на те элементы знаний, усвоению которых может способствовать применение созданных нами АДАПК. Описывается возможная частная методика применения этих АДАПК при преподавании в классическом университете раздела «Механика» курса общей физики, в соответствии с которой необходимо демонстрировать количественные демонстрационные эксперименты для каждого из подразделов курса в сочетании с классическими лекционными демонстрациями и в следующих целях: а) для иллюстрации тех явлений, которые трудно или невозможно продемонстрировать иными способами; б) для количественного подтверждения изучаемых закономерностей; в) для мотивации изучения нового материала путем выдвижения познавательных задач и создания проблемных ситуаций перед началом рассмотрения новых тем курса. Показывается, что созданные нами автоматизированные количественные демонстрационные эксперименты могут также использоваться для решения таких дидактических задач, как проверка гипотезы, получение индуктивного вывода, проверка дедуктивного вывода и иллюстрация объяснения преподавателя. При этом для каждого из созданных новых автоматизированных демонстрационных экспериментов предлагаются способы их применения при чтении лекции по соответствующей теме.

В четвертой главе «Педагогический эксперимент по применению в учебном процессе классического университета автоматизированных демонстрационных аппаратно-программных комплексов» описываются общая характеристика, методы проведения и результаты педагогического эксперимента, проведенного нами в целях проверки идеи исследования. С целью осуществления такой проверки было необходимо получить подтверждение того, что применение АДАПК для постановки количественных демонстрационных экспериментов:

1) является востребованным, т.е. что разработка АДАПК для количественных демонстрационных экспериментов и их применение в практике преподавания является одним из перспективных направлений развития техники и методики физического демонстрационного эксперимента;

- 2) повышает уровень усвоения студентами изучаемого материала по тем темам, для поддержки преподавания которых предназначены созданные нами АДАПК;
- 3) активизирует познавательную деятельность студентов;
- 4) способствует повышению качества преподавания раздела «Механика» курса общей физики в классическом университете.

Педагогический эксперимент по проверке идеи исследования был построен по классической схеме и включал в себя три этапа: 1) констатирующий; 2) поисковый; 3) обучающий. Общая характеристика проведенного педагогического эксперимента иллюстрируется следующей таблицей.

Этап	Сроки	Экспериментальная база	Участники	Методы
1	1997 – 2000 гг.	Физический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова; 27 естественно-научных ф-ов классических ун-тов РФ; 116 технических и педагогических ун-тов РФ.	9 профессоров и 26 преподавателей МГУ; 647 авторов статей в журналах и тезисов докладов на научно-методических конференциях.	Анализ литературных источников, беседа с лекторами, опрос преподавателей.
2	1999 – 2002 гг.	Физический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова.	5 профессоров, студенты 7 учебных потоков 1-х курсов физического ф-та МГУ.	Экспериментальное преподавание (наблюдение, беседа с лекторами).
3	2001 – 2004 гг.	Физический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова.	19 лекторов; 554 студента 4 учебных потоков 2 и 3 курсов физического ф-та МГУ.	Анкетирование студентов, экспертная оценка.

Целью констатирующего этапа педагогического эксперимента являлось изучение современного состояния предмета исследования, определение возможных направлений ведения научно-исследовательской работы, выяснение степени актуальности предполагаемой темы диссертации и подтверждение востребованности и перспективности применения количественных демонстрационных экспериментов. При проведении констатирующего этапа использовались такие экспериментальные методы, как анализ литературных источников, беседа и опрос. В рамках этого этапа была подобрана и проанализирована научно-методическая литература (статьи, труды и тезисы), посвященная проблематике экспериментальной поддержки преподавания физики в вузе и содержащая публикации о последних достижениях в области физического демонстрационного эксперимента. Всего были изучены аннотации 385 статей и 983 трудов и тезисов. Было установлено, что научно-методическая работа в этой области ведется, как минимум, в 48 высших учебных заведениях РФ. Были выявлены 86 работ, посвященных демонстрационному физическому эксперименту, среди которых лишь 9 работ оказались посвященными автоматизированному лекционному экспери-

менту. Проведенная работа позволила сделать вывод о том, что число имеющихся разработок по тематике настоящего диссертационного исследования весьма невелико. Также в ходе констатирующего этапа были проведены беседы с профессорами, читающими лекции по разделу «Механика» курса общей физики для студентов 1, 2 и 3 курсов физического, химического, геологического факультетов и факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ. Кроме того, был проведен опрос 26 опытных преподавателей физического факультета МГУ, ведущих семинарские занятия для студентов 1 и 2 курсов этого факультета. Все опрошенные профессора являлись докторами физ.-мат. наук; преподаватели имели ученую степень кандидата физ.-мат. наук, занимали должности старшего преподавателя или доцента, и имели стаж педагогической деятельности в МГУ более 10 лет. Профессорам и преподавателям предлагалось высказать свои мнения относительно необходимости обеспечения преподаваемого ими раздела «Механика» автоматизированными лекционными демонстрациями, а также сформулировать свои пожелания относительно круга физических явлений и эффектов, для демонстрации которых было бы целесообразно разработать новые лекционные демонстрации. Кроме того, выяснялось отношение профессором и преподавателей к практике применения в лекционном процессе по общей физике имеющихся автоматизированных демонстрационных экспериментов, а также о востребованности таких экспериментов и об их перспективности. Результаты констатирующего этапа подтвердили актуальность выбора темы диссертации, позволили уточнить идею исследования, определить его цели и задачи. Полученные результаты также подтвердили первое из четырех положений, обосновываемых с целью проверки идеи исследования. Пожелания, высказанные лекторами и преподавателями, послужили ориентиром при разработке набора новых автоматизированных демонстрационных экспериментов и дали возможность выбрать наиболее эффективную форму реализации будущих автоматизированных лекционных демонстраций – в составе автоматизированных демонстрационных аппаратно-программных комплексов.

В задачи поискового этапа педагогического эксперимента входили создание и апробация АДАПК, предназначенных для постановки количественных демонстрационных экспериментов для раздела «Механика» курса общей физики, а также разработка методики применения АДАПК и их использование в учебном процессе классического университета. При проведении данного этапа в качестве метода исследования использовалось экспериментальное преподавание раздела «Механика» курса общей физики для студентов семи учебных потоков 1 курсов физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова с применением разрабатываемых автоматизированных лекционных демонстраций. В процессе экспериментального преподавания осуществлялось наблюдение за студентами в ходе 35 прочитанных им лекций, а также проводились беседы с лекторами (пятью профессорами физического факультета МГУ). Для каждого из разрабатываемых АДАПК исследования велись в соответствии со следующим планом: 1) выявление круга явлений и эффектов, для демонстрации которых целесообразно ставить автоматизированные демонстрационные эксперименты; 2) проектирование экспериментальной установки; 3) разработка и создание средств сопряжения установки с компьютером; 4) изготовление экспериментальной установки, ее сборка и наладка; 5) создание программного обеспечения, тестирование установки, определение ее возможнос-

тей; 6) построение математических моделей процессов, происходящих в установке, и использование этих моделей для теоретических исследований функционирования установок; 7) исправление конструктивных недостатков установки, выявленных при ее тестировании и теоретических исследованиях; 8) выбор математических методов и разработка алгоритмов, обеспечивающих необходимую скорость расчетов и точность измерений; 9) постановка набора автоматизированных демонстрационных экспериментов – в том числе изготовление вспомогательных приспособлений, постановка пробных экспериментов, разработка техники проведения демонстраций и предварительного варианта программного обеспечения; 10) разработка идеологии пользовательского интерфейса и создание реализующего его программного обеспечения; 11) экспериментальное преподавание – в том числе применение созданных нами автоматизированных демонстрационных экспериментов на лекциях по механике, наблюдение за реакцией студентов на показываемые новые демонстрации, выявление ранее не учтенных конструктивных недостатков и дефектов программного обеспечения, отработка методики применения новых демонстрационных экспериментов при преподавании соответствующих тем раздела «Механика»; 12) беседы с лекторами – являлись частью экспериментального преподавания и проводились непосредственно после лекций, на которых применялись новые демонстрационные эксперименты, с целью выявления замечаний и пожеланий лекторов; 13) исправление выявленных недостатков с учетом замечаний и пожеланий лекторов, расширение круга предлагаемых автоматизированных демонстрационных экспериментов; 14) Завершение работы над созданием (модернизацией) АДАПК, включающее в себя оформление окончательного варианта программного обеспечения, а также разработку краткого описания методики применения новых автоматизированных демонстрационных экспериментов.

При работе по указанному плану были созданы действующие образцы новых демонстрационных приборов, использующих при своей работе современные математические методы и возможности современной компьютерной техники. Были предложены новые автоматизированные демонстрационные эксперименты для раздела «Механика» курса общей физики, разработана и апробирована техника их постановки. Проведенная апробация новых автоматизированных демонстрационных экспериментов на лекциях позволила предложить и проверить методику их применения при преподавании в классическом университете раздела «Механика», а также внедрить созданные нами АДАПК в учебный процесс классического университета.

В ходе обучающего этапа педагогического эксперимента были проведены исследования, направленные на получение оценки эффективности применения созданных нами АДАПК при преподавании курса общей физики. В качестве методов исследования использовались анкетирование и экспертная оценка. Во время обучающего этапа разработанные нами автоматизированные демонстрационные эксперименты использовались при чтении лекций по механике, после чего при помощи опроса анализировалось отношение студентов к продемонстрированным им экспериментам и выяснялось их мнение относительно влияния таких лекционных демонстраций на повышение уровня усвоения изучаемого материала. Для опроса использовалась анкета с вопросами неальтернативного типа, в нем приняли участие 554 студента. Опрос показал, что 88% опрошенных студентов наблю-

дали на лекциях по физике созданные нами новые автоматизированные демонстрационные установки. При этом 65% от числа респондентов отметили, что просмотр автоматизированных количественных демонстраций на лекциях по физике помог им повысить уровень понимания изучаемого материала; 38% студентов считают, что применение таких демонстраций позволяет лучше понять изучаемый материал, поскольку демонстрируются не только качественные, но и количественные закономерности; 76% опрошенных указали, что такие демонстрации позволяют увидеть явления, наблюдение которых обычным способом невозможно; 30% студентов считают, что данные демонстрации вызывают интерес к методам автоматизации физического эксперимента; 28% – что они осовременивают чтение лекций по физике; 8% опрошенных считают, что автоматизированные демонстрации на лекциях по физике не нужны. Таким образом, анализ ответов студентов на вопросы анкеты дает подтверждение второго и третьего из четырех положений, обосновываемых с целью проверки идеи исследования.

Также в ходе обучающего этапа был проведен опрос экспертов, в качестве которых привлекались 19 лекторов физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, читавших лекции по курсу общей физики для различных категорий учащихся МГУ: студентов физического факультета, студентов естественнонаучных факультетов, слушателей Центра повышения научно-педагогической квалификации факультета дополнительного образования, а также для интересующихся физикой школьников старших классов. Все эксперты являлись кандидатами или докторами физ.-мат. наук, 12 из них были профессорами, стаж педагогической работы экспертов лежал в пределах от 8 до 50 лет. В ходе опроса 17 экспертов указали, что считают необходимым использование на лекциях по курсу общей физики автоматизированных количественных демонстраций, что автоматизированные демонстрационные эксперименты могут позволить повысить качество преподавания раздела «Механика» курса общей физики, что автоматизированные демонстрационные эксперименты в настоящее время являются востребованными и что их разработка и применение в практике преподавания является одним из перспективных направлений развития техники и методики физического демонстрационного эксперимента.

Также была получена экспертная оценка созданных нами автоматизированных демонстрационных экспериментов с точки зрения их интереса для нужд преподавания курса общей физики. Для этого все указанные лекционные демонстрации были разделены на 14 тематических групп, и была издана методическая разработка, содержащая описания демонстраций и методические указания по их применению. Все эксперты ознакомились с этой разработкой, и более чем 50% экспертов признали, что 11 групп демонстраций представляют значительный интерес. Остальные 3 группы демонстраций были признаны интересными более чем 30% экспертов. 15 экспертов указали, что готовы использовать созданные нами новые демонстрационные эксперименты на своих лекциях. Кроме того, 13 экспертов представили развернутые заключения по оцениваемым ими лекционным демонстрациям, дав положительную оценку проведенной работы по созданию новых автоматизированных демонстрационных экспериментов.

Проведенная экспертная оценка позволила обосновать второе, третье и четвертое положения, выдвинутые с целью проверки идеи исследования, а также дополни-

тельно подтвердить результаты, полученные в ходе констатирующего этапа педагогического эксперимента. Кроме того, поскольку данные экспертами оценки основывались на изучении разработанных нами методических рекомендаций и частично – на личном опыте применения оцениваемых демонстрационных экспериментов на лекциях, то можно считать установленным, что использование предложенной нами методики обеспечивает эффективное применение созданных нами АДАПК при преподавании раздела «Механика» курса общей физики в классическом университете.

Таким образом, совокупность результатов, полученных в ходе констатирующего, поискового, и обучающего этапов педагогического эксперимента, свидетельствует, что применение автоматизированных демонстрационных аппаратно-программных комплексов для постановки количественных демонстрационных экспериментов приводит к повышению эффективности демонстрационного эксперимента, т.е. идея данного диссертационного исследования подтверждается.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы, полученные в ходе диссертационного исследования, приведены данные об использовании результатов работы в учебном процессе и обозначены возможные направления дальнейших исследований.

В приложениях приведены материалы, дополняющие и поясняющие основную часть диссертационной работы, в том числе: перечень научных и методических тематических журналов и сборников, содержащих публикации по теме «Демонстрационный физический эксперимент в высшей школе»; описание и код предложенной нами компьютерной программы, реализующей измерение интервалов времени с использованием возможностей операционной системы MS DOS; описание усовершенствованного варианта прибора Рухардта, который применялся в данной работе для постановки автоматизированного демонстрационного эксперимента по теме «Автоколебания»; некоторые экспертные заключения об автоматизированных количественных демонстрационных экспериментах, полученные в ходе педагогического эксперимента.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. В результате проведенного анализа научной и методической литературы, посвященной технике и методике постановки современного демонстрационного физического эксперимента, а также основным способам использования компьютеров для поддержки лекций по курсу общей физики, теоретически обоснована целесообразность применения автоматизированных аппаратно-программных комплексов для количественных демонстрационных экспериментов.

2. На основе анализа методических требований к классическому демонстрационному физическому эксперименту предложены теоретические принципы построения автоматизированных демонстрационных аппаратно-программных комплексов для количественных лекционных экспериментов по разделу «Механика» курса общей физики, основными из которых являются многофункциональность, тематическая целостность и техническая полнота. Сформулированы и теоретически обоснованы требования к аппаратной и программной частям этих комплексов.

3. В результате осуществленной разработки экспериментальных установок и программного обеспечения созданы три автоматизированных демонстрационных аппа-

ратно-программных комплекса и модернизирован один такой комплекс, предназначенные для постановки количественных демонстрационных экспериментов при преподавании подразделов «Механика твердого тела», «Механические колебания», «Механика сплошных сред» и «Механика материальной точки» курса общей физики.

4. На основе результатов проведенного теоретического и экспериментального изучения характеристик и возможностей разработанного оборудования, с использованием созданных автоматизированных демонстрационных аппаратно-программных комплексов поставлено 23 новых автоматизированных демонстрационных эксперимента для четырех подразделов раздела «Механика» курса общей физики: проверка второго закона Ньютона для случая действия зависящей от времени силы при «абсолютно упругом» ударе; проверка второго закона Ньютона для случая действия зависящей от времени силы при частично упругом ударе; проверка второго закона Ньютона для случая действия зависящей от времени силы при абсолютно неупругом ударе; изучение кинематики вращательного движения; проверка основного уравнения динамики вращательного движения при постоянной величине момента инерции; проверка основного уравнения динамики вращательного движения при постоянной величине момента внешней силы; измерение главных центральных осевых моментов инерции J симметричных тел (измеряются 15 значений J у специально изготовленных стандартных тел); проверка теоремы Гюйгенса-Штейнера; осциллографическая запись колебаний; получение зависимостей кинематических характеристик колебаний от времени и фазовых портретов; изучение затухающих колебаний при наличии вязкого трения, пропорционального скорости; изучение затухающих колебаний при наличии вязкого трения, пропорционального квадрату скорости; изучение затухающих колебаний при наличии «сухого» трения; изучение связанных колебаний; получение мод колебаний; спектральный анализ «цуга»; получение в спектре колебаний второй гармоники; получение в спектре колебаний набора высших гармоник; получение в спектре колебаний нечетных гармоник; наблюдение комбинационных частот; изучение неизохронности колебаний физического маятника, т.е. зависимости частоты его колебаний от амплитуды; изучение автоколебаний с использованием демонстрационной установки «Прибор Рухардта»; измерение коэффициентов лобового сопротивления C_x у тел различной формы (измеряются 7 значений C_x у специально изготовленных стандартных тел).

5. Разработана методика применения созданных автоматизированных демонстрационных аппаратно-программных комплексов при преподавании раздела «Механика» курса общей физики в классическом университете. В соответствии с ней необходимо проводить количественные демонстрационные эксперименты для каждого из подразделов курса в сочетании с классическими лекционными демонстрациями и в следующих целях: а) для иллюстрации явлений, которые трудно или невозможно продемонстрировать иными способами; б) для количественного подтверждения изучаемых закономерностей; в) для мотивации изучения нового материала путем выдвижения познавательных задач и создания проблемных ситуаций перед началом рассмотрения новых тем курса.

6. Проведенный педагогический эксперимент показал, что применение созданных автоматизированных демонстрационных аппаратно-программных ком-

плексов для постановки количественных демонстрационных экспериментов повышает уровень усвоения студентами изучаемого материала, активизирует познавательную деятельность студентов, способствует повышению качества преподавания раздела «Механика» курса общей физики в классическом университете. Также показано, что эффективное применение созданных АДАПК при преподавании раздела «Механика» курса общей физики в классическом университете может быть достигнуто путем использования разработанной методики.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

1. Алешкевич В.А., Бегун А.Ю., Киселёв Д.Ф., Сухарева Н.А., Чечендаев А.В., Якута А.А. Количественный автоматизированный демонстрационный эксперимент в курсе общей физики. // Физическое образование в ВУЗах. – 1996. – Серия «Б», т.2. – 3. – С.21-29.

2. Бегун А.Ю., Семенов М.В., Якута А.А. Измерение импульса силы при соударениях. // Физическое образование в ВУЗах. – 1997. – Т.3. – 4. – С.30-40.

3. Бегун А.Ю., Виноградов М.П., Семенов М.В., Якута А.А. Использование датчика силы для изучения механических колебаний. // Физическое образование в ВУЗах. – 1997. – Т.3. – 4. – С.41-49.

4. Бегун А.Ю., Виноградов М.П., Семенов М.В., Якута А.А. Датчик углового перемещения и автоматизированные демонстрационные эксперименты на его основе. // Физическое образование в ВУЗах. – 1997. – Т.3. – 4. – С.50-58.

5. Дунин М.С., Семенов М.В., Якута А.А. Новые автоматизированные лекционные эксперименты по теме «Механические колебания». // Физическое образование в вузах. – 1999. – Т.5. – 4. – С.160-173.

6. Семенов М.В., Якута А.А. Измерение ускорения свободного падения баллистическим методом в рамках демонстрационного эксперимента. // Физическое образование в вузах. – 2002. – Т.8. – 3. – С.55-66.

7. Семенов М.В., Якута А.А. Новая автоматизированная лекционная демонстрация «Измерение коэффициента лобового сопротивления у тел различной формы». // Физическое образование в вузах. – 2002. – Т.8. – 4. – С.134-142.

8. Семенов М.В., Якута А.А. Автоматизированная демонстрационная установка «Стол на воздушной подушке» и лекционные эксперименты на ее основе. // Физическое образование в вузах. – 2004. – Т.10. – 1. – С. 55-70.

9. Бегун А.Ю., Потехин В.В., Стиславский А.В., Сухарева Н.А., Чечендаев - А.В., Якута А.А. Количественный демонстрационный эксперимент раздела «Физическая оптика» курса общей физики. // III международная конференция «Физика в системе современного образования»: Тез. докл. – Петрозаводск, 1995. – С.48-49.

10. Бегун А.Ю., Якута А.А. Измерение показателя адиабаты у газов. // Международная конференция студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-96»: Тез. докл. – М., 1996. – С.46-48.

11. Бегун А.Ю., Семенов М.В., Якута А.А. Усовершенствованная методика измерения показателя адиабаты γ у газов в общем физическом практикуме. // 1-я

Всероссийская научно-методическая конференция «Университетский курс общей физики: современные проблемы»: Тез. докл. – М., 1996. – С.106-109.

12. Бегун А.Ю., Семенов М.В., Якута А.А. Измерение импульса силы при соударениях. // IV Международная конференция «Физика в системе современного образования»: Тез. докл. – Волгоград, 1997. – С.113-115.

13. Дунин М.С., Семенов М.В., Якута А.А. Новые автоматизированные лекционные эксперименты по теме «Механические колебания». // V Международная конференция «Физика в системе современного образования»: Тез. докл. – С.-Пб., 1999. – Т.1. – С.49-51.

14. Семенов М.В., Якута А.А. О пособиях по лекционному эксперименту «Механика твердого тела» и «Механика сплошных сред». // V Международная конференция «Физика в системе современного образования»: Тез. докл. – С.-Пб., 1999. – Т.1. – С.57-58.

15. Семенов М.В., Якута А.А. Автоматизированная установка для демонстрационных экспериментов по механике твердого тела. // II Международная научно-методическая конференция «Новые технологии в преподавании физики: школа и вуз»: Тез. докл. – М., 2000. – С.72.

16. Семенов М.В., Якута А.А. Автоматизированные лекционные эксперименты по демонстрации нелинейных колебаний. // VI Международная конференция «Физика в системе современного образования»: Тез. докл. – Ярославль, 2001. – Т.II. – С.158-159.

17. Семенов М.В., Якута А.А. Новая автоматизированная лекционная демонстрация «Измерение коэффициентов лобового сопротивления у тел различной формы». // VII учебно-методическая конференция стран Содружества «Современный физический практикум»: Тез. докл. – С.-Пб., 2002. – С.172.

18. Семенов М.В., Якута А.А. Автоматизированный лекционный эксперимент по измерению ускорения свободного падения баллистическим методом. // VII учебно-методическая конференция стран Содружества «Современный физический практикум»: Тез. докл. – С.-Пб., 2002. – С.265.

19. Семенов М.В., Рыжиков С.Б., Якута А.А. Некоторые замечания к решению задачи о падении тела в воздухе. // Международная конференция «Проблемы физического образования в средней и высшей школе»: Тез. докл. – Рязань, 2002. – С. 133-134.

20. Селиверстов А.В., Якута А.А. Принципы построения комплексов для количественного лекционного эксперимента по физике. // Первая Международная конференция «Образование в области лазеров, лазерных воздействий и технологий (ELIT-I)»: Тез. докл. – С.-Пб., 2003. – С.27-28.

21. Семенов М.В., Нагорский Н.М., Якута А.А. Современные автоматизированные лекционные демонстрации по разделу «Механика» курса общей физики. // Научная конференция «Ломоносовские чтения – 2004». Секция «Физика»: Расш. тез. докл. – М., 2004. – С. 156-160.

22. Семенов М.В., Якута А.А. Автоматизированные лекционные эксперименты на основе демонстрационной установки «Стол на воздушной подушке». // VIII Международная учебно-методическая конференция «Современный физический практикум»: Тез. докл. – М., 2004. – С. 74-75.

Подписано в печать 21.01.05 г.
Формат 60 × 90 1/16. Бумага офсетная. Печать ризо.
Усл. печ. л. 1,3. Уч.-изд. л. 1,5. Тираж 150 экз. Заказ № 8.

Отдел оперативной печати
физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
119992, ГСП-2, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2,
МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет.