

05.00.00 Engineering sciences

05.00.00 Технические науки

UDC 004.514.64:531.42

**Development of Virtual Laboratory Works on the Subject “Petrophysics”**<sup>1</sup> Murat K. Baimul'din<sup>2</sup> Ol'ga V. Kremer<sup>3</sup> Ol'ga V. Martynenko<sup>4</sup> El'mira K. Seipisheva<sup>1-4</sup> Karaganda State Technical University, Kazakhstan

100027, Karaganda, Blvr Mira, 56

PhD (technical)

E-mail: baymuldinmurat@mail.ru

<sup>2</sup> Lecturer, Master

E-mail: io-lya@mail.ru

<sup>3</sup> Lecturer, Master

E-mail: martinenko\_olga\_@mail.ru

<sup>4</sup> Lecturer, Master

E-mail: Elmira\_s89@bk.ru

**Abstract.** The article deals with the development and practical application of virtual laboratory works on the subject “Petrophysics”. The developed laboratory works determine the rock weight, rock gravity, calculate rock bulk density and fragmentation index, identify rock depositional gradient, detect tense and compression limits, using integral method and work out strength certificates.

**Keywords:** virtual laboratory work; test; method; calculation; measurement; weight; size; rock; specimen.

**Введение.** Виртуальная лабораторная работа – информационная система, интерактивно моделирующая реальный технический объект и его существенные для изучения свойства с применением средств компьютерной визуализации [1].

Целью виртуальных лабораторий является оптимизация взаимодействия преподавателя и студентов, вариативность выполнения эксперимента, возможность выполнять количественные расчеты на основании данных, полученных в ходе эксперимента, наличие краткой, пошаговой инструкции, простой интерфейс. Использование виртуальных лабораторных работ поможет студентам рассчитывать сложные расчеты, которые заложены в программе.

Виртуальные лабораторные обеспечивают максимальную наглядность, точность соответствия модели реального оборудования для проведения экспериментов. При этом виртуальный интерактивный инструментарий можно использовать для проведения лабораторных работ не только по темам комплекса, но и для изучения любой другой темы, предложенной преподавателем. Это существенно облегчает работу студента, так как экономит время, создает эффект узнавания уже изученного оборудования. Кроме того, виртуальная модель позволяет преподавателю формулировать дополнительные вопросы в соответствии с уровнем знаний студента, а любознательный студент имеет возможность провести на представленном оборудовании дополнительные, не предусмотренные в задании исследования [2].

Специальный раздел включает ряд заданий по теме лабораторной работы, которые помогут глубже понять физические процессы и закономерности, закрепить полученные знания.

Работая в виртуальном лабораторном проекте, студент может выполнять различные виды исследований, предусмотренных данной работой:

- создавать математическую модель изучаемого объекта;
- осуществлять имитационное моделирование физических процессов, возникающих в реальных условиях эксплуатации объекта при различных заданных параметрах и ограничениях;
- обрабатывать результаты исследования и вносить необходимые коррективы в характеристики рассматриваемого объекта.

Основные способы использования ВЛП в учебном процессе:

- в качестве компьютерного "тренажера" для подготовки к выполнению практикума в реальной лаборатории (при этом программы компьютерного и физического экспериментов, как правило, одинаковы);
- как дополнение к реальному практикуму, предусматривающее такие компьютерные эксперименты, которые по различным причинам (техническим, финансовым, организационным и т.п.) не могут быть реализованы на физическом оборудовании [3].

Актуальность проекта заключается в применении новейших информационных технологий (современной компьютерной техники) в различных видах учебных занятий, поскольку виртуальные лабораторные работы, разработка которых возможна на базе предложенных программ, позволяют сменить проведение лабораторных занятий на физических лабораторных стендах их проведением в компьютерных классах. Что особо актуально в системе дистанционного обучения, а также в системе бакалавриата, в которой значительно увеличены часы самостоятельной работы студента, что позволит значительно снизить стоимость лабораторий из-за использования виртуальных приборов [4, 5].

**Материалы и методы.** В ГОСО (государственный общеобязательный стандарт образования) специальности 5В070700 «Горное дело» включена профильная дисциплина «Физические свойства горных пород». Дисциплина предусматривает выполнение ряда лабораторных работ, в том числе связанных с испытаниями физических свойств горных пород. Поскольку такого вида работы практически невозможно осуществлять в стенах вуза, эти работы выполняются в виде ознакомления с методиками испытаний, а также проведения расчетов на основании данных, в лабораторных условиях.

Данная работа является примером разработки виртуальных лабораторных работ, которые позволят студентам изучить физические характеристики горных пород, иметь общие понятия о методах определения свойств и приборах, которые при этом используются. В ней описывается программа для определения объема веса горных пород, удельного веса горных пород, определение насыпного веса и коэффициента разрыхления горных пород, определение угла естественного откоса горных пород, определение пределов прочности при растяжении и сжатии комплексным методом и построение паспорта прочности горных пород.

Каждая виртуальная лабораторная работа содержит:

- экспериментальное оборудование для демонстрации и проведения физических опытов;
- теоретические сведения (определения, формулы, таблицы, обозначения единиц измерения, графики, схемы), необходимые физического эксперимента и анализа полученных результатов;
- специальный раздел включает ряд заданий по теме лабораторной работы, которые помогут глубже понять физические процессы и закономерности, закрепить полученные знания.

Лабораторные работы разработаны с помощью программного пакета Delphi. На выбор данного программного средства повлияло несколько причин.

Delphi объединяет современный объектно-ориентированный язык, встроенные средства быстрой компиляции, возможность подключения к разнородным базам данных и множество визуальных компонентов, позволяя в пять раз быстрее создавать мощные приложения для различных платформ Windows и баз данных. Полностью визуальная двусторонняя интегрированная среда разработки Delphi поддерживает сотни функций, экономящих время разработчика, и позволяет упростить и ускорить создание визуальных пользовательских приложений и приложений, активно работающих с базами данных, — от приложений для настольных систем Windows до интерактивных приложений,

использующих сенсорный ввод, приложений для общедоступных систем и управляемых базами данных многоуровневых веб-приложений и служб [6].

**Обсуждение.** Интерфейс программы достаточно прост. При запуске приложения появляется главное окно, показанное на рисунке 1.

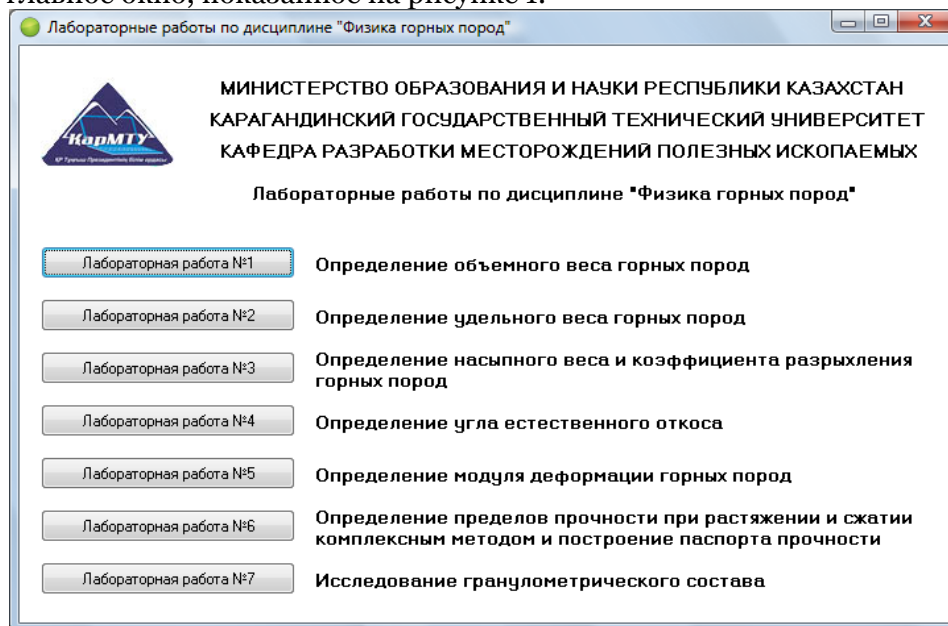


Рис. 1.

При нажатии на главном окне кнопки «Лабораторная работа №1» открывается окно с вкладками – теория, метод 1, метод 2, метод 3 и вопросы для самопроверки. Первой открывается страница «Теория» (рисунок 2).

Объемный вес породы определяют либо при естественной влажности, либо в абсолютно сухом состоянии. Во втором случае образцы пород высушивают до постоянной массы при температуре 105—110°C и охлаждают в эксикаторе. Массу образцов определяют, взвешивая их на технических весах [7].

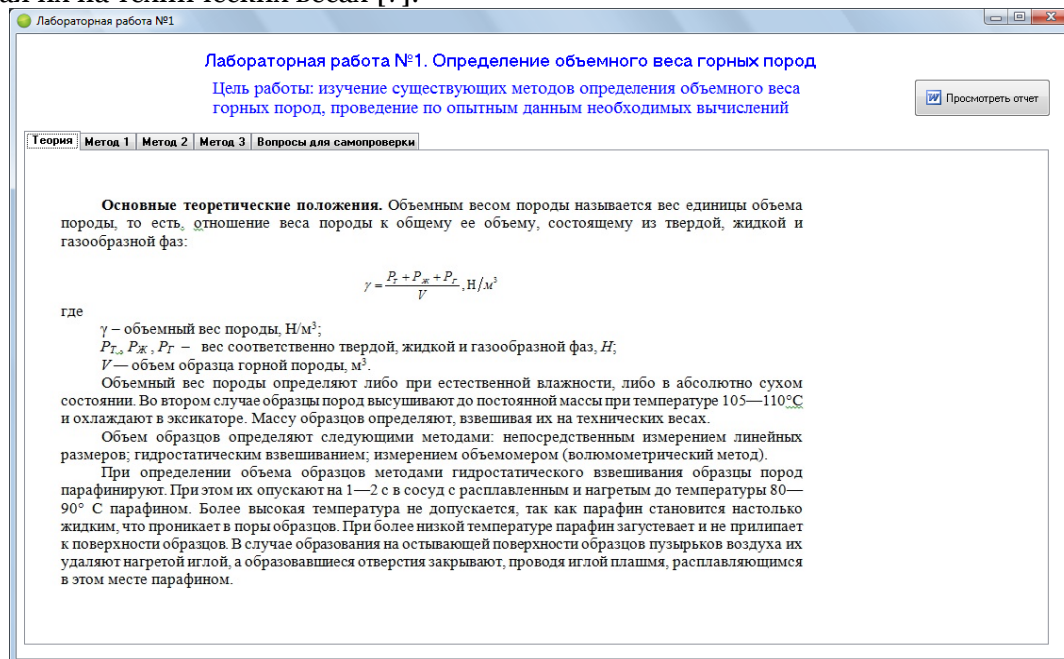


Рис. 2.

После изучения теоретического материала, студент переходит на вкладку «Метод 1» и выполняет расчеты методом непосредственного измерения линейных размеров (рисунок 3).

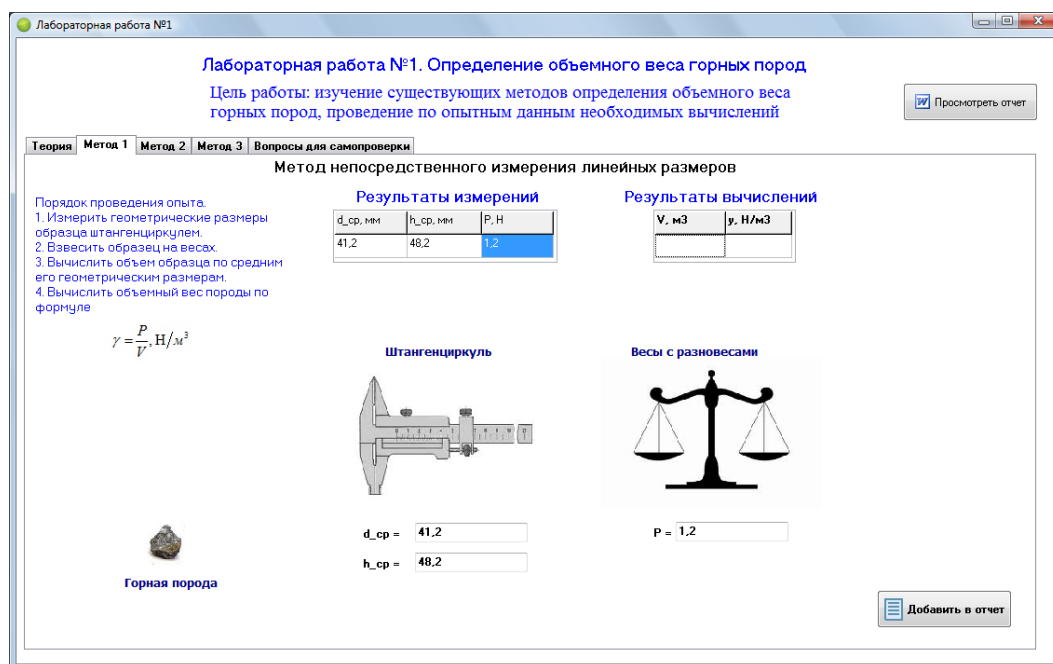


Рис. 3.

Метод непосредственного измерения линейных размеров применяется при исследовании пород, из которых можно изготовить образцы правильной цилиндрической формы.

Для определения диаметра образца цилиндрической формы на каждом основании цилиндра измеряют по два взаимно перпендикулярных диаметра, затем вычисляют диаметр образца как среднее арифметическое четырех измерений.

Высоту образца вычисляют как среднее арифметическое четырех измерений образующих цилиндра, расположенных на двух взаимно перпендикулярных плоскостях, пересекающих цилиндр по его продольной оси.

Измерение образцов с длиной стороны или образующей до 10 см производится с точностью до 0,1 мм, а больших размеров — с точностью до 1 мм. Взвешивание образцов массой менее 0,5 кг проводят с точностью до 0,0001 кг, массой 0,5 кг и более — до 0,001 кг [8].

Для того, чтобы выполнить задание методом непосредственного измерения линейных размеров нужно левой кнопкой взять образец (горная порода) перенести к штангенциркулю и, измерив длину и высоту образца, записать эти значения в таблицу «Результаты измерения». Далее образец перенести на весы, в результате этого автоматически заносится значение P в таблицу «Результаты измерения». Когда все данные для вычислений внесены, нужно нажать кнопку «Вычислить». В таблице «Результаты вычислений» отобразятся значения объема образца и объемный вес породы.

Далее перейдя на вкладку «Метод 2» нужно осуществить вычисления методом гидростатического взвешивания (рисунок 4).

Метод гидростатического взвешивания применяется для исследования образцов неправильной формы, не имеющих инородных включений, каверн и трещин.

При определении объема образцов методами гидростатического взвешивания образцы пород парафинируют. При этом их опускают на 1—2 с в сосуд с расплавленным и нагретым до температуры 80—90° С парафином. Более высокая температура не допускается, так как парафин становится настолько жидким, что проникает в поры образцов. При более низкой температуре парафин загустевает и не прилипает к поверхности образцов. В случае образования на остывающей поверхности образцов пузырьков воздуха их удаляют нагретой иглой, а образовавшиеся отверстия закрывают, проводя иглой плашмя, расплавляющимся в этом месте парафином [9].



Рис. 4.

В первую очередь в методе 2 взвешивается образец, его вес P1 автоматически отображается в таблице «Результаты измерений». Затем с помощью левой кнопки мыши образец опускается в парафин, покрытый парафином образец взвешивается и его вес P2, также отображается в таблице «Результаты измерений». Далее покрытый парафином образец взвешивается на гидростатических весах и его вес P3 автоматически заносится в таблицу «Результаты измерений». И при нажатии кнопок «Вычислить» вычисляются объем парафина, объем парафинированного образца, объем непарафинированного образца и объемный вес образца.

Затем, открыв вкладку «Метод 3», нужно методом измерения объемомером, вычислить вес воды, вытесненный образцом из объемомера и объемный вес образца (рисунок 5).

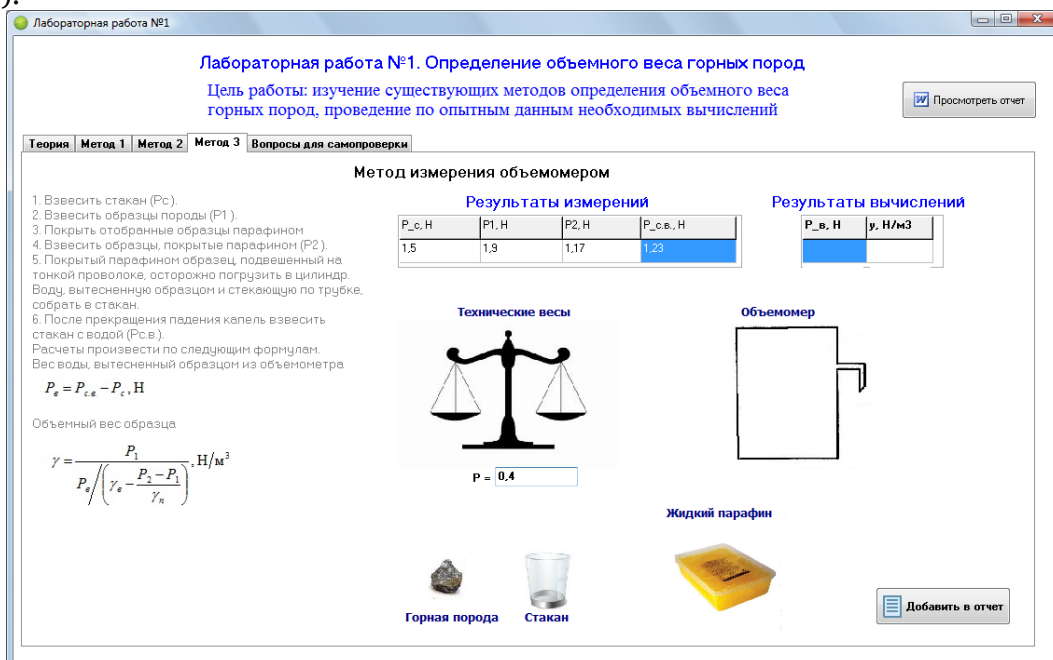


Рис. 5.

Метод измерения объемомером (волюмометрический метод) применяется при исследовании образцов неправильной формы. Волюмометрический метод позволяет определять объемный вес образцов без их парафинирования.

В данном методе нужно во-первых взвесить стакан и поставить его под трубку объемомера, далее по аналогии спредыдушим методом взвесить сначала непарафинированный образец, затем парафинированный, после взвешиваний в таблице «Результаты измерений» автоматически отобразятся значения веса стакана  $P_c$ , веса образца  $P_1$  и веса парафинированного образца  $P_2$ . Покрытый парафином образец, подвешенный на тонкой проволоке, с помощью мыши погружаем в объемомер. После прекращения падения капель взвешиваем стакан с водой и при отображении его веса  $P_{c.v}$  в таблице «Результаты измерений» вычисляем нужные величины.

После того как пройден теоретический материал и выполнены все задания студент для проверки своих знаний переходит на вкладку «Вопросы для самопроверки». При этом все предыдущие вкладки становятся неактивными (рисунок 6).

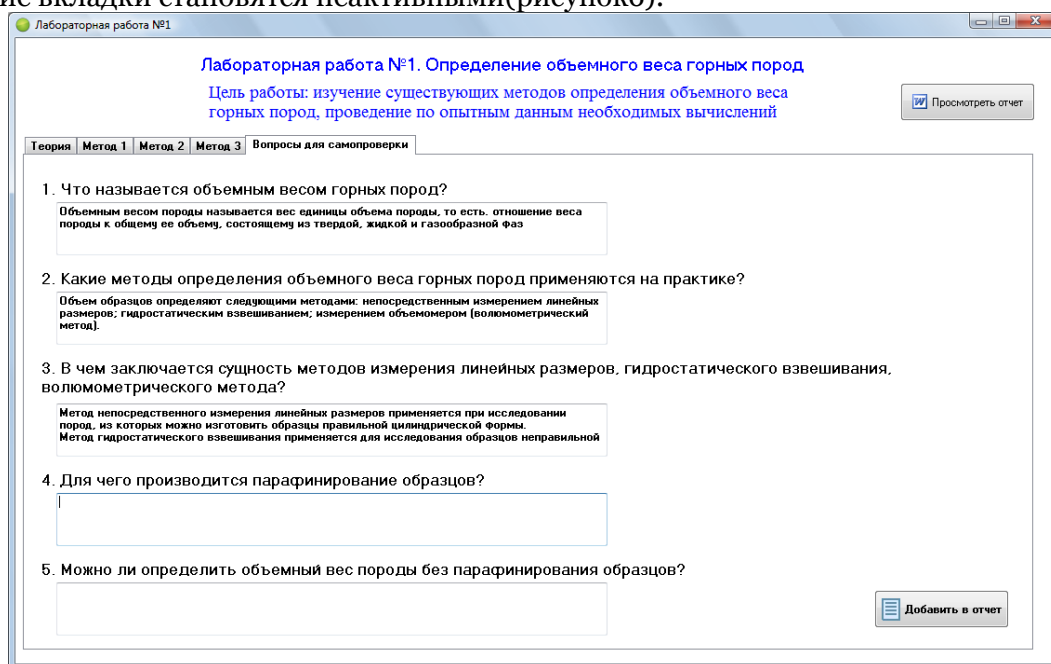


Рис. 6.

Также имеется возможность добавления результатов эксперимента в отчет, экспорта результатов в Word при нажатии кнопки «Добавить в отчет». Для того чтобы преподаватель смог проверить лабораторную работу ему нужно нажать кнопку «Просмотреть отчет» (рисунок 7).

**Результаты.** Данные виртуальных лабораторные работы по дисциплине «Физические свойства горных пород» внедрены в учебный процесс и используются студентами специальности 5В070700 «Горное дело».

Также эти работы выполняют следующие функции:

- экономия учебных площадей и финансовых затрат;
- индивидуальное выполнение лабораторной работы;
- возможность работы с изучаемым оборудованием в экстремальных и аварийных режимах;
- возможность изменения условий эксперимента;
- отсутствие эксплуатационных затрат.

Студент Сергеев Василий ГДМ-11-2 Дата 23.01.2013 Время 13:41		
Отчет <b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1</b> <b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОГО ВЕСА ГОРНЫХ ПОРОД</b>		
Цель работы. Изучение существующих методов определения объемного веса горных пород, проведение по опытным данным необходимых вычислений.		
Ход работы		
<b>Метод непосредственного измерения линейных размеров</b>		
Результаты измерения $d_{ср}$ мм = 41.2 $d_{ср}$ мм = 48.2 $d$ , H = 1.2	Результаты вычисления $V = \frac{\pi d^2 h}{4}$ V = 64226.03728 $\rho = \frac{P}{V}$ $\rho = 0,00001868401$	
<b>Метод гидростатического взвешивания</b>		
Результаты измерения $P_0$ H = 1.17 $P_1$ H = 1.23 $P_2$ H = 0.56	Результаты вычисления $V = \frac{P_0 - P_1}{\rho_{ж} \cdot g}$ $V_{ж} = 0,00000645161$ $V = \frac{P_0 - P_2}{\rho_{ж} \cdot g}$ $V_{ж} = 0,0000067$ $V = \frac{P_1 - P_2}{\rho_{ж} \cdot g}$ $V = 0,00006054839$ $\rho = \frac{P_0}{V_{ж}}$ $\rho = 19323,38$	
<b>Метод измерения объемометром</b>		
Результаты измерения $P_0$ H = 1.5 $P_{ср}$ H = 1.9 $P_0$ H = 1.17	Результаты вычисления $\rho = \frac{P_0 - P_{ср}}{V_{ж}}$ $\rho = 0,4$ $\rho = \frac{P_0 - P_{ср}}{V_{ж}}$ $\rho = 292500$ $\rho = \frac{P_0 - P_{ср}}{V_{ж}}$ $\rho = 1,23$	
Ответы на вопросы		
		1. Что называется объемным весом горных пород? Объемным весом породы называется вес единицы объема породы то есть, отношение веса породы к объему ее состоянию из твердой, жидкой и газообразной фаз
		2. Какие методы определения объемного веса горных пород применяются на практике? Объем образцов определяют следующими методами: непосредственным измерением линейных размеров; гидростатическим взвешиванием; измерением <b>объемометром</b> (волюмометрический метод).
		3. В чем заключается сущность методов измерения линейных размеров, гидростатического взвешивания, волюмометрического метода? Метод непосредственного измерения линейных размеров применяется при исследовании пород, из которых можно изготовить образцы правильной цилиндрической формы. Метод гидростатического взвешивания применяется для исследования образцов неправильной формы, не имеющих породами включений, каверн и трещин. Метод измерения объемометром (волюмометрический метод) применяется при исследовании образцов неправильной формы
		4. Для чего производится <b>парафенирование</b> образцов?
		5. Можно ли определить объемный вес породы без <b>парафенирования</b> образцов?

Рис. 7.

**Заключение.** Виртуальные лабораторные работы представляют собой обучающие системы, моделирующие поведение объектов реального мира в компьютерной образовательной среде. Теоретические сведения, условия задач, контрольные вопросы и прочее имеют графический интерфейс с удобной навигацией. Иллюстрации гораздо качественнее, чем в обычной книге. Специальная система виртуальных переключателей, окон для задания параметров эксперимента и манипуляции мышью позволяют студенту оперативно менять условия эксперимента и производить расчеты или строить графики.

Получение результатов экспериментов в виртуальном проекте не несет нового в образовательный процесс, так как обучаемому необходимо наблюдать обратную реакцию именно на свои действия, даже если они и ошибочны. При этом студенту необходимо осмыслить полученные результаты эксперимента, выявить ошибку и сделать поправку, повторно провести эксперимент. Данный алгоритм поддерживается до тех пор, пока не будет получен результат, удовлетворяющий первоначально заданным условиям [10].

### Примечания:

1. Троицкий Д. И. Виртуальные лабораторные работы в инженерном образовании / Д.И. Троицкий // Открытая всероссийская конференция «Преподавание информационных технологий в России-2007» [Электронный ресурс]. URL – [www.it-education.ru/2007/reports/Troickiy.htm](http://www.it-education.ru/2007/reports/Troickiy.htm) (дата обращения: 07.03.2013).

2. Кудинов Д.Н. Перспективы разработки виртуальных лабораторных работ на базе комплекса программ T-FLEX / Д.Н. Кудинов // Современные проблемы науки и образования / Камышинский технологический институт, 2009, вып. № 6, С. 71–74.

3. Березко П. Н. Разработка интерактивных трехмерных моделей для виртуальных тренажерных комплексов / П. Н. Березко, А. С. Бушанский, И. В. Завалишин, И. А. Милоков // 16 Международная научная конференция "Системный анализ, управление и навигация", Евпатория, 3–10 июля, 2011: Сборник: Тезисы докладов. М., 2011. С. 89-90.

4. Разработка виртуальной лабораторной работы «Имитационное моделирование погрешностей канала измерения температуры» в среде LabVIEW / Научно-производственное предприятие "Центральная лаборатория автоматизации измерений" [Электронный ресурс]. URL: <http://lab-centre.ru/mess226.htm> (дата обращения: 07.03.2013)

5. Окулов Н. Н. Информационная система «Виртуальная лаборатория» для поддержки параллельных вычислений в рамках информационно-вычислительного портала / Н.Н. Окулов // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2011): Материалы 10 Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Анжоро-Судженск, 25-26 нояб., 2011. Ч. 1. Томск, 2011. С. 71-74. - Рус.

6. Фаронов В.В. Программирование баз данных в Delphi 7. Учебный курс. / В.В. Фаронов. СПб.: Питер, 2005. 459 с.

7. Соболев В.В. Физика горных пород: Учебное пособие для вузов / В.В. Соболев, А.В. Скобенко, С.Я. Иванчишин. И.: Днепропетровск: Полиграфист, 2003. 117с.

8. Ржевский В.В. Основы физики горных пород: учебник для студентов горных специальностей вузов / В.В. Ржевский, Г.Я. Новик. М-во высшего и среднего специального образования СССР. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1984. 359 с.

9. Самарцев Г.И. Лабораторный практикум по дисциплине «Физика горных пород»: учебное пособие / Г.И. Самарцев, О.В. Старостина. Мин-во образования и науки Республики Казахстан, КарГТУ. Караганда: КарГТУ, 2004. 86 с.

10. Стародубцев В.А. Инновационная роль виртуальных лабораторных работ и компьютерных практикумов: научное издание / В.А. Стародубцев, А.Ф. Федоров // Инновации в образовании. 2003. №2. С.79-87.

УДК 004.514.64:531.42

### **Разработка виртуальных лабораторных работ по дисциплине «Физика горных пород»**

<sup>1</sup> Мурат Каирович Баймульдин

<sup>2</sup> Ольга Вадимовна Кремер

<sup>3</sup> Ольга Владимировна Мартыненко

<sup>4</sup> Эльмира Калкабековна Сейпишева

<sup>1-4</sup> Карагандинский государственный технический университет, Казахстан  
100027, г. Караганда, Бульвар Мира, 56

<sup>1</sup> Кандидат технических наук, доцент

E-mail: baymuldinmurat@mail.ru

<sup>2</sup> преподаватель, магистр

E-mail: io-lya@mail.ru

<sup>3</sup> преподаватель, магистр

E-mail: martinenko\_olga\_@mail.ru

<sup>4</sup> Ассистент, магистр

E-mail: Elmira\_s89@bk.ru

**Аннотация.** В данной статье описано создание и практическое применение виртуальных лабораторных работ по дисциплине «Физика горных пород». В разработанных лабораторных работах определяется объем веса горных пород, удельного веса горных пород, осуществляется расчет насыпного веса и коэффициента разрыхления горных пород, вычисляется угол естественного откоса горных пород, определяются пределы прочности при растяжении и сжатии комплексным методом и строятся паспорта прочности горных пород.

**Ключевые слова:** виртуальная лабораторная; опыт; метод; вычисление; измерение; вес; размер; порода; образец.