

Комплекс компьютерных моделирующих лабораторных работ по физике: принципы разработки и опыт применения в учебном процессе

Н.С. Кравченко, О.Г. Ревинская, В.А. Стародубцев

Томский политехнический университет, 634034, Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: ogr@tpu.ru

Проектирование и эксплуатация лабораторных работ с использованием компьютера являются одним из наиболее активно развивающихся направлений современной теории и методики преподавания физики. В данной статье проведен анализ вклада информационных технологий в современный учебный практикум. На основе общепедагогических предпосылок выдвинуты принципы разработки компьютерных моделирующих лабораторных работ по физике. Описан опыт их применения в

Процесс преподавания физики в последние годы стал значительно разнообразнее благодаря внедрению информационных образовательных технологий. Физика как наука базируется в равной мере как на экспериментальных, так и на теоретических исследованиях. Соответственно, процесс преподавания физики также должен в равной мере отражать как теоретический, так и экспериментальный характер науки. Все виды учебных занятий, использующиеся в настоящее время в преподавании физики, отражают в большей или меньшей степени и теоретический, и экспериментальный характер данной науки. При этом невозможно представить какой-либо вид учебных занятий без использования мультимедийной и компьютерной техники, а также методики ее применения: лекции сопровождаются использованием мультимедийной техники [1], на практических занятиях большое распространение получили обучающие [2] и тестирующие комплексы [3], на лабораторных занятиях - автоматизированные комплексы [4] и компьютерные тренажеры [5], не говоря уже о том, что в рамках УИРС студенты применяют весь комплекс доступных им средств информатизации [6].

Одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений в преподавании физики является использование информационной (компьютерной и мультимедийной) техники в учебном физическом эксперименте. Учебный физический эксперимент подразделяют, как известно, на демонстрационный и лабораторный. Лабораторный практикум технически наиболее приближен к студенту, поэтому характеризуется наибольшим разнообразием использования компьютерной техники.

В настоящее время лабораторный физический практикум по формам использования компьютерной техники можно классифицировать следующим образом:

* автоматизированный физический эксперимент [7] (компьютер выступает в качестве одной из неотъемлемых частей экспериментальной установки, необходимой для управления экспериментом или регистрации данных);

* независимый моделирующий физический эксперимент [8] (компьютер является единственной частью установки, моделируя и сам физический процесс, и приборы, необходимые для проведения исследования);

* комплексный физический эксперимент, сопровождающийся моделированием изучаемых в эксперименте процессов [9] (компьютер, как правило, не входит в состав экспериментальной установки, а используется параллельно для сравнения полученных результатов с теорией, но находясь в непосредственной близости от установки);

* использование возможностей современной техники для эффективной обработки экспериментальных данных [10] (компьютер может быть значительно удален от места эксперимента, разные студенты вообще могут пользоваться разными компьютерами);

* использование возможностей современной техники для проведения тестового входного, рубежного и итогового контроля при проведении учебного эксперимента [11].

В данной классификации обычный натурный эксперимент не выделен как самостоятельный вид, а является базовой основой для всех представленных видов лабораторного эксперимента.

С точки зрения роли компьютера в физическом эксперименте значительно выделяются компьютерные моделирующие лабораторные работы. Здесь компьютер является и средой разработки, и способом конструирования экспериментальной установки, и возможностью формирования объекта исследования. Особенности разработки и использования данного вида лабораторного практикума в той или иной мере характерны для других видов физического эксперимента. Поэтому авторы статьи решили более подробно остановиться на рассмотрении именно этого вида физического эксперимента, принципах его разработки и использования в учебном процессе.

Прежде всего, следует отметить, что компьютерные моделирующие лабораторные работы являются самой молодой формой проведения физического практикума. Попытки разработки подобного рода работ начаты практически одновременно с появлением персональных компьютеров в высших учебных заведениях. Однако только с развитием мультимедийных возможностей компьютера данная идея смогла осуществиться в полной мере. В настоящее время можно смело утверждать, что и с технической, и с психологической точек зрения

современный образовательный процесс готов к полноценному использованию компьютерных моделирующих практикумов. Это связано, с одной стороны, с достаточно хорошим оснащением компьютерной техникой учебных аудиторий, наличием на рынке труда большого количества квалифицированных специалистов, готовых заниматься данной тематикой. С другой стороны, школьники, приходящие в стены вуза, обладают обычно достаточным опытом работы на компьютере в качестве пользователя, имеют четкие представления о возможностях виртуальной реальности и соотношении между нею и реальным миром. Технически и психологически они готовы к изучению моделей различных явлений на компьютере. Чтобы использовать этот потенциал компьютерной компетентности учащихся при изучении физики, необходимо создавать учебные программные продукты высокого качества: технически разнообразные, надежные, методически проработанные. Создание на кафедрах научно-педагогических лабораторий, в состав которых входили бы квалифицированные программисты и опытные преподаватели в качестве научных консультантов, способствует эффективному решению данной задачи. В условиях всесторонней информатизации общества активация познавательной деятельности возможна только с помощью программных продуктов, технически опережающих современный уровень игровых и прикладных программ.

За технической стороной разработки лабораторных практикумов нельзя забывать о содержательной стороне. Авторы считают, что главной целью включения в учебный процесс моделирующих лабораторных работ является изучение существующих моделей физических процессов и явлений - как одного из средств формирования научного мировоззрения. При построении физической теории создается большое количество моделей: модель гравитационного взаимодействия, модель свободного падения без учета сопротивления воздуха, модель идеального газа, модель атома Бора и т.д. При построении моделей выдвигаются определенные предположения. Поэтому реальные процессы и явления могут быть описаны с помощью той или иной модели только приблизительно. Большинство современных школьников, пришедших в вуз, знакомы с законами и моделями физики в основном аналитически (в формульном представлении). Отсутствует корреляция между повседневным опытом и изучаемыми законами. Например, в повседневной жизни школьники часто могут наблюдать свободное падение тела в среде (воздухе), но не могут наблюдать падение тела в вакууме. На уроках физики, наоборот, изучается только свободное падение тел в вакууме; При этом используются статические иллюстрации изучаемой модели. Отсутствует сама возможность сравнения модели с экспериментом. Более того, отсутствует опыт самостоятельного исследования модели. Школьники почти не знакомы с методикой ее исследования, не знают, чем

отличается методика исследования модели от методики исследования явления. Формирование и закрепление навыков исследования физических моделей – главная цель включения компьютерных моделирующих лабораторных работ в учебный процесс, поскольку они позволяют исследовать физическую модель в чистом виде. Эта цель становится реально достижимой только при переносе акцента с качественного на количественное исследование моделей, что позволяет реализовать современное состояние компьютерной техники и методов программирования.

Формы включения моделирующих лабораторных работ в учебный процесс – самые разнообразные. Это и школьный курс физики, и курс концепции современного естествознания для гуманитарных специальностей, и курс общей физики в технических вузах, и курс общей физики физических факультетов, и УИРС, и элементы элитной подготовки, и прикладные задачи, и задачи профессиональной направленности, и элементы самообразования. С развитием дистанционного образования моделирующий физический практикум получил дополнительный стимул развития. При этом выделилось такое направление, как имитационный эксперимент, суть которого состоит не только в исследовании модели какого-либо процесса или явления, но и в воссоздании внешнего облика реальной установки, на которой данный эксперимент может быть выполнен.

Основываясь на обзоре литературы и собственном опыте, авторам удалось сформулировать и обосновать ряд принципов проектирования и использования компьютерных моделирующих лабораторных работ:

- * принцип деятельности и интерактивности,
- * принцип «свободной траектории»,
- * принцип наглядности,
- * принцип многовариантности,
- * принцип реальности результатов,
- * принцип цикличности,
- * принцип адаптивности,
- * принцип методической обеспеченности.

Эти данные дидактические принципы являются результатом конкретизации общедидактических принципов образования применительно к проектированию компьютерных моделирующих лабораторных работ. При выделении принципов авторы опирались на психолого-педагогические задачи моделирующего практикума. Рассмотрение этих задач позволило сформулировать соответствующие технические требования, которым должны удовлетворять создаваемые программные продукты.

Использование лабораторного практикума основано на теории активной познавательной деятельности, которая применительно к компьютерным программам трансформируется в понятие **интерактивности**. Роль студента при выполнении моделирующей лабораторной работы должна быть не просто активной. Он должен приложить некоторые, преимущественно умственные, усилия для того, чтобы исследование прошло успешно. Студент должен позаботиться о том, чтобы подготовить эксперимент: выбрать необходимые объекты, окружение, приборы, при необходимости соединить их должным образом, запустить эксперимент. В процессе выполнения эксперимента необходимо получить определенные данные. Поэтому при разработке моделирующих работ необходимо «обеспечить» студента необходимым набором программных инструментов, имитирующих реальные и потенциально возможные приборы. Использование этих приборов позволит студенту осуществить свою активную функцию [12].

Учитывая, что каждый студент обладает индивидуальным набором психофизических свойств, невозможно требовать, чтобы студенты выполняли одну и ту же работу в одной и той же строго заданной последовательности. Ориентируясь на общие указания по выполнению работы, студент не должен быть ограничен в деталях. Поэтому при разработке моделирующих лабораторных работ необходимо обеспечить возможность настройки условий эксперимента и последовательности выполнения работы **в произвольном порядке**, даже в корне отличающемся от рекомендуемого. Допустимыми считаются только те ограничения, которые направлены на сохранение целостности программного продукта и изучаемой физической системы. Такой подход позволит стимулировать развитие творческого мышления учащихся.

Принцип **наглядности** является одной из отправных точек в разработке моделирующих лабораторных работ [13]. Студент имеет возможность не только разобраться в предлагаемой модели, но и увидеть ее образное представление. Попутно может решаться задача освоения опосредованной наглядности, когда одновременно, например, с движением некоторого тела строится график его координаты. Даже если перед студентом не ставилась задача выявить особенности графического описания процесса, он подсознательно связывает различные точки графика с положением тела. Таким образом, может решаться задача более продуктивного обучения студентов умению "читать" графики.

Принцип **многовариантности** не только позволяет преподавателю сократить количество несамостоятельно выполняемых работ, но и, главным образом, показывает студентам, в каких еще вариантах может быть выполнена данная работа, какие параметры эксперимента и в каких пределах можно варьировать в данной

физической модели. Причем такой анализ может проводиться как на сознательном уровне (при фронтальном выполнении работы), так и на подсознательном (если студенты проявляют интерес к деятельности друг друга).

Все экспериментальные данные, которые получают студенты в ходе выполнения лабораторной работы, должны иметь **реальные физические значения** и **размерности** [8]. Виртуальные приборы, работу которых имитирует программа, должны показывать значения только в тех физических единицах, которые реально существуют. Если «приборы» показывают значения в каких-либо относительных единицах, уровень восприятия такой работы студентами падает. Наилучший эффект наблюдается, например, когда прибор для измерения длительности какого-либо процесса (секундомер) работает в реальном времени, т.е. если никакие технические данные компьютера не влияют на длительность процесса. Измеренная независимым способом длительность процесса тогда даст тот же результат.

Чтобы обеспечить возможность закрепления приобретенных навыков, комплект используемых в учебном процессе моделирующих лабораторных работ должен содержать определенные циклы **работ**, в которых изучались бы близкие по структуре и содержанию модели. В рамках одной учебной дисциплины всегда можно выделить ряд тем, которые опираются на близкие теоретические модели, отличающиеся только определенными аспектами. Совокупность аспектов некоторой модели можно представить в виде обобщенной модели или в виде совокупности частных моделей. Соответственно, при формировании методики изучения моделей приходится составлять группу заданий либо для работы с одной и той же программой, либо для работы с разными программами. Это позволит сформировать и закрепить устойчивый образ данного явления, так как студенты будут к нему обращаться неоднократно. Для обеспечения целостного восприятия работ, относящихся к одному циклу, необходимо обеспечить взаимопроникновение и наследование интерфейса и принципов взаимодействия этих работ. Отдельные циклы по изучению моделей необходимо строить по принципу усложнения модели, стараясь избегать перегруженности программы актуальными параметрами. Системный подход в проектировании и применении компьютерных лабораторных работ способствует формированию системного мышления учащихся [14].

С педагогической точки зрения выбор средств разработки компьютерных моделирующих лабораторных работ, как правило, не имеет решающего значения. Он определяет только тот набор технических проблем, с которыми столкнутся разработчики при реализации описанных выше принципов. Но при достаточной квалификации персонала эти трудности, а вернее, их решение, никак не отразятся на восприятии практикума студентами. Важно создать обстановку, когда за

моделирующей программой студент увидит физическое явление и перестанет воспринимать выполнение моделирующей лабораторной работы как работу на компьютере. Для этого необходимо разработать такой интерфейс и такой способ общения пользователя с программой, чтобы на адаптацию к программному продукту у студента уходило как можно меньше времени. Опыт наших разработок показал, что время **адаптации** можно свести к 15-20 минутам. Наиболее быстро проходит адаптация при фронтальной форме выполнения первой моделирующей работы, тогда время адаптации сокращается до 7-10 минут. Чтобы достичь таких результатов, мы использовали интерфейс наиболее распространенных стандартных Windows-приложений: студенты видят знакомые элементы управления и понимают, как необходимо ими пользоваться. Интерес переключается с изучения структуры программного продукта на изучение физического явления или процесса. Пример интерфейсного оформления моделирующей лабораторной работы приведен на рис. 1.



Рисунок 1. Моделирующая лабораторная работа "Затухающие колебания".

Одним из факторов, призванных стимулировать первоначальный интерес студента к изучаемому процессу, является **методическое пособие**. Несмотря на то, что в лабораторных работах часто рассматриваются вопросы, не изучавшиеся в лекционном курсе, не следует воспринимать методическое пособие по выполнению лабораторных работ как средство повышения общей эрудированности студентов. Если методическое пособие содержит большое количество дополнительной, пусть даже очень интересной информации, это оказывает негативное влияние на целостность восприятия изучаемого процесса, и как следствие, затрудняет выполнение и понимание работы. В то же время излишняя краткость и схематичность пособия оставляют ряд вопросов, связанных с изучаемым явлением, на рассмотрение студентов, которые, не имея достаточно опыта, не могут самостоятельно освоить предлагаемый материал. Таким образом, некоторые моменты эксперимента могут оказаться не понятыми, не прочувствованными студентами.

Легко заметить, что обсуждаемые принципы разработки и использования моделирующих лабораторных работ не являются специфическими для физики - они являются общепедагогическими. Поэтому ими можно руководствоваться при разработке моделирующих лабораторных работ и по другим специальностям, как естественнонаучного, так и гуманитарного цикла.

Представленные в данной статье принципы проектирования и эксплуатации компьютерных лабораторных работ разрабатывались и апробировались нами в процессе создания комплекса моделирующих лабораторных работ по курсу общей физики на кафедре теоретической и экспериментальной физики факультета естественных наук и математики Томского политехнического университета в течение 2001-2005 г. В настоящее время комплекс содержит 15 работ по разделам «Механика», «Колебания», «Электричество и магнетизм», «Явления в жидкостях и газах» курса общей физики.

Проиллюстрируем применение описанных выше принципов на примере компьютерной моделирующей лабораторной работы «Затухающие колебания», интерфейс которой представлен на рис. 1. В работе изучают движение пружинного маятника в вязкой среде. Прежде чем начать эксперимент, необходимо выбрать пружину, массу тела и среду (принцип деятельности и интерактивности). Методика исследования построена так, что необходимо выполнить эксперимент с пружинами разной жесткости. Выбирать пружины можно в произвольном порядке. При желании студент может менять не только пружины, но и массу, и среду (принцип «свободной траектории»). При изменении какого-либо параметра синхронно меняется визуальное отображение модели: толщина пружины, диаметр тела, цвет

жидкости - более вязким жидкостям соответствует более темный цвет (принцип наглядности). В предлагаемой методике каждому варианту выполнения работы (принцип многовариантности) соответствует определенный коэффициент затухания, который определяется вязкостью среды и размерами тела. Исходя из этого, работу можно выполнить в 18 вариантах. Каждый эксперимент протекает в режиме реального времени. В данной работе, в соответствии с методикой исследования, предусмотрены два виртуальных прибора: автоматический секундомер, измеряющий время пяти полных колебаний в каждом опыте, и интерактивная линейка «Измерение координаты» для определения амплитуды колебаний. Перемещая ползунок прокрутки «Измерение координаты», можно по графику измерить координату тела в любой момент времени с точностью до 0,01 см. Студент сам решает, какие координаты он будет измерять (принципы реальности результатов, деятельности и интерактивности). По полученным данным он должен рассчитать коэффициент затухания несколькими способами, описанными в методическом пособии, и сравнить полученные результаты с теоретическим значением (принцип методической обеспеченности). Данная работа входит в цикл компьютерных моделирующих работ по колебаниям, содержащий 6 работ (принцип цикличности). Адаптивность данного программного продукта обеспечивается сочетанием ясного интерфейса, использующего стандартные элементы управления, с динамической визуализацией изучаемой модели. Аналогичным образом разрабатывались и остальные работы.

Анонимное анкетирование студентов, выполнявших компьютерные моделирующие лабораторные работы, выявило явный интерес студентов к этим работам. Около 80% опрошенных отметили, что выполнять работы было интересно, при этом 59% студентов отмечают, что при выполнении работ они приобрели новые знания. Более половины студентов (63%) подтвердили, что выполнение работы позволило им полностью разобраться в теоретическом материале, на который опирается данная работа. Желание выполнить еще одну моделирующую работу высказали 73% опрошенных, несмотря на то, что некоторые из них на момент опроса выполнили уже 3-4 компьютерные работы. Преподаватели, использующие в учебном процессе моделирующие лабораторные работы из данного комплекса, подтверждают улучшение психологического настроения студентов по отношению к курсу общей физики в целом после выполнения компьютерных моделирующих лабораторных работ. В результате количество преподавателей, включающих работы данного комплекса в свою педагогическую деятельность, постоянно растет. Каждый преподаватель может по своему усмотрению регулировать количество часов, отводимое на выполнение моделирующих работ. Благодаря наличию на кафедре

ТиЭФ компьютерного класса, многие компьютерные моделирующие лабораторные работы выполняются фронтально. Разработанная нами методика проведения фронтальных занятий с использованием моделирующих работ позволяет реализовать метод проектов в рамках физического лабораторного практикума.

Необходимо отметить, что в учебном процессе данный комплекс компьютерных моделирующих лабораторных работ используется в сочетании с натурными и автоматизированными экспериментами. Это позволяет сбалансировать применение виртуального и реального эксперимента, активизирует познавательную деятельность студентов. Таким образом, компьютерные моделирующие лабораторные работы обогащают и интенсифицируют процесс изучения физики в вузе.

Литература

1. *Стародубцев В.А., Федоров А.Ф.* Применение мультимедиа в образовании: комплексный подход. // XV Международная конференция «Применение новых технологий в образовании», Троицк, 2004, с. 171-172.
2. *Ерофеева Г.В., Малютин В.М., Стройнова В.Н., Склярова Е.Л., Смекалина Т.В.* Интерактивная обучающая система на базе компьютеров Макинтош 3. Оптика. // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в университетском образовании», Новосибирск, 2001.
3. *Кастреев О.А., Королев А.А., Мельничих А.П., Смирнов А.В., Стафеев С.К.* Система компьютеризованной проверки знаний по физике (результат работы в 2002/2003 учебном году). // Материалы X Всероссийской научно-методической конференции «Телематика'2003», Санкт-Петербург, 2003.
4. *Ларионов В.В., Гаранин Г.В.* Лабораторная работа «Определение длины волны СВЧ генератора с помощью системы Лехера». // Физическое образование в вузах, т. 11, № 1, 2005, с. 54-58.
5. *Данчев В.З.* Компьютерные программы виртуальных лабораторных стендов. // Материалы VI Международной конференции Украинской ассоциации дистанционного образования «Образование и виртуальность», Харьков-Севастополь, 2002, с. 61-64.
6. *Машиньян А.Л.* Теоретико-методические основы формирования у будущего учителя физики умения проектировать персональные технологии обучения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук, Москва, 2001.
7. *Арнольд М.В., Гудзенко А.Ф., Федотов М.Б.* Лабораторный практикум в среде LabVIEW. // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в университетском образовании», Новосибирск, 2001.

8. *Кравченко Н.С., Ревинская О.Г.* Об опыте разработки, методического сопровождения и применения в учебном процессе компьютерных лабораторных работ по физике. //VIII Восьмая Международная конференция «Физика в системе современного образования» (ФССО-05), Санкт-Петербург, май - июнь 2005 г.
9. *Кабасов Ю.К., Коханий В.В., Устюгова Е.В.* Установка для изучения вынужденных механических колебаний и ее компьютерная модель. // Проблемы учебного физического эксперимента, № Ю, 2000, с. 68-73.
10. *Сандирова М.Н.* Возможности новой версии электронной таблицы Excel в процессе обработки результатов научных исследований. // Материалы Международной научно-технической конференции «Компьютерные и вычислительные технологии в задачах естествознания и образования», 2005, Пенза, с. 125-127.
11. *Баяндин Д.В.* Развитие методики контроля знаний на основе компьютерных моделей. //XIV Международная конференция «Применение новых технологий в образовании», Троицк, 2003, с.215-217.
12. *Кравченко Н.С., Ревинская О.Г.* Интерактивные возможности компьютерных лабораторных работ по физике. // Международная научно-техническая конференция «Компьютерные и вычислительные технологии в задачах естествознания и образования» (МК-2-5), Январь 2005 г., Пенза.
13. *Кравченко Н.С., Ревинская О.Г.* Компьютерный лабораторный практикум. Цикл работ по разделу «Колебания» курса общей физики. // VIII конференция стран Содружества «Современный физический практикум». Москва, 22-24 июня 2004 г. с. 104-105.
14. *Ревинская О.Г., Стародубцев В.А., Федоров А.Ф.* Компьютерное конструирование и исследование моделей физических систем как средство формирования системного мышления студентов вузов. // XVI Международная конференция "Применение новых технологий в образовании", Троицк, 28-29 июня 2005 г.