

УДК 004.896

А. Г. ЧУХРАЙ, М. О. ШАТАЛОВА

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ ОБУЧАЮЩИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ПО ФИЗИКЕ

*Рассмотрены наиболее общие проблемы современного среднего образования на Украине. Проведен анализ качественных показателей успешности подготовки выпускников. Рассмотрена возможность применения интеллектуальных обучающих систем в качестве дополнительных материалов для изучения физики. Проведен анализ существующих обучающих программ по физике, выявлены их основные особенности. Выявлена необходимость внедрения дополнительных функциональных возможностей в подобные обучающие программы. Предложена структура системы, включающая необходимые элементы, которые отсутствуют у аналогов. Рассмотрены дальнейшие перспективы развития предложенной системы.*

**Ключевые слова:** интеллектуальные обучающие системы, обучение физике, компьютерные технологии в образовании, адаптивное обучение, диагностические модели.

### Введение

На Украине физика является одним из базовых предметов школьной программы. На основе полученных знаний происходит подготовка студентов технических ВУЗов. Однако эти знания необходимы не только техническим специалистам, но и широко используются в повседневной жизни. Знание физических основ помогает в управлении транспортными средствами, в достижении высоких спортивных результатов, при строительстве и даже в приготовлении пищи, поэтому изучение данного предмета является обязательным в средней школе.

Однако по ряду причин украинские школы не способны обеспечить высокий уровень подготовки выпускников по этой дисциплине. В большинстве средних учебных заведений остро ощущается недостаток финансирования. В результате на занятиях применяется устаревшее либо пришедшее в негодность лабораторное оборудование, а существующие школьные учебники не соответствуют последним тенденциям в образовании. Также материальные сложности сказываются на мотивации учителей. Зарботная плата учителя в большинстве стран Европы (и Украина не является исключением), в среднем, меньше среднегодового дохода по стране [1]. Уровень подготовки некоторых учителей довольно низок, например, проведённый в 2014 г. эксперимент показал, что только 3,9% учителей правильно ответили на все тесты внешнего независимого тестирования по физике [2].

В то же время многие современные ученики увлечены технологическими новинками и компью-

терными играми настолько, что проводить их обучение с помощью прежних методов становится затруднительно. Они не испытывают интереса к обычным книгам и тетрадям, поскольку они привыкли к более интересным визуальным эффектам, дополнительно сопровождающимся звуковыми и тактильными сигналами. Вдобавок необходимо учитывать сформированные социальными сетями потребности делиться собственными результатами с друзьями и знакомыми, поскольку их признание, как правило, ценится подростками выше, чем поощрение со стороны учителя. Таким образом, включение элементов игрового процесса в обучение позволит сфокусировать внимание учеников на поставленных задачах и снизить отвлечённость на уроках. Усиление заинтересованности должно положительным образом повлиять на уровень знаний учеников, ведь за последние три года менее 8% участников внешнего независимого тестирования по физике преодолели порог в 180 баллов [3].

### Постановка задачи

Наиболее востребованные в современном мире профессии тесно связаны с изучением физики: наноспециалисты, инженеры, электрики, техники. Однако в результате низкой успеваемости учеников во время обучения усиливается недостаток высококвалифицированных специалистов на украинском рынке труда. Это, в свою очередь, приводит к снижению темпов технического прогресса, снижению оборотов производства и, как следствие, экономическим

сложностям в стране.

Целью данной статьи является поиск оптимального решения данной проблемы в сфере образования. Для этого предлагается рассмотреть применение интеллектуальных обучающих систем [4]. Их преимуществами, по сравнению с существующими подходами к обучению, является то, что:

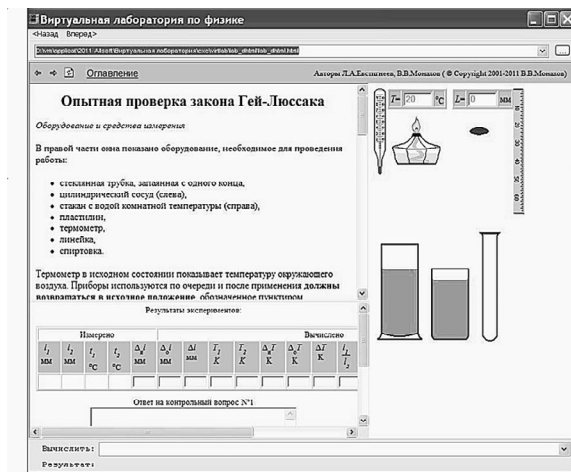
- такие системы способны обеспечить индивидуальный подход к каждому ученику;
- они функционируют без привязки ко времени и месту проведения занятий;
- они не устают при необходимости повторять материал снова и снова, не ошибаются по невнимательности, а также являются максимально объективными при выставлении оценок.

Современные предложения среди обучающих технологий, доступных для учащихся по всему

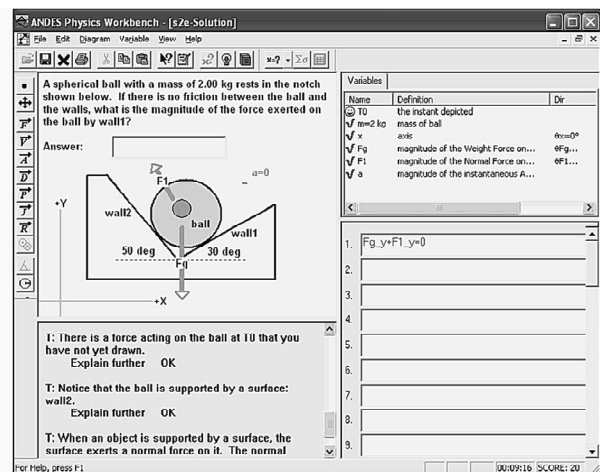
миру, включают тестирующие системы, массовые открытые онлайн-курсы (Coursera, EdX, Udacity [5 - 7]), а также интеллектуальные обучающие программы. Рассмотрим наиболее распространённые программы для обучения физике.

1. Виртуальная лаборатория по физике для школьников содержит набор программ по школьному курсу физики и предназначена для использования учителями на уроках физики, а также учащимися для выполнения заданий с использованием компьютеров на уроках и дома [8].

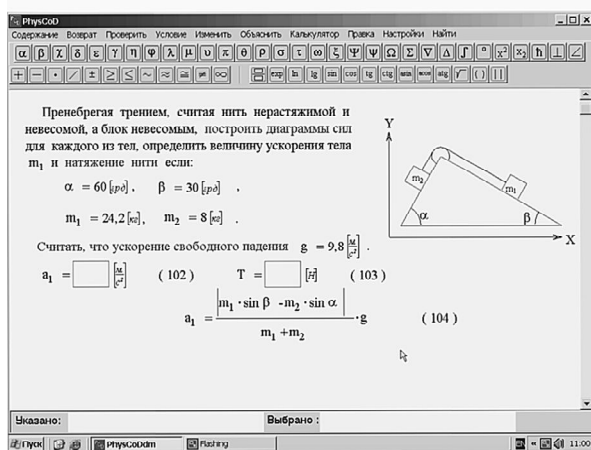
2. The Andes Tutoring System – интеллектуальная обучающая система, покрывающая основные темы стандартного курса физики, основанного на тригонометрии, с использованием концепций, выраженных с помощью символических переменных, схем с изображением тел, координатных плоскостей и векторов, и корректных единиц СИ [9, 10].



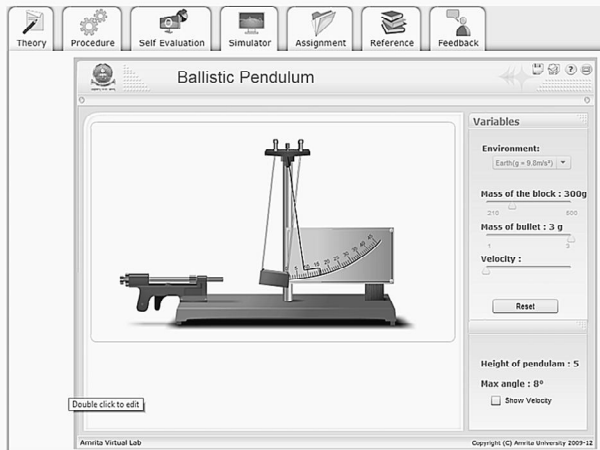
а



б



в



г

Рис. 1. Пользовательский интерфейс существующих обучающих программ по физике: а – Виртуальная лаборатория по физике для школьников; б – The Andes Tutoring System; в – PhysCoD; г – Virtual Amrita Laboratories (Physical sciences)

3. PhysCoD – электронный учебник, эффективен для подготовки к ЕГЭ и решения широкого круга задач, связанных с обучением физике. Содержит полный теоретический курс школьной физики, включает более 600 задач с подробным решением и обратной связью, сигнализирующей о возникающих ошибках [11].

4. Virtual Amrita Laboratories (Physical sciences) – виртуальная онлайн-лаборатория. Данный проект является инициативой Министерства развития человеческих ресурсов в рамках индийской национальной программы обучения с помощью информационно-коммуникационных технологий [12].

Несмотря на представленное разнообразие обучающих программ по физике, реального применения и распространения в школах они не получили. К недостаткам перечисленных программ можно отнести:

- отсутствие диагностических моделей, позволяющих автоматически установить причины ошибок обучаемого с целью адаптации к его знаниям и умениям;

- отсутствие либо неполнота моделей обучаемого для автоматического принятия решения о следующем шаге программы или следующей задаче для обучаемого;

- отсутствие автоматической генерации задач для обеспечения робастности обучения;

- отсутствие либо неадекватность элементов игрового процесса во время обучения, устаревший дизайн пользовательского интерфейса;

- невозможность внесения изменений и усовершенствований в структуру и функциональные возможности перечисленных программ, поскольку они не являются проектами с открытым исходным кодом. Применяемые в рассмотренных аналогах математические модели не доступны сторонним разработчикам, вследствие чего невозможно проверить их адекватность и соответствие общепринятым стандартам в изучении физики;

- невозможность использования данных программ на распространённых мобильных устройствах, а также недоступность некоторых из них для операционных систем Linux/OS X.

Решение перечисленных проблем позволит построить интеллектуальную систему с развитыми возможностями, применение которой будет оправданным в учебном процессе в современной школе и за её пределами.

## Результаты

Для решения проблемы изучения физики предлагается пересмотреть подходы к изучению данного предмета при подготовке выпускников. Для этого предлагается разработать интеллектуальную компьютерную программу, в основе которой будет игровая составляющая, которая будет вызывать интерес и последующее увлечение учеников. В программе будет рассмотрен весь стандартный курс физики в виде отдельных задач, сложность которых будет постепенно увеличиваться в зависимости от изучаемой темы и предыдущих успехов каждого отдельного ученика. Задачи, по сути, должны представлять собой головоломки, интересные для решения и применимые в реальных жизненных ситуациях. Они будут представлены в виде интерпретируемой составляющей, т.е. система будет обладать возможностью расширения используемого контента.

Для обучения предлагается использовать три режима: демонстрационный с объяснением основных концепций, занятие с интеллектуальной помощью системы, а также тестовый режим для проверки усвоенных учеником знаний. При этом обучение будет иметь индивидуальный характер - каждый учащийся будет иметь свой личный профиль (сохраняющийся в облачном хранилище), изменение которого будет отслеживаться системой с помощью специально разработанных диагностических моделей. На основе производимых действий и допущенных ошибок будет составляться комплексная модель ученика, благодаря которой можно будет определить дальнейшее направление обучения (выбор следующего задания, предоставление необходимых подсказок, выдача рекомендаций и т.д.) [13].

Применять такую обучающую программу можно будет непосредственно на уроках физики, на дополнительных занятиях в виде факультативов или в качестве домашних заданий. Предполагается бесплатное распространение данного программного продукта (либо за незначительную условную плату). Для того, чтобы использование программы не вызвало сложностей, связанных с материальной базой (наличие компьютеров и т.п. вычислительной техники), предлагается разработать кроссплатформенную систему, а также приложение для мобильных устройств (смартфонов, планшетов).

Обобщённая структура обучающей программы, а также особенности межмодульного взаимодействия в пределах системы представлены на рисунке 2.

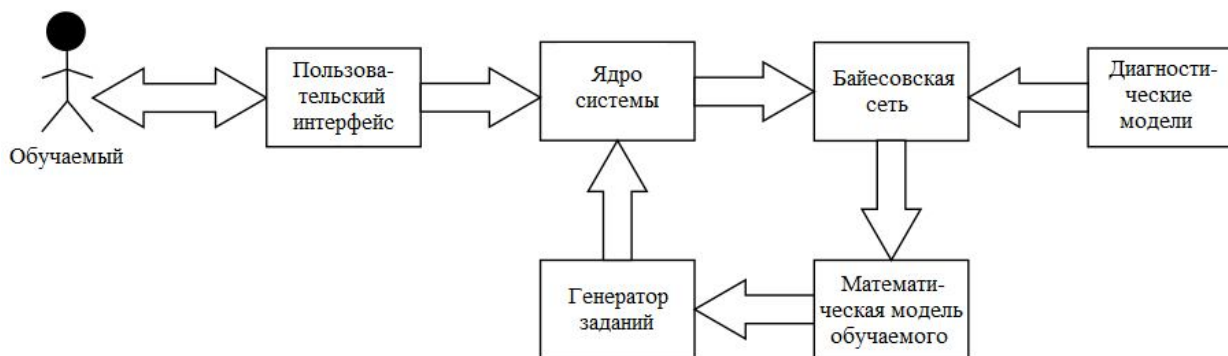


Рис. 2. Предполагаемая структура обучающей программы по физике

Ключевыми инновациями системы станут:

- диагностические модели (ДМ), связывающие косвенные признаки ошибок с прямыми, в том числе автоматически генерируемые ДМ, а также легко добавляемые ДМ в рамках компилируемой-интерпретируемой архитектуры;

- автоматически строимые полные (с точки зрения знаний и умений) модели обучаемых на основе байесовских сетей и диагностических моделей;

- методы и модели автоматической генерации задач;

- автоматический адаптивный выбор следующего действия программы для конкретного обучаемого.

Представленный подход позволит достигнуть нового уровня развития обучающих технологий, применение которых на практике существенно улучшит качество подготовки учеников по физике.

## Выводы

Интеллектуальные обучающие программы являются мощным и доступным инструментом повышения качества образования. Представленный анализ позволил выявить некоторые особенности их современной реализации (в частности, для обучающих программ по физике), на основе которых возможна разработка методов улучшения функционирования таких программ.

В качестве дальнейших перспектив развития проекта предполагается реализация интеллектуальной системы для обучения физике, а также введение её в эксплуатацию. Также рассматривается возможность применения полученных результатов для расширения представленной предметной области, т.е. разработанная технология может применяться для изучения не только физики, но и других естественных наук.

Автоматизация обучения человека – сложный и продолжительный процесс, который потребует значительных инвестиций, а также кардинально по-

влияет на устоявшуюся структуру преподавания. Существующие сегодня интеллектуальные обучающие программы и технологии нуждаются в усовершенствовании и подвергаются вполне обоснованной критике [14]. Однако нет необходимости в том, чтобы машины выполняли свою работу идеально – достаточно лишь, чтобы они смогли это делать лучше и дешевле, чем люди. В современном мире вопрос уже не в том, будет это или нет, вопрос в том, как быстро это произойдет.

## Литература

1. *Особенности работы учителя в різних країнах світу [Електронний ресурс] // Електронний журнал Osvita.ua. – К. : Видавництво «Плеяди». – Режим доступу: <http://osvita.ua/school/manage/42821/>. – 16.09.2014.*
2. *Учителі не змогли скласти тести ЗНО, - директор УЦОЯО [Електронний ресурс] // Електронний журнал Osvita.ua. – К. : Видавництво «Плеяди». – Режим доступу: <http://osvita.ua/school/42851/>. – 17.09.2014.*
3. *Результати ЗНО [Електронний ресурс] // Електронний журнал Osvita.ua. – К. : Видавництво «Плеяди». – Режим доступу: [http://osvita.ua/test/rez\\_zno/](http://osvita.ua/test/rez_zno/). – 10.12.2014.*
4. *Koedinger, K. 7 Things You Should Know About Intelligent Tutoring Systems [Electronic resource] / K. Koedinger, M. Tanner // EDUCAUSE Learning Initiative, website. – Access mode: <http://www.educause.edu/library/resources/7-things-you-should-know-about-intelligent-tutoring-systems/>. – 9.07.2013.*
5. *Пройдите самые лучшие в мире курсы, онлайн, бесплатно [Электронный ресурс] : Coursera, сайт. – Режим доступа: <https://www.coursera.org/>. – 10.12.2014.*
6. *Interactive online classes and MOOCs from the world's best universities, colleges and organizations [Electronic resource] : edX Inc, website. – Access mode: <https://www.edx.org/>. – 10.12.2014.*
7. *Online courses developed and taught by experts at leading tech companies [Electronic resource] :*

Udacity Inc., website. – Access mode: <https://www.udacity.com/>. – 10.12.2014.

8. Виртуальная лаборатория по физике для школьников [Электронный ресурс] / В. В. Монахов и др. // СПбГУ, сайт. – Режим доступа: <http://distolymp2.spbu.ru/www/lab1108/index.html>. – 10.12.2014.

9. An intelligent homework helper for physics [Electronic resource] : Arizona State University and the University of Pittsburgh, website. – Access mode: <http://www.andestutor.org>. – 10.12.2014.

10. The Andes Physics Tutoring System: Lessons Learned [Text] / K. VanLehn, C. Lynch, K. Schulze and others // International Journal of Artificial Intelligence in Education. – 2005. – № 15(3). – P. 147-204.

11. Обучающая программа "Физика в диалоге с компьютером "PhysCoD" [Электронный ресурс] : АНО Региональный научно-технологический парк "Удмуртия", сайт. – Режим доступа: <http://www.physcod.net>. – 10.12.2014.

12. Physical Sciences [Electronic resource] : Virtual Amrita Laboratories Universalizing Education, website. – Access mode: <http://amrita.vlab.co.in/?sub=1>. – 10.12.2014.

13. VanLehn, K. The Behavior of Tutoring Systems [Text] / K. VanLehn // International Journal of Artificial Intelligence in Education. – 2006. – № 16(3). – P. 227-265.

14. Intelligent tutoring system [Electronic resource] : Wikipedia, the free encyclopedia, website. – Access mode: [http://en.wikipedia.org/wiki/Intelligent\\_tutoring\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Intelligent_tutoring_system). – 22.11.2014.

Поступила в редакцию 9.02.2015, рассмотрена на редколлегии 20.03.2015

## АНАЛІЗ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ

*А. Г. Чухрай, М. О. Шаталова*

Розглянуто найбільш загальні проблеми сучасної середньої освіти в Україні. Проведено аналіз якісних показників успішності підготовки випускників. Розглянуто можливість застосування інтелектуальних навчальних систем в якості додаткових матеріалів для вивчення фізики. Проведено аналіз існуючих навчальних програм з фізики, виявлено їх основні особливості. Виявлено необхідність впровадження додаткових функціональних можливостей до подібних навчальних програм. Запропоновано структуру системи, що включає необхідні елементи, які відсутні у аналогах. Розглянуто подальші перспективи розвитку запропонованої системи.

**Ключові слова:** інтелектуальні навчальні системи, вивчення фізики, комп'ютерні технології в освіті, адаптивне навчання, діагностичні моделі.

## ANALYSIS OF COMPUTER PROGRAMS FOR PHYSICS LEARNING DEVELOPMENT

*A. G. Chukhray, M. O. Shatalova*

General issues of contemporary secondary education in Ukraine considered. Analysis of qualitative indicators of graduate training success conducted. The possibility of using intelligent tutoring systems as additional materials for physics study examined. Analysis of existing training programs in physics performed, their basic features discovered. The necessity of additional functionality implementation for such training programs detected. System structure proposed, which includes the necessary elements that are not available in existing analogues. Future prospects of the proposed system considered.

**Key words:** intellectual training systems, physics learning, computer technologies in education, adaptive teaching, diagnostic models.

**Чухрай Андрей Григорьевич** – д-р техн. наук, доцент, доцент каф. систем управління летательными аппаратами, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: [achukhray@gmail.com](mailto:achukhray@gmail.com).

**Шаталова Мария Олеговна** – аспирант каф. систем управления летательными аппаратами, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: [radeon4650main@gmail.com](mailto:radeon4650main@gmail.com).