

С.Н. Блинов, Т.Н. Иванилова, О.А. Кудрявцева

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
г. Красноярск, Россия

ОБУЧАЮЩАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА «ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО КУРСУ «ФИЗИКА» ДЛЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ»

Представлена обучающая компьютерная программа, с помощью которой можно осуществлять проведение лабораторных работ по физике на виртуальных лабораторных установках по пяти направлениям: электричество и магнетизм, механика, молекулярная физика, колебания и волны, физика твердого тела. На примере одной лабораторной работы показан принцип выполнения всех лабораторных работ. Выявлены преимущества представленной компьютерной программы «Виртуальные лабораторные работы по курсу «Физика» для студентов технических специальностей».

Ключевые слова: виртуальные лабораторные работы, дистанционное обучение, виртуальные лабораторные установки, шифрование протокола выполнения.

В современном образовании компьютерные обучающие программы, электронные учебники, программно-методические материалы, электронные лектории, лабораторные компьютерные практикумы – это компьютеризированные учебно-методические комплексы, которые по своему содержанию и структуре представляют собой многоуровневый учебно-образовательный материал, позволяющий формировать у обучаемых интегрированные знания, умения и навыки.

В Сибирском государственном университете науки и технологий им. М.Ф. Решетнева (далее – СибГУ) дистанционное обучение является перспективной формой обучения. Она наиболее востребована при заочном и очно-заочном обучении студентов, а также дополняет очную форму обучения. С каждым годом количество направлений обучения, использующих дистанционные технологии, увеличивается.

В образовательном процессе любого технического вуза физика является одной из приоритетных базовых дисциплин. Знание физических явлений, фундаментальных законов, объясняющих эти явления, создает не только фундаментальную базу для освоения в дальнейшем дисциплин прикладного характера, но и формирует у будущих инженеров умение мыслить. В последние годы с развитием информационных технологий возникла необходимость внедрения современных технологий в процесс обучения [1. С. 1].

Зачастую вуз не имеет достаточного количества лабораторных установок для проведения лабораторных занятий по физике, лабораторные установки часто выходят из строя в силу их физического износа. Также возникает проблема обучения студентов заочной и очно-заочной форм обучения, так как студенты этих форм обучения не могут присутствовать очно на всех лабораторных занятиях и не могут проводить физические эксперименты самостоятельно. Без возможности самостоятельного экспериментирования студенты не получают должных физических знаний и практического опыта, а их представление о физике остается на уровне теории, так как они лишены возможности проверить теоретические физические законы на практике. В данных обстоятельствах виртуальные лабораторные работы по физике будут являться хорошей заменой реальным лабораторным установкам и позволят студентам получить должный практический опыт проверки теоретических законов физики и сформировать полноценную физическую картину мира.

В настоящее время разработано большое количество обучающих компьютерных программ по физике, в том числе «Виртуальные лабораторные работы», многие из которых выставлены в сети Интернет в бесплатном доступе. Рассмотрим некоторые из них.

Рассмотрим программу «Измерение удельного сопротивления проводника», разработанную на



Рис. 1. Лабораторная работа «Измерение удельного сопротивления проводника» (mediadidaktika.ru)

кафедры общей и теоретической физики естественнонаучного факультета Стерлитамакского филиала Башкирского государственного университета [2]. Данная программа выставлена на сайте mediadidaktika.ru, ее внешний вид показан на рис. 1.

Данная лабораторная работа использует Adobe Flash Player в качестве среды выполнения. Пользовательский интерфейс состоит из

одной-единственной формы, где отображены сама лабораторная установка и опытная часть работы. Порядок выполнения лабораторной работы и методические указания не доступны пользователю непосредственно в данной программе, они расположены на сайте mediadidaktika.ru. Также в данной программе не осуществляется проверка и не обеспечены сохранение и передача полученных результатов опытов преподавателю. Рассмотренная лабораторная работа обладает основными недостатками – имеет непонятный пользовательский интерфейс, небольшое количество испытываемых материалов проводника, нет возможности взаимодействия студента с преподавателем.

Рассмотрим еще одну программу с лабораторной работой по этой же теме «Измерение удельного сопротивления проводника», выставленную на сайте distolymp2.spbu.ru/www/lab_dhtml, разработанную на кафедре вычислительной физики физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета [3]. Внешний вид данной программы показан на рис. 2.

Данная лабораторная работа выполняется непосредственно из браузера MS Internet Explorer версии не выше 10. Для входа и ее выполнения необходимо разрешить браузеру выполнять сценарии JavaScript. В данной программе не осу-

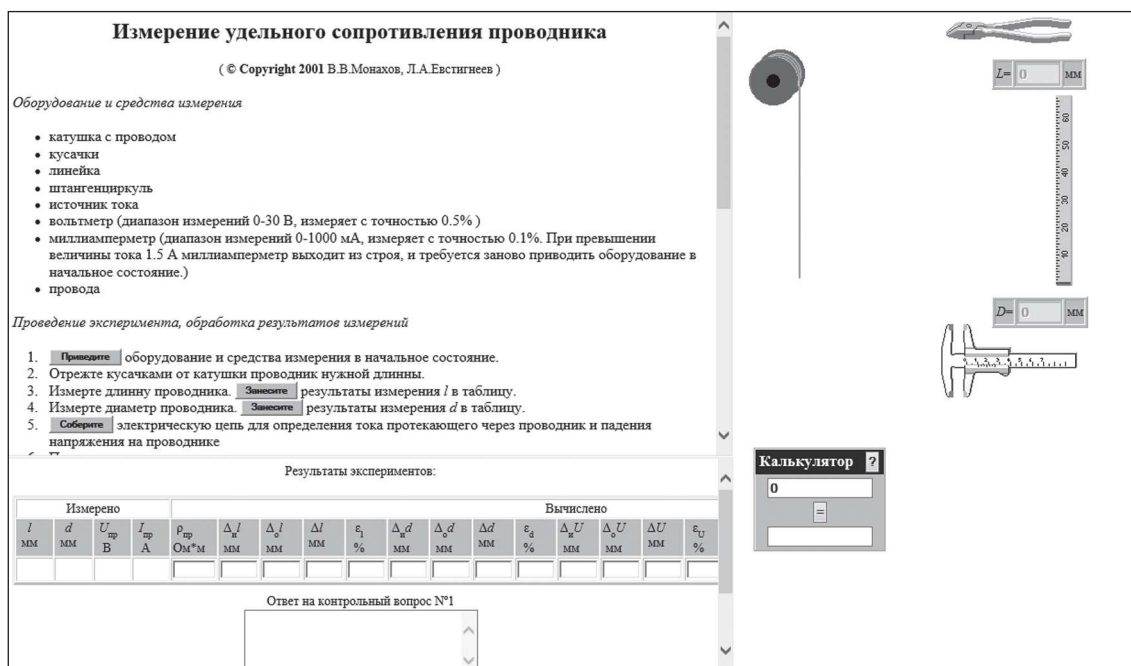


Рис. 2. Лабораторная работа «Измерение удельного сопротивления проводника» (distolymp2.spbu.ru)

проводится проверка полученных результатов, однако в ней обеспечены сохранение и передача полученных результатов опытов преподавателю. По сравнению с предыдущей программой имеет более удобный пользовательский интерфейс, также в ней доступен порядок выполнения лабораторной работы. Но в отличие от предыдущей перед выполнением работы требуется самостоятельно собрать лабораторную установку из представленных элементов.

Таким образом, можно сделать вывод, что представленные программы отличаются вариативностью пользовательского интерфейса и степенью его интерактивности, средой выполнения и наличием возможности передачи полученных результатов опытов преподавателю, каждая из которых имеет свои плюсы и минусы.

В данной статье вниманию представлена обучающая компьютерная программа «Виртуальные лабораторные работы по курсу «Физика» для студентов технических специальностей», которая разработана в СибГУ [4–5] с учетом всех выявленных преимуществ и недостатков. Данная программа предназначена для проведения лабораторных работ по физике на виртуальных лабораторных установках по следующим направлениям:

1. Электричество и магнетизм.
2. Механика.
3. Молекулярная физика.
4. Колебания и волны.
5. Физика твердого тела.

Раздел «Электричество и магнетизм» состоит из следующих лабораторных работ:

1. Проверка закона Ома и изучение зависимостей сопротивления от параметров проводника.
2. Измерение емкости конденсаторов при помощи мостиковой схемы на переменном токе.
3. Определение электрического сопротивления методом Уитстона (уравновешенного мостика).
4. Определение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли.

Раздел «Механика» представлен лабораторными работами «Определение ускорения свободного падения при помощи машины Атвуда», «Определение скорости пули при помощи баллистического маятника».

Раздел «Молекулярная физика» представлен лабораторной работой «Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и объеме».

Раздел «Колебания и волны» представлен лабораторной работой «Изучение принципа действия лазера и оценка параметров лазерного излучения».

Раздел «Физика твердого тела» представлен лабораторной работой «Изучение температурной зависимости сопротивления металлов и полупроводников».

Программа может использоваться студентами технических вузов очной, очно-заочной и заочной форм обучения. Все лабораторные работы содержат подробные методические материалы и инструкции по их выполнению. Поскольку виртуальная лабораторная работа является моделью реальной лабораторной работы, ее выполнение осуществляется в том же порядке, что и реальная. Студенты должны ознакомиться с теорией, затем по инструкции выполнить лабораторную работу непосредственно на виртуальной лабораторной установке. Представленные в данной программе виртуальные лабораторные установки повторяют реальные физические установки для проведения лабораторных работ.

Для создания эффективного пользовательского интерфейса в данной обучающей компьютерной программе разработана система, состоящая из четырех экранных форм: лабораторная установка, опытная часть, результаты опытов, порядок выполнения работы и методические указания. Навигация между формами осуществляется последовательно с помощью функциональных кнопок, активизирующихся по мере прохождения той или иной формы лабораторной работы. Кнопки расположены в том порядке, который необходим для корректного выполнения лабораторной работы. На экранной форме «Порядок выполнения работы и методические указания» находятся методические указания к выполнению лабораторной работы. В них указаны цель и порядок выполнения работы, необходимые теоретические сведения и формулы для расчетов. На форме «Лабораторная установка» представлена интерактивная лабораторная установка, взаимодействие с которой осуществляется с помощью мыши или с помощью специальных кнопок, расположенных в форме «Опытная часть», которая является основной. На ней присутствуют необходимые для проведения опыта инструменты и оборудование, поля для занесения результатов проведенных опытов, проверка полученных экспериментальных данных,

расчет допущенных погрешностей, переход к новому опыту. После проведения пяти опытных экспериментов осуществляется сохранение протокола в файле формата XLS с использованием алгоритма шифрования DES. Протокол не может быть изменен вручную и подлежит открытию только через данную программу для проверки преподавателем. Он содержит информацию о студенте, выполнявшем лабораторную работу, дату и время ее выполнения, результаты проведенных измерений и количество допущенных студентом ошибок в процессе выполнения лабораторной работы.

Для реализации данной программы была использована среда разработки «Microsoft Visual Studio 2017 Express», а также использован язык программирования C++/CLI. Требования к операционной системе: Windows XP SP3 с .NET Framework 4.6.2 и выше.

При входе в программу пользователь указывает свои идентификационные данные: ФИО и номер группы (рис. 3). По нажатии кнопки «Начать» осуществляется запуск главного модуля программы. Через данное окно программы пользователю также предоставлена возможность открытия для чтения ранее сохраненного протокола работы.

Все лабораторные работы запускаются через единый главный модуль, имеющий интуитивно понятный пользователю интерфейс, выбором со-

Рис. 3. Окно входа в программу

ответствующей иконки. Внешний вид главного модуля показан на рис. 4.

После выбора любой из представленных лабораторных работ запускается соответствующий модуль программы.

Пользовательский интерфейс и ход выполнения у всех лабораторных работ одинаковый:

- 1) ввод значений входных параметров (блок «Лабораторная установка»);
- 2) проведение 5 опытов (блок «Опытная часть») с автоматической проверкой результатов и подсчетом количества допущенных ошибок;

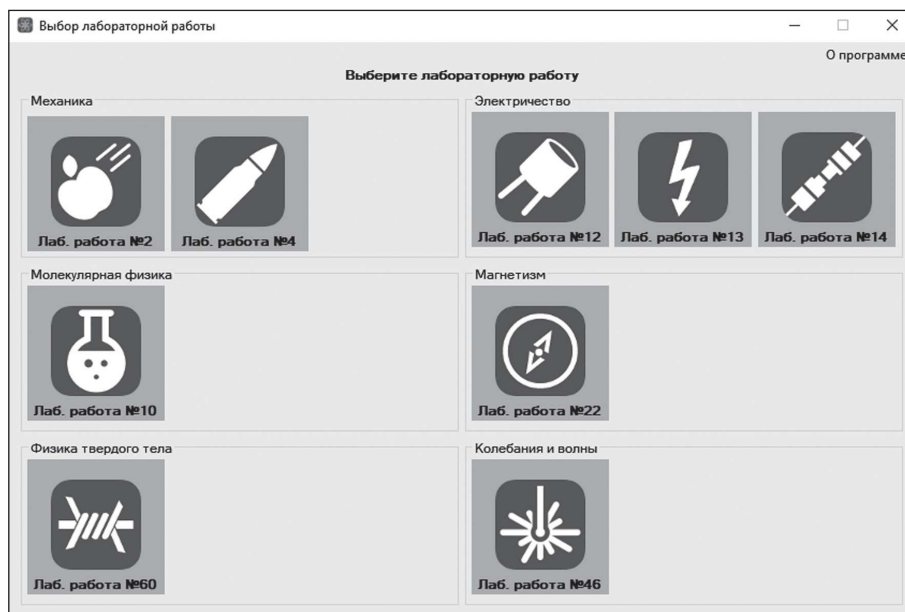


Рис. 4. Окно выбора лабораторной работы

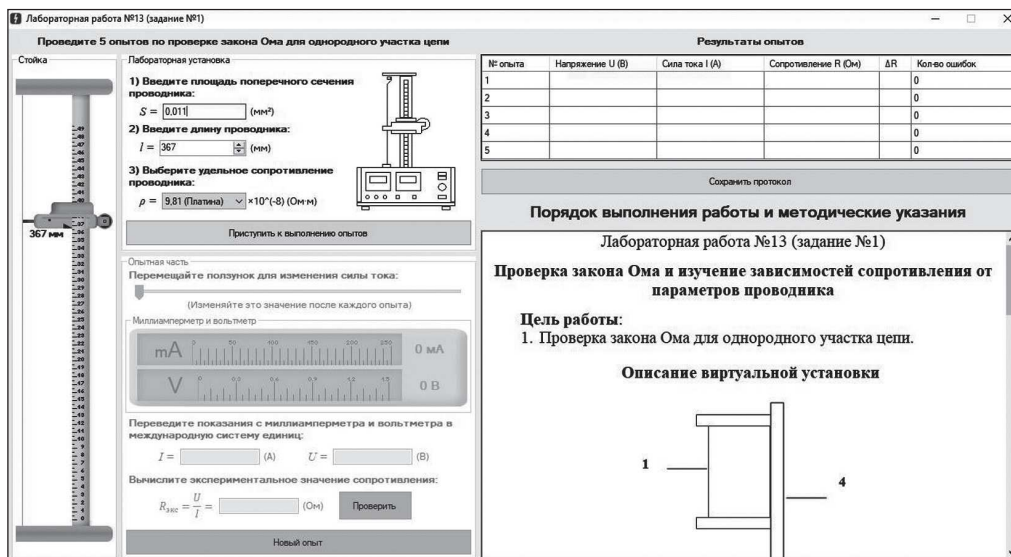


Рис. 5. Лабораторная работа «Проверка закона Ома и изучение зависимостей сопротивления от параметров проводника»

3) сохранение полученных опытных результатов в зашифрованной таблице Excel;

4) передача полученных результатов на сервер дистанционного обучения вуза для проверки преподавателем.

Рассмотрим подробнее лабораторную работу «Проверка закона Ома и изучение зависимостей сопротивления от параметров проводника» из раздела «Электричество и магнетизм», внешний вид которой показан на рис. 5.

Данная лабораторная работа состоит из 4 заданий:

1. Проверка закона Ома для однородного участка цепи.

2. Изучение зависимости сопротивления от длины проводника.

3. Изучение зависимости сопротивления от площади поперечного сечения проводника.

4. Изучение зависимости активного сопротивления от удельного сопротивления проводника.

Рассмотрим порядок выполнения первого задания данной лабораторной работы «Проверка закона Ома для однородного участка цепи»:

1. Вводится площадь поперечного сечения проводника в диапазоне от 0,01 до 100 мм².

2. Вводится длина проводника в диапазоне от 5 до 500 мм. Длину проводника также можно установить перемещением подвижного прижимного контакта на стойке.

3. Выбирается удельное сопротивление проводника из списка допустимых значений.

4. Переход к выполнению опытов осуществляется нажатием на кнопку «Приступить к выполнению опытов». Количество опытных экспериментов должно быть выполнено не менее пяти.

5. Задается значение силы I тока, перемещая ползунок. При этом падение напряжения U и сила тока I отображаются рядом со шкалой вольтметра и миллиамперметра.

6. Полученные значения миллиамперметра (I) и вольтметра (U) необходимо перевести в международную систему единиц.

7. Полученные величины напряжения U и силы тока I вводятся в соответствующие поля.

8. Необходимо вычислить сопротивление R исследуемого участка проводника по формуле

$$R = U / I.$$

9. Полученное значение сопротивления R записывается в соответствующее поле с точностью до 3 знаков после запятой.

10. Запуск автоматической проверки полученных результатов осуществляется нажатием кнопки «Проверить»:

– если рассчитанное значение R имеет допустимую погрешность, то результат автоматически занесется в таблицу результатов;

– если рассчитанное значение R имеет большую погрешность, то в таблице результатов фиксируется ошибка. Опыт нужно повторить.

11. Для перехода к новому опыту необходимо нажать на кнопку «Новый опыт».

ФИО	Группа	Лабораторная работа №13 (задание №1)			
Иванов Иван Иванович	23-б				
№ опыта	Напряжение U (В)	Сила тока I (А)	Сопротивление R (Ом)	ΔR	Кол-во ошибок
1	0,640	0,196	3,260	-0,005	0
2	0,320	0,099	3,230	-0,002	0
3	0,420	0,128	3,281	0,000	0
4	0,570	0,173	3,290	-0,005	0
5	0,560	0,172	3,250	-0,006	1
$S = 0,011 \text{ (мм}^2\text{)}$			$R_{\text{ср}} = 3,262 \text{ (Ом)}$		
$l = 367 \text{ (мм)}$				Дата:	2019-01-26 22:26:10
$\rho = 9,81 \text{ (Платина)} \times 10^{-8} \text{ (Ом}\cdot\text{м)}$					

Рис. 6. Протокол выполненной лабораторной работы

12. Повторить пункты 5–10 еще четыре раза.

13. Сохранить протокол и загрузить его на сервер дистанционного обучения вуза для проверки преподавателем.

Все остальные задания данной лабораторной работы выполняются аналогично на этой же виртуальной установке, меняются только входные параметры и опытная часть. Алгоритм выполнения для каждого задания лабораторной работы отображается на экране в блоке «Порядок выполнения работы и методические указания». Пример сохраненного протокола показан на рис. 6.

Представленные «Виртуальные лабораторные работы по курсу «Физика» для студентов технических специальностей» дают студентам возможность получить должный практический опыт проверки теоретических законов физики и сформировать у них полноценную физическую картину мира в случае невозможности выполнения опытов на реальных физических установках. Данная обучающая компьютерная программа встроена в курс «Физика», размещенный на сервере дистанционного обучения СибГУ, используется на лабораторных занятиях, обучающихся по направлению 09.03.01 (02,04), 15.03.04, имеет положительные отзывы как студентов, так и преподавателей университета, передана на регистрацию в Федеральный институт промышленной собственности.

На выполнение лабораторных работ на обычных физических установках обучающиеся тратят в среднем 1–1,5 ч, а с использованием программы «Виртуальные лабораторные работы по курсу «Физика» для студентов технических специальностей» время на выполнение сокращается

в два-три раза. Анализ полученных результатов тестовых заданий дистанционного курса по физике показал, что на проведение контрольных мероприятий использование виртуальных лабораторных работ не повлияло. Таким образом, виртуальные лабораторные являются хорошей заменой реальным лабораторным установкам для студентов, которые не могут по какой-либо причине посетить аудиторные занятия, могут успешно использоваться в смешанном обучении. Виртуальные лабораторные позволяют студентам получить должный практический опыт проверки теоретических законов физики, а преподавателям облегчают процесс проведения курса, что делает процесс обучения быстрым и удобным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рамазанова Г.Г. Преимущества и недостатки использования виртуальных лабораторных работ по физике // Проблемы и перспективы информатизации физико-математического образования: матер. Всерос. науч.-практ. конф., 14 ноября 2016 г. / отв. ред. Ф.М. Сабирова. – Елабуга: ЕИ КФУ, 2016. – С. 110–112.
2. Виртуальная лабораторная работа по физике «Определение удельного сопротивления проводников (схема 1)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://mediadidaktika.ru/mod/forum/discuss.php?d=171> (дата обращения: 27.01.2019).
3. Измерение удельного сопротивления проводника [Электронный ресурс]. – URL: http://distolymp2.spbu.ru/www/lab_dhtml/10-4/index.html (дата обращения: 27.01.2019).
4. Виртуальные лабораторные работы по физике [Электронный ресурс]. – URL: <http://soft-parade.ru/node/1486> (дата обращения: 27.01.2019).
5. Демонстрационная презентация программы «Виртуальные лабораторные работы по курсу «Физика» для студентов технических специальностей» [Электронный ресурс]. – URL: <https://yadi.sk/d/BQ8jrBI7tq-KYw> (дата обращения: 27.01.2019).

Blinov S.N., Ivanilova T.N.,
Kudryavtseva O.A.
Reshetnev Siberian State University of Science
and Technology, Krasnoyarsk, Russia
EDUCATIONAL SOFTWARE
“VIRTUAL LABORATORY WORKS
ON THE COURSE OF ‘PHYSICS’
FOR ENGINEERING STUDENTS”

Keywords: virtual laboratory research, distance learning, virtual laboratory unit, encryption of execution protocol.

The authors indicate the importance of computer technologies in modern education, the need for introduction of modern technologies in the learning process. The authors showed that virtual laboratory research in physics can be a good substitute for real laboratory units and will allow students to get the proper practical experience of testing theoretical laws of physics in case of impossibility of experiments with real lab units.

Currently there are a large number of educational computer programs in physics including “Virtual laboratory research”. The authors reviewed several programs on the example of the laboratory work “Measurement of conductor specific resistance” and identified their advantages and disadvantages.

The article presents an educational computer program of the Siberian State University of Science and Technology “Virtual laboratory research on the course of ‘Physics’ for engineering students” in which you can carry out laboratory work in physics on virtual laboratory facilities in five areas: ‘Electricity and magnetism’, ‘Mechanics’, ‘Molecular physics’, ‘Oscillation and waves’, and ‘Solid state physics’.

Section ‘Electricity and magnetism’ consists of four laboratory works ‘Testing Ohm’s law and study of dependence of resistance on parameters of conductor’, ‘Measuring the capacitance of capacitors using an alternating current bridge circuit’, ‘Determination of electrical resistance by method of Whitston’, ‘Definition of horizontal component of Earth’s magnetic field induction’.

The section ‘Mechanics’ presents laboratory works ‘Determination of gravitational acceleration by means of an Atwood machine’, ‘Determination of bullet speed by means of a ballistic pendulum’.

The section ‘Molecular physics’ presents laboratory work ‘Determination of ratio of heat

capacity for air under constant pressure and in constant volume’.

The section ‘Oscillations and waves’ presents the laboratory work ‘Study of principle of laser action and evaluation of laser radiation parameters’.

The section ‘Solid state physics’ presents laboratory work: ‘Study of temperature dependence of resistance of metals and semiconductors’.

To create an effective user interface in this educational computer program we developed a system consisting of four screen forms: Laboratory Unit, Experimental Part, Results of Experiments, Work Order and Guidelines.

On the example of laboratory work ‘testing Ohm’s law and the study of dependence of resistance on parameters of conductor’ from the section ‘electricity and magnetism’ authors showed the principle of all laboratory work.

The algorithm for performing each task of laboratory work is displayed on the screen in the block ‘Order of work and guidelines’. All tasks of one laboratory work are performed on the same virtual installation; only input parameters and experimental part are changed. Virtual laboratory units presented in this program repeat real physical installations for carrying out laboratory research.

The authors have identified the advantages of the computer program “Virtual laboratory research on the course of ‘Physics’ for engineering students” and presented them in this article.

REFERENCES

1. *Ramazanov G.G.* Preimushchestva i nedostatki ispol'zovaniya virtual'nyh laboratornyh rabot po fizike // Problemy i perspektivy informatizatsii fiziko-matematicheskogo obrazovaniya: mater. Vseros. nauch.-prakt. konf., 14 noyabrya 2016 g. / otv. red. F.M. Sabirova. – Elabuga: EI KFU, 2016. – S. 110–112.
2. *Virtual'naya laboratornaya rabota po fizike* «Opredelenie udel'nogo soprotivleniya provodnikov (skhema 1)» [Ehlektronnyj resurs]. – URL: <http://mediadidaktika.ru/mod/forum/discuss.php?d=171> (data obrashcheniya: 27.01.2019).
3. *Izmerenie udel'nogo soprotivleniya provodnika* [Ehlektronnyj resurs]. – URL: http://distolymp2.spbu.ru/www/lab_dhtml/10-4/index.html (data obrashcheniya: 27.01.2019).
4. *Virtual'nye laboratornye raboty po fizike* [Ehlektronnyj resurs]. – URL: <http://soft-parade.ru/node/1486> (data obrashcheniya: 27.01.2019).
5. *Demonstracionnaya prezentaciya programmy* «Virtual'nye laboratornye raboty po kursu «Fizika» dlya studentov tekhnicheskikh special'nostej» [Ehlektronnyj resurs]. – URL: <https://yadi.sk/d/BQ8jrBI7tq-KYw> (data obrashcheniya: 27.01.2019).