

## **Инновационные технологии разработки и использования лабораторных работ по моделированию физических процессов на компьютере**

Кравченко Надежда Степановна, доцент, кандидат ф.-м. н.

Ревинская Ольга Геннадьевна, зав. лабораторией

Стародубцев Вячеслав Алексеевич, доцент, доктор пед. н.

Факультет естественных наук и математики, Томский политехнический университет

Об активном развитии, как на теоретическом, так и на практическом уровне направления «Информационные процессы в образовании» говорит большое количество всероссийских и Международных конференций, проводимое в последнее время в России и за рубежом [1-7]. Эти конференции являются регулярными и привлекают большое количество участников. Столь большая активность в обсуждении данного вопроса обусловлена не только назревшими потребностями образования, но и достаточно большим опытом практического и теоретического развития данной темы. Как следует из материалов конференций и публикаций в педагогических журналах, информационные процессы глубоко проникли во все области современного образования. Несмотря на разнообразие предметных педагогических технологий, все они развиваются в едином русле, проникая и взаимодополняя друг друга.

При подготовке кадров для научных исследований необходимо дать молодому специалисту знания о современных информационных технологиях, применяемых в научных исследованиях. В то же время возникли новые педагогические технологии, реализация которых стала возможна только после достаточного насыщения учебных заведений компьютерной и оргтехникой. Таким образом, роль информационных технологий в современном образовании двояка. С одной стороны информационные технологии являются целью изучения, а с другой – средством получения образования.

Процесс преподавания физики в последние годы стал значительно разнообразнее благодаря внедрению новых образовательных технологий. Физика, как наука, базируется в равной мере, как на экспериментальных исследованиях, так и на теоретических. 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 учебном процессе преподавания 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 информационных технологий: лекции сопровождаются использованием мультимедийных возможностей современной техники [8], на практических занятиях большое распространение получили обучающие [9] и тестирующие комплексы [10], на лабораторных занятиях – автоматизированные комплексы [11] и компьютерные тренажеры [12], не говоря уже о том, что в рамках УИРС современные студенты применяют весь комплекс доступных им информационных технологий [13].

Одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений в преподавании физики является использование информационных технологий в учебном физическом эксперименте. Опираясь на материалы, опубликованные в печати, можно выделить следующие направления развития данного вопроса: информационные технологии в демонстрационном эксперименте; информационные технологии в лабораторном практикуме. Опыт применения данных технологий в учебном процессе показал, что

наибольшее разнообразие форм использования информационных технологий может дать именно лабораторный практикум. В настоящее время лабораторный физический практикум по формам использования информационных технологий можно классифицировать следующим образом:

- автоматизированный физический эксперимент [14] (компьютер выступает в качестве одной из неотъемлемых частей экспериментальной установки, необходимой для управления экспериментом или регистрации данных);
- независимый моделирующий физический эксперимент [15] (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 [16] (компьютер, как правило, не входит в состав экспериментальной установки, а используется параллельно для сравнения полученных результатов с теорией, но находится в непосредственной близости от установки);
- использование возможностей современной техники для эффективной обработки экспериментальных данных [17] (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 [18].

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

Каждому из описанных выше видов эксперимента как учебного средства соответствуют определенные цели и задачи. Они основываются на использовании различных, сформированных предыдущей деятельностью, знаний, умений и навыков. Каждый вид направлен на формирование и закрепление определенных знаний, умений и навыков. Исключение какого-либо из перечисленных видов делает учебный процесс односторонним, неполноценным. Идеальным является использование всех перечисленных видов в комплексе.

С точки зрения роли компьютера в физическом эксперименте значительно выделяются компьютерные моделирующие лабораторные работы. Здесь компьютер является и средой разработки, и способом формирования 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 данной работы решили более подробно остановиться на рассмотрении именно этого вида физического эксперимента, принципах ее разработки и использования в учебном процессе.

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 достаточно большим опытом работы на компьютере в качестве пользователя, имеют четкие представления о возможностях виртуальной реальности и соотношении между виртуальной

реальностью и реальным миром. Технически и психологически они готовы к изучению моделей различных явлений на компьютере. Следует, однако, отметить, что многие опытные преподаватели, обладающие большим опытом педагогической деятельности, в силу исторических причин значительно менее технически и психологически подготовлены к применению компьютера в учебном процессе. Молодые преподаватели, к сожалению, очень не многочисленны и не обладают необходимым методическим опытом в преподнесении материала и контроле учебной деятельности студентов. К тому же разработка компьютерных приложений отнимает значительное количество времени, которое преподаватели не всегда могут выделить из своего плотного графика. По этим объективным причинам, если разработкой моделирующих лабораторных работ занимаются исключительно преподаватели, то работы характеризуются глубоким физическим содержанием, но слабыми техническими характеристиками (в частности надежностью). Выход в данной ситуации видится в создании на кафедрах научно-педагогических лабораторий, в состав которых входили бы квалифицированные программисты и опытные преподаватели в качестве научных консультантов. Такой подход позволит стимулировать создание высоко качественных программно-педагогических продуктов. Вопрос об уровне программно-педагогических продуктов встает особенно остро, когда начинают сравнивать качество данных продуктов с качеством современных игр и прикладных программ, которыми пользуются студенты в повседневной жизни. Если результаты сравнения не в пользу учебных программ, у студентов возникает негативное восприятие, которое подсознательно переносится на предмет, изучению которого посвящена программа. Это снижает мотивацию к изучению данного предмета. Активация познавательной деятельности возможна только с помощью программных продуктов, технически опережающих современный уровень игровых 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. 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, делаются некоторые пренебрежения. 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.

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 самостоятельное направление как имитационный эксперимент, суть которого состоит не только в исследовании модели какого-либо процесса или явления, но и 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 адаптивности;
- принцип методической обеспеченности.

При выделении данных 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 [19].

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 [20]. Студент имеет возможность не только разобраться в предлагаемой модели, а также может 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 пределах данной физической модели. Причем данный анализ может проводиться как на сознательном уровне (при фронтальном выполнении работы), так и на подсознательном уровне (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 [15]. Виртуальные приборы, работу которых имитирует программа, могут показывать значения только в тех физических единицах, которые реально существуют. Если «приборы» показывают значения в каких-либо относительных единицах, уровень восприятия такой работы студентами сразу же падает. Наилучший эффект, например, наблюдается, когда прибор для измерения длительности какого-либо процесса (секундомер) работает в реальном времени, то есть если никакие технические данные компьютера не влияют на длительность процесса. Измеренная независимым способом длительность процесса тогда даст тот же результат.

Комплект используемых в учебном процессе моделирующих лабораторных работ должен содержать определенные циклы работ [21], в которых какое-либо физическое явление или процесс рассматривается с различных позиций на примере одной модели. Это позволит сформировать и закрепить устойчивый образ данного явления, так как студенты будут к нему обращаться неоднократно. Как показал опыт, разработка одной универсальной работы, охватывающей все аспекты данного явления, оказалась не эффективной. Во-первых, такой подход приводит часто к сужению области возможных параметров для отдельных частных случаев. Во-вторых, достаточно сложное явление, как правило, невозможно рассмотреть в деятельности за одно занятие. Тогда возвращаясь неоднократно к одному и тому же заданию, пусть даже с различных точек зрения, теряется свежесть восприятия и снижается интерес. Кроме того, при создании универсальной работы возникает неоправданно большое количество параметров, которые не всегда используются одновременно. В результате студент начинает сомневаться, все ли он задал правильно, отвлекаясь от сути явления.

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 на восприятии практикума студентами эти трудности, а вернее их решение, никак не отразятся. 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 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.

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 оставляет 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 выше принципы разработки и использования моделирующих лабораторных работ не являются специфическими для физики, они являются общепедагогическими. Поэтому данными принципами можно руководствоваться и при разработке моделирующих лабораторных работ и по другим специальностям, как естественнонаучного, так и гуманитарного цикла.

Представленные в данной работе принципы создания 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. В учебном процессе данный комплекс используется в сочетании с натурными и автоматизированными экспериментами.

#### Литература:

1. Материалы XV Международной конференции «Применение новых технологий в образовании», 29 – 30 июня 2004 г., Троицк, 440 с.
2. Материалы VIII конференции стран Содружества «Современный физический практикум», 22-24 июня 2004 г., Москва, 260 с.
3. Материалы X Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные процессы в высшей школе», 23-26 сентября 2004 г., Краснодар, 211 с.
4. Материалы XII Международной конференции «Математика. Компьютер. Образование», 17-22 января 2005 г., Пушкино.
5. Материалы VII Международной конференции «Физика в системе современного образования», 2003 г., Санкт-Петербург.
6. Материалы VIII Международной конференции «Физика в системе современного образования», 29 мая – 3 июня 2005 г., Санкт-Петербург.
7. Материалы VII Международной конференции Украинской ассоциации дистанционного образования «Образование и виртуальность», Харьков-Севастополь, 2003, с. 342.

8. 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.
9. Ерофеева Г.В., Малютин В.М., Стройнова В.Н., Склярова Е.А., 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.
10. Кавтрева О.А., Королев А.А., Мельничук 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.
11. 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.
12. 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.
13. Машиньян А.А. Теоретико-методические основы формирования у будущего учителя физики умения проектировать персональные технологии обучения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук, Москва, 2001.
14. 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.
15. 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.
16. Кабасов Ю.К., Коханый В.В., Устюгова Е.В. Установка для изучения вынужденных механических колебаний и ее компьютерная модель. // Проблемы учебного физического эксперимента, 2000, № 10, с. 68-73.
17. 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.
18. Баяндин Д.В. Развитие методики контроля знаний на основе компьютерных моделей. // XIV международная конференция «Применение новых технологий в образовании», Троицк, 2003, с.215-217.
19. 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
20. 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.
21. 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.