

УДК 537.3:378.091.2

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И НАПРАВЛЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПО ФИЗИКЕ В ОБЛАСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**М. О. Первушина,**  
кандидат педагогических наук,  
доцент, доцент кафедры физики  
Санкт-Петербургского государственного  
университета телекоммуникаций  
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича;

**И. А. Небаев,**  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры физики Санкт-  
Петербургского государственного  
университета телекоммуникаций  
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Поступила в редакцию 20.07.17.

Статья посвящена вопросам формирования электронной лаборатории при обучении физике в вузе. Рассматриваются возможности натурального эксперимента и его компьютерной модели. Определяется поиск наиболее эффективных путей решения вопросов, связанных с формированием методических материалов, процессом проведения занятий с помощью электронной лаборатории. Приводятся примеры компьютерных установок, обработки и представления результатов измерений. Описывается процедура диагностики знаний для выполнения определенных учебных действий, выделяются преимущества компьютерного тестирования.

*Ключевые слова:* электронная форма обучения, компьютерные имитационные программные установки, профессиональное образование, тестирование, учебное пособие.

The article is devoted to the peculiarities of teaching physics in the field of vocational education in the implementation of electronic laboratory practice. The analysis for the process of transition from full-scale experiment to its computer model is given. The most effective ways of solving issues related to the formation of methodological materials for organizing and conducting classes using an electronic laboratory are determined. Some useful examples of computer simulation programs, possibilities of testing processing and presentation of measurement results are indicated.

*Keywords:* electronic laboratory practice, e-learning, vocational education, methodological materials, inter-scientific relations.

**Проблемы физического лабораторного практикума.** Анализ ряда научно-педагогических публикаций последних лет [1–4] позволяет выявить устойчивую тенденцию роста внимания в образовании к вопросам реализации учебного процесса по физике, основанного на смене традиционных опытных установок на электронные имплементации лабораторных практикумов. Процесс замещения, частичного или полного, традиционных физических лабораторных установок высокоуровневыми компьютерными моделями, по своей сути, основывается

UDC 537.3:378.091.2

**FEATURES OF FORMATION AND DIRECTION OF IMPLEMENTATION OF THE ELECTRONIC LABORATORY OF PHYSICS IN THE SPHERE OF PROFESSIONAL EDUCATION**

**M. Pervushina,**  
PhD, Associated professor,  
Saint-Petersburg  
state university  
of telecommunication,  
Russian Federation;

**I. Nebaev,**  
Associated professor,  
Saint-Petersburg  
state university  
of telecommunication,  
Russian Federation

Received on 20.07.17.

на нескольких предпосылках. В первую очередь, следует отметить постиндустриальный характер этого процесса, то есть совершенствование технологий обучения за счет взаимного проникновения средств вычислительной техники и методов фундаментальной науки. Этот фактор проявляется во многих областях техники и современной науки, но по своей специфике получил особый потенциал роста и интеграции в профессиональных образовательных учреждениях технического направления подготовки, где при обучении теория и реальный эксперимент

неразделимы по своей сути. Наблюдаемый процесс замещения традиционных физических лабораторных установок компьютерными аналогами содержит ряд глубоких предпосылок, имеющих негативную окраску в образовании, к которым следует отнести:

- амортизацию аппаратных установок, ее моральный и физический износ;
- проблемы материального и кадрового обеспечения лаборатории;
- временной регламент при проведении занятий и количественное несоответствие в соотношении преподаватель – студент;
- сокращение доли аудиторных занятий и увеличение доли самостоятельной работы студентов.

Однако следует отметить, что наряду с указанными негативными факторами существуют и положительные предпосылки, среди которых наиболее значительной с практической точки зрения является накопленный на данный момент многими вузами [4; 5] опыт применения электронных работ в дистанционном обучении на основе заочной формы.

**Основные задачи процесса перехода на электронную форму лабораторных занятий.** Естественно, что практика работы в электронно-дистанционном формате требует переосмысления и адаптации методики электронного обучения в очной форме. Причем этот процесс заключается не только в разработке программно-аппаратных средств компьютерного обеспечения учебных лабораторий физики, но и целого комплекса учебно-методических материалов, нацеленных на реализацию электронной формы обучения. В связи с этим, можно сформулировать две основные задачи, возникающие в процессе перехода от традиционной физической лаборатории к ее компьютерному модельному аналогу:

- реализовать компьютерные имитационные программные установки (так называемое физическое программное обеспечение, модель);
- создать комплекс учебно-методических и контрольно-измерительных материалов для единой модели образования в электронном формате.

При поверхностном рассмотрении первая задача, а именно реализация компьютерных имитационных программных установок (моделей), является чисто технической. Однако такое предположение отчасти ошибочно. Во-первых, любой комплекс работ должен обладать технической и логической завершенностью, то есть создавать ощущение реальности физического эксперимента

(при выполнении его в рамках компьютерной программы). Во-вторых, необходимо обеспечить возможность сквозного выполнения работ в электронной форме по всему изучаемому разделу. Это значит, что при разработке программных реализаций лабораторных установок следует учесть, по крайней мере, два фактора:

- унификацию средств интерфейса программной установки;
- наследственность функций натуральных лабораторных установок в имитационных моделях.

Очевидно, что достаточно сложная программная модель демонстрируемого физического процесса должна иметь доступную и эргономичную форму представления, иными словами, иметь дружественный к процессу обучения интерфейс, сосредоточенный в первую очередь на физической сути эксперимента, а не особенностях его реализации в компьютерной форме. Добиться интуитивности управления, как уже было отмечено ранее, можно за счет унификации программной оболочки в рамках изучаемого раздела. Таким образом, взаимодействие с каждой лабораторной программной установкой должно выполняться через набор стандартных графических элементов («виджетов»), привычных для пользователя персонального компьютера. В свою очередь, функциональные особенности программных установок должны основываться на натурном аппаратном аналоге и учитывать, например, такие важные физические параметры приборов, как пределы измерений, чувствительность и пр. Сугубо техническим и при этом немаловажным свойством программных установок может служить модульность программных элементов и их переносимость на доступные программно-аппаратные средства (ПК, мобильные устройства, различные операционные системы).

В качестве примера реализации программного обеспечения, основанного на описанном выше подходе, можно привести комплекс электронных лабораторных работ по физике, разрабатываемых на кафедре физики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича<sup>1</sup>. На рисунке 1 продемонстрирован вид интерфейса одной из программных установок<sup>2</sup> комплекса лабораторных работ по разделу «Электромагнетизм».

<sup>1</sup> <http://physics.sut.ru>

<sup>2</sup> Программы комплекса зарегистрированы в едином реестре программного обеспечения для ЭВМ РФ с получением сертификата регистрации.

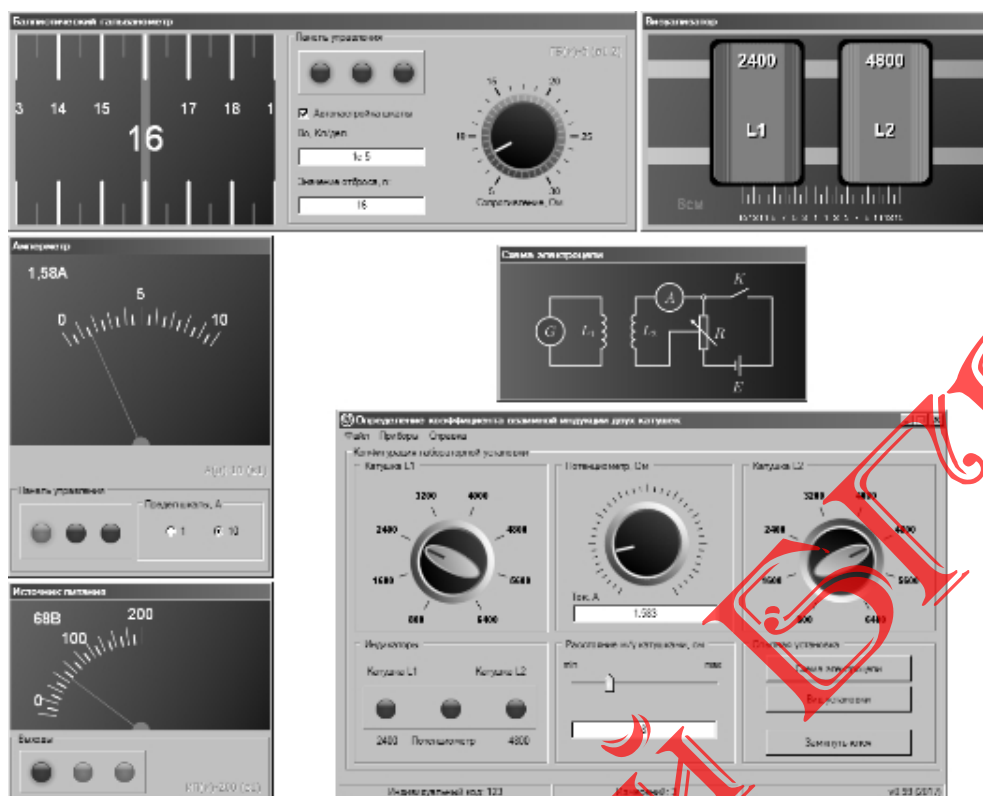


Рисунок 1 – Интерфейс программной установки комплекса лабораторных работ по электромагнетизму «Исследование коэффициента взаимной индукции двух катушек баллистическим методом»

По внешнему виду интерфейса видно, что приборные элементы представленной лабораторной работы (амперметр, баллистический гальванометр, катушки, источник питания) основываются на имитационных моделях, построенных на базе натуральных аппаратных аналогов. Согласно указанному ранее принципу построения физической программной установки, в имитируемых приборах доступна регулировка значительного количества параметров натуральных установок. Например, для амперметра – силы тока и предела шкалы, для гальванометра – внутреннего сопротивления и баллистической постоянной, для катушек – число витков в широком диапазоне значений и т. д. Следует особенно отметить, что интерфейс электронной установки (рисунок 1) базируется на программной комбинации элементов традиционного управления установкой (например, ручки регулировки, тумблеры, утапливаемые кнопки и т. д.) и базовых элементов управления окнами, доступных в распространенных операционных системах.

Каждая следующая модель лабораторного цикла наследует базовые элементы управления и реализации приборов целиком, что позволяет на практике сократить

время, затрачиваемое на изучение особенностей функционирования реального аппаратного макета, и быстрее приступить к изучению физической сути исследуемого явления. Существуют и другие примеры разработки электронных практикумов по физике [6], реализующих в той или иной мере приведенный выше инструментарий и предназначенных для различных целей.

Как уже было отмечено ранее, демонстрируемый электронный лабораторный комплекс представляет собой аппаратно-программное решение. Очевидно, что программное обеспечение, общая концепция вида которого изображена на рисунке 1, составляют в основном имитационные модели различных лабораторных приборов. Аппаратная же часть комплекса основывается на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi, изображенного на рисунке 2 (в данной версии электронного комплекса – Raspberry Pi ver.3 B). Выбор подобного «учебного» микрокомпьютера обусловлен различными техническими и экономическими соображениями. Однако одной из основных причин применения данной аппаратной платформы является ее портативность, позволяющая реализовать идею мобильной электронной



лаборатории физики, обеспечивающая возможность проведения лабораторно-демонстрационных мероприятий практически в любой аудитории. По мнению авторов,

данное свойство является одним из наиболее эффективных преимуществ электронных физических лабораторных работ над традиционными установками.

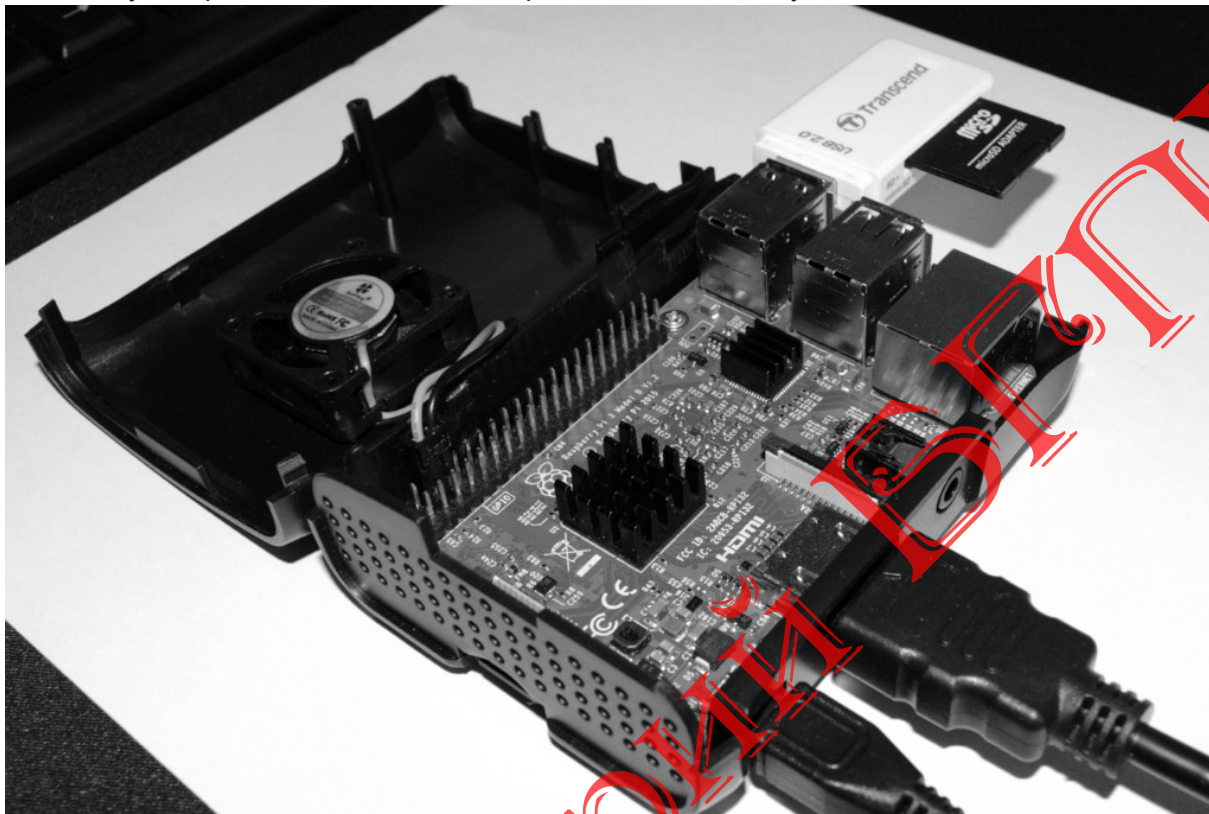


Рисунок 2 – Аппаратное обеспечение комплекса электронных работ по физике

**Методическое сопровождение электронного лабораторного практикума по физике.** Вернемся к анализу решения второй задачи – создание учебно-методических и контрольно-измерительных материалов. Разработка таких материалов для электронного формата лабораторного практикума представляет собой важную образовательную задачу, решение которой осуществляется в рамках междисциплинарных направлений педагогики, физики, информатики и техники.

Основываясь на ряде исследований, проведенных по разработке методических материалов [7, 8], и личном опыте авторов, перечень элементов пособия для сопровождения электронной формы лабораторного практикума может содержать следующее:

- описание программной имитационной установки;
- теоретическое описание физического явления или процесса;
- описание натурального лабораторного оборудования и его компьютерного аналога;
- банк вариантов индивидуальных заданий;

- пример теста для допуска к выполнению работы;
- форма отчета;
- информационно-справочные материалы (таблицы, графики, диаграммы);
- список литературы, ссылки на интернет-ресурсы.

Обратим особое внимание на пункты, касающиеся организации процесса самостоятельной работы обучающихся. Это, в первую очередь, подготовка к прохождению теста для допуска к лабораторной работе и формирование отчета по результатам измерений.

Основная цель тестирования – это проверка знаний, необходимых для выполнения конкретной лабораторной работы по изучаемому разделу физики. Очевидно, что для проведения данной процедуры необходимо наличие:

- теста (задания, вопросов);
- эталона (образец выполнения);
- оценки выполненной работы [8].

Рассмотрим пример теста и его оценки на базе продемонстрированной ранее элек-

тронной лабораторной работы по разделу «Электромагнетизм». Для начала поясним структуру теста, который построен соответственно:

- содержанию описания работы (вопросы, отнесенные к определению, единицам измерения и расчету физических величин);
  - методике измерения и обработке результатов измерения физических величин.
- От студента выполнение теста требует узнавания (опознания) ранее изученного материала, поэтому он прост по конструкции и требованию:

### Тест (задания)

#### 1. Силовая характеристика магнитного поля – это:

- A. Вектор момента силы;
- B. Вектор плотности потока;
- C. Вектор момента импульса;
- D. Вектор магнитной индукции.

#### 2. Единица измерения силовой характеристики магнитного поля:

- A. Вебер;
- B. Джоуль;
- C. Тесла;
- D. Кулон.

#### 3. Элементарный магнитный поток определяется по формуле:

- A.  $d\Phi = \vec{B} \cdot \vec{n} dS$ ;
- B.  $\Phi = \int B_n dS$ ;
- C.  $d\Phi = B dS \cos \alpha$ ;
- D.  $\Phi = B S \cos \alpha$ .
- ...
- и т. д.

### Эталон (правильные ответы):

- 1 – D;
- 2 – C;
- 3 – A, C, ...
- и т. д.

**Оценка знаний (подготовленности к выполнению работы).** Согласно цели тестирования оценку результата можно произвести на основе коэффициента готовности  $K$  следующим образом (таблица 1).

**Таблица 1 – Оценка готовности к выполнению работы**

$K = n/N$	Допуск к работе (есть/нет)	Алгоритм действия студента в зависимости от результата тестирования (подготовленности к работе)
$K < 0,9$	нет	возврат к лекциям и описанию работы
$K = 0,9$	есть	переход к измерениям согласно варианту работы
$K = 1$	есть	переход к измерениям согласно варианту работы

Примечание:  $K$  – коэффициент готовности к выполнению работы,  $n$  – число правильных ответов;  $N$  – общее число вопросов теста.

Одной из важнейших особенностей процесса тестирования в рамках электронных лабораторных работ является возможность встраивания подпрограммы тестирования в основную (физическую) электронную лабораторную установку. Это позволяет, в отличие от традиционной формы лабораторного практикума (опрос-допуск), добиться ряда преимуществ:

- осуществить индивидуализацию обучения за счет непрерывного перехода от опроса к исследованию;
- оптимизировать временные затраты на работу с группой студентов в целом за счет автоматизации оценки знаний и измерений;
- обеспечить для учащегося возможность работы с ограниченным по объему и конкретным по содержанию лекционным (теоретическим) материалом, в том числе в электронной форме;
- вывести фактор формальной («на глаз») оценки преподавателем уровня подготовленности учащегося к работе.

Рассматривая реализацию процесса тестирования в рамках электронного практикума по физике, следует обратить особое внимание на то, что тестирование, как технология контроля знаний и самоподготовки, стало неотъемлемой составляющей всех современных учебных программ и планов, в особенности в технических вузах, где этому процессу уделяется значительное время. Однако реализация как технических, так и методологических способов тестирования и его проведения существенно различается, что, безусловно, не является достоинством системы образования в целом. В связи

с этим интеграция процесса тестирования и электронного практикума выглядит вполне естественно, поскольку позволяет сформировать единый контрольно-измерительный комплекс, сочетающий в себе теоретическую и практическую части, исполняемые в реальном масштабе времени.

Вернемся ко второму вопросу – формированию отчета по результатам измерений. Подготовка единого шаблона отчетности является важной задачей обучения, поскольку способствует рационализации и систематизации самостоятельной работы. Добиться этого возможно различными способами [7]. Однако последовательное применение единой системы измерения и обработки результатов эксперимента позволяет не только стандартизировать отчетные документы, но и сформировать навык их грамотного оформления. По мнению авторов, наиболее эффективным решением данного вопроса является разработка шаблона с применением различных форм представления данных, полученных в результате физического эксперимента, например, построение различных графиков зависимостей в системах компьютерной математики (Maxima, MathCAD, Wolfram Mathematica и т. д.), формирование

таблиц измерений и расчетов и т. д. В качестве примера на рисунке 3 продемонстрировано построение графика зависимости взаимной индуктивности ( $M$ ) от расстояния между катушками ( $x$ ), выполненный с помощью математического пакета ПО MathCAD, на основе обработки данных электронной лабораторной работы «Исследование коэффициента взаимной индукции двух катушек баллистическим методом», разработанной авторами в рамках курса электронных работ по разделу «Электromагнетизм».

Комплекс программного обеспечения, в рамках которого осуществляются измерения, в полной степени поддерживает процесс индивидуализации обучения за счет нескольких механизмов. Помимо расширенной базы индивидуальных заданий и встроенной системы блитц-тестирования (описанной выше), представленное программное обеспечение поддерживает процедуры рандомизации измерений на основе учета случайной погрешности. Таким образом, обеспечивается свойство нереентерабельности полученных измерений, то есть невозможность умышленного копирования или повторного получения одинаковых измерений разными пользователями.

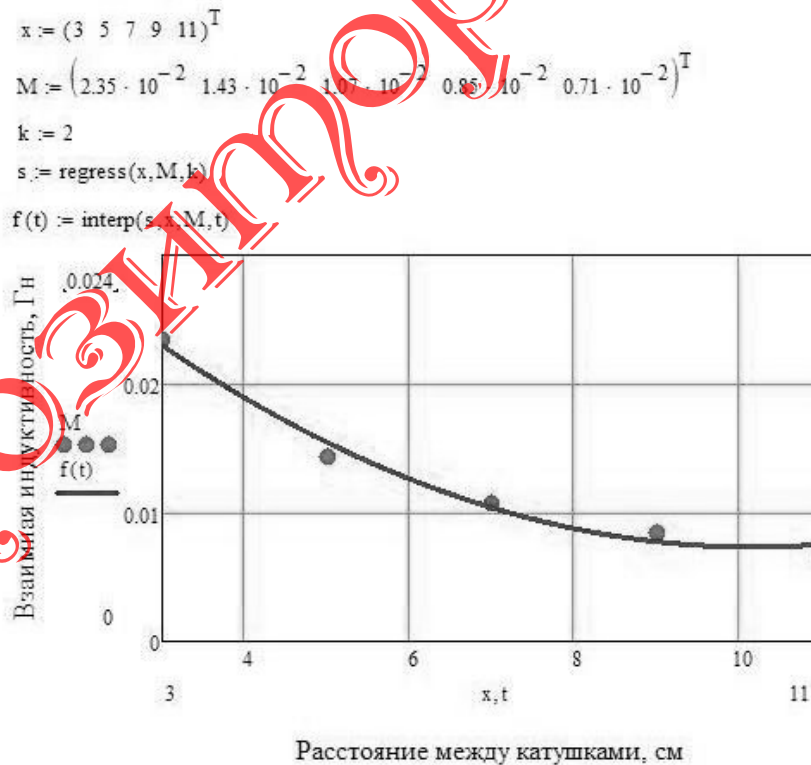


Рисунок 3 – Пример построения графика по экспериментальным данным (ПО MathCAD) в отчете лабораторной работы



Экспериментальные данные, взаимная индуктивность ( $M$ ) и расстояние между катушками ( $x$ ) представлены в виде матрицы и точек на координатной плоскости, а также с помощью кривой, усредняющей результаты измерений (рисунок 3). Полиномиальная регрессия в MathCAD позволяет реализовать построение кривой. При этом  $k$  – степень полинома;  $\text{regress}(x, M, k)$  – вектор коэффициентов для построения полиномиальной регрессии данных;  $f(t)$  – функция, которой осуществляется приближение данных ( $x, M$ );  $t$  – значение аргумента полинома регрессии.

**Заключение.** По мнению авторов, со временем лабораторный практикум по физи-

ке перейдет на электронную форму. Данный путь развития учебных лабораторий физики представляет собой эволюционное движение, которое требует решения новых задач, не исследованных ранее в силу отсутствия или слабого проникновения средств вычислительной техники в образовательный процесс физики. Очевидно, что, несмотря на накопленный опыт работы в различных областях дистанционного обучения, прикладных аспектах применения компьютерного обучения, перед современным преподавателем физики открывается широкая перспектива использования интеллектуального инструмента в преподавании.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Мединцева, И. П.* Компетентностный подход в образовании / И. П. Мединцева // Педагогическое мастерство: материалы 2-й междунар. науч. конф., Москва, дек. 2012. – М.: Буки-Веди, 2012. – 276 с.
2. *Разова, Е. В.* Повышение качества обучения посредством интеграции учебных предметов / Е. В. Разова, Н. А. Бушмелева [Электронный ресурс] // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – Т. 6. – С. 46–50. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2015/65210.html>.
3. *Сироткин, Г. В.* Изменение формы представления лекционного материала – путь к повышению качества образования вуза / Г. В. Сироткин // Личность, семья и общество: вопросы педагогики и психологии: сб. ст. по матер. XXXVII междунар. науч.-практ. конф. – № 2 (37). – Новосибирск: СибАК, 2014.
4. *Mayoka, K. G.* How can e-learning integration be realized? An exploratory study in Higher Education Institutions / K. G. Mayoka // Asian Journal of Computer Science And Information Technology. – 2014. – Vol. 4, No. 5. – P. 162–170.
5. *Вознесенская, Е. В.* Дистанционное обучение – история развития и современные тенденции в образовательном пространстве / Е. В. Вознесенская // Наука и школа. – 2017. – № 1.
6. *Гринкруг, М. С.* Лабораторный практикум по физике / М. С. Гринкруг, Е. И. Титоренко // Современные проблемы науки и образования – 2009. – № 1.
7. *Современные проблемы истории образования и педагогической науки: моногр. сб. : в. 3 т. / под ред. чл.-кор. РАО З. И. Равкина. – Т. 1. – М., 1994. – 186 с.*
8. *Беспалько, В. П.* Слагаемые педагогической технологии / В. П. Беспалько. – М.: Педагогика, 1989. – 192 с.

#### REFERENCES

1. *Medintseva, I. P.* Kompetentnostnyy podkhod v obrazovanii / I. P. Medintseva // Pedagogicheskoye masterstvo: materialy 2-y mezhhdunar. nauch. konf., Moskva, dek. 2012. – M.: Buki-Vedi, 2012. – 276 s.
2. *Razova, Ye. V.* Povysheniye kachestva obucheniya cherez integratsiyu uchebnykh predmetov / Ye. V. Razova, N. A. Bushmelyova [Elektronnyy resurs] // Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal «Konsept». – 2015. – T. 6. – S. 46–50. – Rezhim dostupa: <http://e-koncept.ru/2015/65210.html>.
3. *Sirotkin, G. V.* Izmeneniye formy predstavleniya lektzionnogo materiala – put k povysheniyu kachestva obrazovaniya vuza / G. V. Sirotkin // Lichnost, semya i obshchestvo: voprosy pedagogiki i psikhologii: sb. st. po mater. XXXVII mezhhdunar. nauch.-prakt. konf. – № 2 (37). – Novosibirsk: SibAK, 2014.
4. *Mayoka K. G.* How can e-learning integration be realized? An exploratory study in Higher Education Institutions // Asian Journal of Computer Science And Information Technology. – 2014. – Vol.4, No. 5. – P. 162–170.
5. *Voznesenskaya, Ye. V.* Distantcionnoye obucheniye – istoriya razvitiya i sovremennyye tendentsii v obrazovatelnom prostranstve / Ye. V. Voznesenskaya // Nauka i shkola. – 2017. – № 1.
6. *Grinkrug, M. S.* Laboratornyy praktikum po fizike / M. S. Grinkrug, Ye. I. Titorenko // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya – 2009. – № 1.
7. *Sovremennyye problemy istorii obrazovaniya i pedagogicheskoy nauki: monogr. sb. : v. 3 t. / Pod red. chl.-kor. RAO Z. I. Ravkina. – T. 1. – M., 1994. – 186 s.*
8. *Bespalko, V. P.* Slagayemyye pedagogicheskoye tekhnologii / V. P. Bespalko. – M.: Pedagogika, 1989. – 192 s.