

Мультимедийная виртуальная лаборатория по физике в системе дистанционного обучения

Евгений Олегович Козловский, Геннадий Михайлович Кравцов^[0000-0003-3680-2286]

Херсонский государственный университет,
ул. Университетская, 27, г. Херсон, 73000, Украина
{evgen, kgm}@ksu.ks.ua

Аннотация. *Цель исследования* – описание технологии разработки программного обеспечения виртуальной лаборатории по физике для системы дистанционного обучения.

Основные задачи исследования: описание архитектуры клиентской и серверной части лаборатории, функциональности модулей системы, роли пользователей, а также принципов использования виртуальной лаборатории на персональном компьютере.

Объект исследования: система дистанционного обучения «Херсонский виртуальный университет».

Предметом исследования данной статьи являются виртуальные лаборатории в системе дистанционного обучения.

Методы исследования: теоретические – анализ научно-методической литературы; эмпирические – обучение, наблюдение за учебным процессом.

Результаты исследования. Представлены результаты разработки программного модуля «Виртуальная лаборатория» в системе дистанционного обучения «Херсонский виртуальный университет» (СДО ХВУ) применительно к задачам физики по кинематике и динамике. Описаны информационные технологии проектирования и разработки, структура виртуальной лаборатории, и ее место в СДО ХВУ. Также описаны основные режимы работы программного модуля в системе и методы его использования в учебном процессе.

Основные выводы и рекомендации. Применение данного программного интерфейса позволит преподавателям создавать лабораторные работы и использовать их в своих дистанционных курсах. Учащиеся, в свою очередь, смогут проводить исследования, выполняя виртуальные лабораторные работы.

Ключевые слова: система дистанционного обучения; Херсонский виртуальный университет; виртуальная лаборатория; мультимедиа технологии.

Multimedia virtual laboratory for physics in the distance learning

Evgen O. Kozlovsky, Hennadiy M. Kravtsov^[0000-0003-3680-2286]

Kherson State University, 27, Universitetska St., Kherson, 73000, Ukraine
{evgen, kgm}@ksu.k.s.ua

Abstract. *Research goals:* the description of technology of software development in Physics Virtual Laboratory for Distance Learning System.

Research objectives: the architecture of client and server parts of the lab, the functionality of the system modules, user roles, as well as the principles of virtual laboratory use on a personal computer.

Object of research: the distance learning system “Kherson Virtual University”.

Subject of research: virtual laboratory for physics in the distance learning.

Research methods used: analysis of statistics and publications.

Results of the research. The development of the software module “Virtual Lab” in distance learning system “Kherson Virtual University” (DLS KVVU) applied to the problems of physics on topics kinematics and dynamics. The information technology design and development, the structure of the virtual laboratory, and its place in the DLS KVVU are described. The principal modes of the program module operation in the system and methods for its use in the educational process are described.

The main conclusions and recommendations. The use of this software interface allows teachers to create labs and use them in their distance courses. Students, in turn, will be able to conduct research, carrying out virtual laboratory work.

Keywords: distance learning system, Kherson Virtual University, virtual laboratory, multimedia technology.

1 Введение

Постановка проблемы. Развитие систем дистанционного обучения (СДО) повлекло за собой перенесение в виртуальную среду основных форм и способов обучения – групп, курсов, тестов, библиотек, виртуальных комнат общения, виртуальных досок с широкими возможностями представления учебного материала [1]. По нашему мнению, следующий этап развития СДО обусловлен необходимостью создания универсальной виртуальной лаборатории, содержащей в себе цифровые аналоги лабораторных кабинетов университета со всеми необходимыми инструментами. В такой лаборатории обеспечивается

поддержка научных исследований учащихся и контроль на всех этапах учебного процесса.

Предметом исследования данной статьи являются виртуальные лаборатории в системе дистанционного обучения. *Цель исследования* – описание технологии разработки программного обеспечения виртуальной лаборатории по физике для системы дистанционного обучения.

2 Виртуальная лаборатория в системе дистанционного обучения

Программный модуль «Виртуальная лаборатория» (ВЛ) является подсистемой СДО, предназначенной для создания и использования виртуальных лабораторных работ (ВЛР) [2]. ВЛ рассматривается как один из важных электронных образовательных ресурсов СДО, она обеспечивает создание и использование в дистанционном учебном процессе мультимедийных объектов, управляемых пользователем. В статье описана архитектура клиентской и серверной части лаборатории, функциональность модулей системы, роли пользователей, а также принцип использования ВЛ на персональном компьютере. В лаборатории предусматривается возможность создания рабочей модели, проведения различных преобразований и изменения состояний модели, проведения измерений параметров модели при помощи виртуальных измерительных приборов, а также сохранения результатов выполнения работ в системе дистанционного обучения.

3 Описание структуры виртуальной лаборатории

Технологическая основа. Для отображения моделей, процессов и явлений используется визуальное представление в виде 3D-графики. Технологической основой представления является графический инструмент для разработки трёхмерных приложений Unity3D.

Unity3D – это кроссплатформенный движок для разработки интерактивных приложений с графикой, воспроизводимой в реальном времени. Этот графический движок наиболее распространён среди разработчиков трёхмерных крупномасштабных игр. Движок имеет собственный редактор, разработка продуктов ведётся с помощью языка C#, что позволяет создавать приложения, описывающие сложные физические процессы. Также этому способствует высокий уровень абстракции программного интерфейса. Процесс разработки трёхмерных сред является объектно-ориентированным, то есть построение среды разделяется на объекты с поведением. Unity3D поддерживает большое количество аппаратных платформ. Движок создан на основе языка C++, что делает его быстрым и производительным.

Этот движок удовлетворяет ряду поставленных к нему требований, а именно:

- конечный продукт является мультимедийным 3D-объектом, встроенным в HTML-страницу;
- конечный продукт является объектом высокого уровня абстракции прототипов объектов;
- обеспечивается высокое качество графического представления информации;
- библиотека 3D-объектов имеет возможность работать с современными форматами трехмерной графики – *.3ds, *.dae, *.fbx, *.flt;
- существует поддержка языков высокого уровня (C++, C#, Java) для обеспечения эффективного процесса разработки;
- имеются в наличии лицензии для свободного использования в некоммерческих целях;
- имеется редактор программной и графической разработки объектов;
- есть возможность подключения сторонних библиотек объектов (библиотеки для обработки данных, веб-сервисы, драйверы баз данных и т.п.).

Программная библиотека мультимедийных 3D-объектов унифицирует процесс создания и обработки виртуальных лабораторных работ, она предоставляет необходимые типы данных и механизмы обработки созданных виртуальных лабораторных работ.

Программное средство Unity3D предоставляет возможность создания плагина, предназначенного для конструирования виртуальных лабораторных работ. На рис. 1 представлена структура среды разработки Unity3D.



Рис. 1. Среда разработки ВЛ

Плагин – это расширение стандартных возможностей интерфейса редактора Unity3D, например, создание собственного интерфейса программного приложения (окна, кнопки, меню и т. п.), для чего в движке существуют специальные классы и интерфейсы, путём видоизменения которых можно по необходимости расширять интерфейс. Это не требует от пользователя знаний структуры или других особенностей движка. Создав новый компонент (окно или меню), пользователю не нужно собственноручно программно добавлять новый элемент в списке опций – встроенный парсер кода автоматически выделяет и

отображает новый элемент среди классов, которые представляют собой интерфейс виртуальной лаборатории.

Модуль для отображения лабораторных работ представляет собой веб-страницу, которая выполняет роль контейнера для интерактивного мультимедийного объекта виртуальной лаборатории [3]. На этой HTML-странице представлен встроенный программный объект, функциональность которого обеспечивается подключаемым плагином Unity-Webplayer (рис. 2).

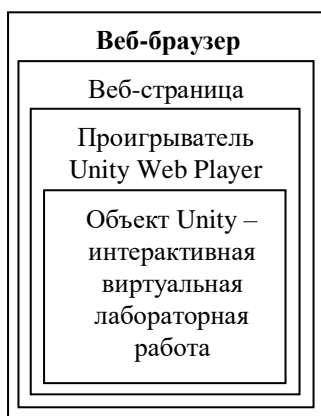


Рис. 2. Отображение ВЛ на стороне пользователя

Для проведения математических расчетов интерактивный объект взаимодействует с математическим пакетом, который может функционировать только в рамках веб-сервиса, поэтому страница-контейнер должна иметь необходимый программный интерфейс (язык JavaScript), что поможет в передаче входных данных для расчетов в математический пакет, а после расчетов вернёт результаты в интерактивный объект для отображения новых данных.

Библиотека мультимедийных 3D-объектов виртуального физического эксперимента. Библиотека программных классов обеспечивает пользователя инструментами для моделирования, при этом процесс взаимодействия между пользователем и конечным программным продуктом должен протекать в обычном пользовательском интерфейсе – текстовые поля, кнопки, списки, меню [4]. В таком случае обработка описанного алгоритма не может обрабатываться компилятором. Для обработки алгоритмов и сценариев виртуальной лабораторной работы необходимо применить библиотеку, которая выполняет символьные преобразования. Также такие библиотеки называют математическими движками или процессорами.

Виртуальное моделирование физического процесса происходит следующим образом:

- создание новой виртуальной лабораторной работы;
- формирование содержания лабораторной работы: добавление объектов, редактирование математических моделей объектов;

- моделирование процесса (написание сценария);
- воспроизведение лабораторной работы: обработка алгоритма и сценария, созданного пользователем, воспроизведение лабораторной работы (анимация).

Итак, программная библиотека должна обеспечить построение лабораторной работы – предоставить необходимые структуры данных, обработать алгоритм, разработанный пользователем, и на основе результатов воспроизвести (выполнить анимацию) физического процесса. На рис. 3 представлена схематичная структура виртуальной лабораторной работы.

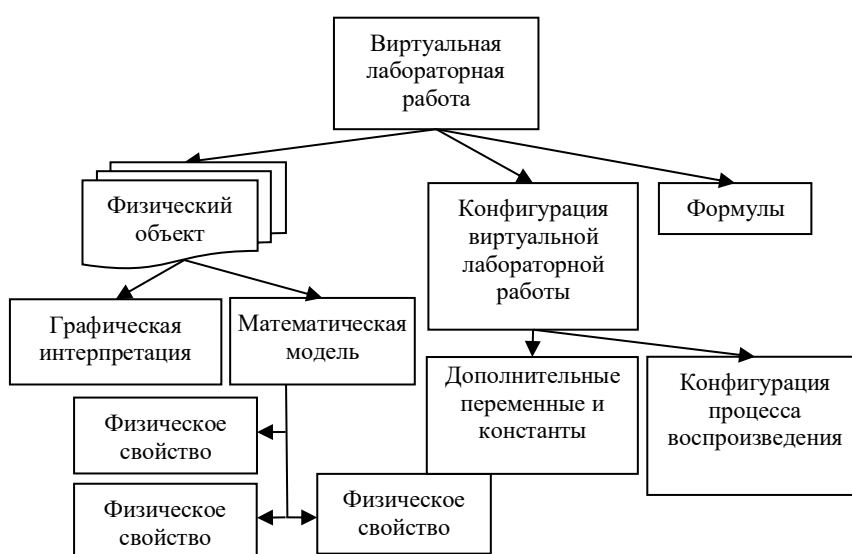


Рис. 3. Структура виртуальной лабораторной работы

Так, сущность «Физический объект» абстрагирует методы и свойства, которыми обладают реальные объекты – тела, физическое оборудование и т. д. Составляющими физического объекта являются:

- графическое представление 3-мерной модели на экране;
- поведение объекта на основе математической модели, содержащей физические свойства, такие как размер, координаты, масса, и функциональные методы.

Типы данных «Физический объект» и «Физическое свойство» применяются для формирования содержимого сцены виртуальной лабораторной работы.

Сущность «Формула» содержит формулы в текстовом формате, которые и формируют сценарий протекания физического процесса виртуальной лабораторной работы. Кроме формул пользователь может задействовать конструкции программирования – ветвления и циклы. В качестве переменных

формулы используются зарезервированные переменные и константы. Синтаксис написания сценария зависит от математического процессора, который применяется в данной реализации редактора виртуальных лабораторных работ. Базовым математическим пакетом для поддержки вычислений является математический процессор Waterloo Maple v13.

Определив возможности библиотеки в построении сцены виртуальной лабораторной работы, рассмотрим порядок выполнения расчетов и принципы воспроизведения физического процесса. Любой математический пакет или система компьютерной алгебры обеспечивает следующую функциональность:

- выполнение парсинга (синтаксического анализа) введенных данных;
- выполнение расчетов математических преобразований;
- решение математических задач;
- проведение статистических расчетов и анализа данных.

Системы компьютерной алгебры позволяют работать с матрицами, границами, производными, интегралами [5]. Входные и выходные данные таких систем представлены в текстовом формате, поэтому для выполнения расчетов на основе математического пакета было создано два программных модуля – парсер и генератор.

Генератор является посредником при передаче данных от виртуальной лабораторной работы математическому пакету. Сущности, относящиеся к структуре виртуальной лабораторной работы, содержат информацию о модели процесса, поэтому входным параметром генератора является объект типа «Виртуальная лабораторная работа». Генератор формирует код для математического процессора на основе данных о модели и сценарий поведения объектов в физическом процессе, после чего полученный код отправляется на расчет в математический пакет.

После выполнения расчетов математический пакет возвращает результат, который обрабатывается для воспроизведения физического процесса. Процесс обработки полученных результатов обеспечивает парсер. Этот программный объект разделяет сигнатуры отдельных полей, строит экземпляры полей и считывает значения полей из массивов. Благодаря этому виртуальная библиотека получает новые записи в поля физических свойств. Значения полей являются значениями свойств в определенный момент времени. С течением времени к графическим моделям применяются соответствующие значения. Таким образом происходит постоянное изменение записей о физических свойствах и меняется отображение интерактивного объекта на экране.

Важно отметить, что программная библиотека не зависит от конкретной библиотеки трехмерной графики или от конкретного математического пакета. Библиотека объектов моделирования виртуального физического эксперимента имеет программный интерфейс, который адаптируется под различные реализации внешнего интерфейса программного модуля «Виртуальная лаборатория».

Функциональность плагина для Unity3D. Процесс разработки виртуальной лабораторной работы средствами редактора Unity3D будет состоять из следующих шагов:

- добавление объекта в 3-мерную сцену;
- определение уникального имени для объекта, с помощью которого пользователь будет обращаться к объекту;
- определение списка параметров, необходимых физическому объекту для участия в эксперименте;
- определение дополнительных переменных или констант (ускорение свободного падения, нормальная или текущая температура среды и прочее);
- написание математических формул для моделирования процесса или явления;
- описание условий завершения расчетов по данной лабораторной работе;
- добавление объектов измерения – например, линеек и счётчиков.

Функциональность виртуальных лабораторных работ. Каждая лабораторная работа содержит отдельные физические объекты, каждый физический объект имеет собственную математическую модель, потому пользователь должен иметь возможность изменять математическую модель. При создании или редактировании ВЛР пользователь выделяет объект из списка объектов на экране (рис. 4). После этого в окне свойств объекта выводится список физических свойств текущего объекта, и отображаются элементы интерфейса, с помощью которых пользователь может изменить значения данных свойств. Если необходимо, при разработке виртуальной лабораторной работы преподаватель может исключить возможность для пользователей изменять определенные параметры математической модели.

Рабочая область модуля ВЛ	Библиотека объектов
	Список доступных объектов виртуальной лаборатории
	Свойства выбранного объекта
	Наборы констант и параметров с возможностью изменения показателей

Рис. 4. Рабочее поле виртуальной лаборатории

Применяя данный программный интерфейс, пользователь сможет проводить исследования и выполнять измерения. Также для мониторинга работы приложения понадобится элемент «Консоль». При необходимости, консоль в процессе работы приложения выводит промежуточные расчеты, показывает код, генерируемый для математического пакета (например, для проверки). После возвращения результатов расчетов поля свойств также отображаются в консоли. Это позволит пользователю проанализировать результаты расчетов: в тех

случаях, когда расчеты отличаются от ожидаемых, пользователь может скопировать сгенерированный код математического пакета и применить его в среде математического пакета с целью проверки.

ВЛР в системе дистанционного обучения на стороне клиента представляется на веб-странице как встроенный модуль, управление которым осуществляется с использованием технологий JavaScript. При этом существует несколько особенностей публикации приложения виртуальной лабораторной работы на странице сайта:

- необходимо учесть объем дополнительной информации (текст, картинки, таблицы), которые могут сопровождать виртуальную лабораторную работу. Это необходимо для того, чтобы определить размеры приложения, в котором модулируется процесс или явление;
- следует подключить дополнительно модуль JavaScript, который обеспечивает отображение приложений в формате *.unity на веб-страницах. Приложение размещается на странице так же, как и другие мультимедийные данные, но кроме этого необходимо подключить модуль, позволяющий проигрывать приложение с помощью плагина Unity Web Player;
- необходимо разработать механизм взаимодействия порта математического пакета, страницы и встроенного модуля виртуальной лабораторной работы. Так как математический пакет используется в качестве сервиса, а формат веб-приложения Unity3D запрещает использование библиотек веб-сервисов или взаимодействие с другими сторонними ресурсами, то возникает необходимость создания механизма обмена данными между интерактивным приложением и математическим пакетом, что показано на рис. 5.

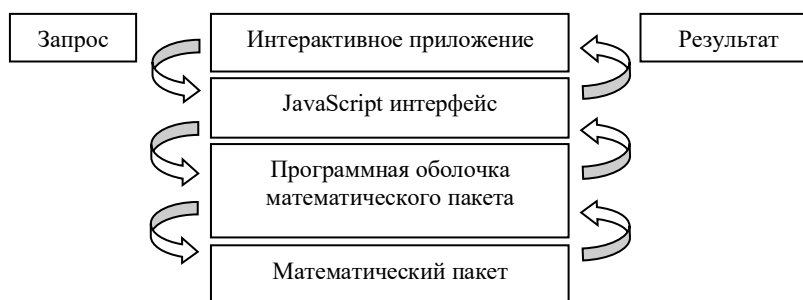


Рис. 5. Схема обработки запросов для расчетов полей свойств

4 Создание виртуальной лабораторной работы

Этап создания ВЛР. Для создания виртуальных лабораторных работ разработан плагин поддержки процесса разработки. Плагин расширяет функциональность редактора интерактивных графических приложений Unity3D. Редактор свободно распространяется и может быть загружен с официального сайта фирмы-разработчика: <http://unity3d.com/unity/download/archive>.

Для создания новой виртуальной работы для начала необходимо переместить в рабочую область редактора все необходимые объекты. Вкладка «Hierarchy» является рабочим полем. В библиотеке в папке VirtualLab/_LabCore файлы “_Config”, “_Core”, “_Formula”, “_Light” и “_MainCamera” необходимо с помощью перетаскивания разместить на рабочей области. Существует три способа для создания новых физических объектов:

1. Применение окна «Добавить физический объект». Данное окно появляется после подключения плагина. Здесь нужно указать идентификатор нового объекта, указать тип объекта (шар, цилиндр, блок, груз, и т. д.) и указать его начальные параметры. После нажатия кнопки «Добавить» новый физический объект добавляется на сцену.
2. Использование мультимедийных объектов из библиотеки. В директории Resources/Prefabs размещены файлы готовых физических объектов.
3. Создание нового физического объекта. Пользователь может создавать собственные физические объекты, выполняя команду меню GameObject => Create New Object. При этом методом перетаскивания объекту назначаются необходимые функциональность и физические свойства. Все доступные физические свойства размещены в директории PhysicsAssets/Properties.

После создания всех необходимых физических объектов пользователь может описать преобразование физических объектов с помощью формул. Для написания формул необходимо применить объект «_Formula». Для этого необходимо открыть окно «Inspector» где появится текстовое поле для ввода формул. Вместо переменных в формулах необходимо указывать ссылки на свойства физических объектов, расположенных на рабочей области, поэтому переменные необходимо писать в формате <Идентификатор объекта>_<Имя физического свойства>.

Для публикации созданной виртуальной лабораторной работы следует перейти к меню File => Build Settings. В окне настроек указать текущую рабочую сцену, тип публикации «Web player» и нажать кнопку «Build», указать место для сохранения конечного файла, после чего за несколько секунд создается файл виртуальной лабораторной работы.

Процесс отображения ВЛР. Созданная виртуальная лабораторная работа содержится в физическом файле с расширением «*.unity». Такие файлы могут быть представлены в виде встроенного мультимедийного объекта в любом браузере с помощью плагина Unity Web Player.

Применяя возможности системы в управлении контентом, пользователь формирует содержимое страницы виртуальной лабораторной работы: указывает тему, ход работы и место размещения мультимедийного объекта. При загрузке созданной страницы в окне браузера пользователь имеет доступ к мультимедийному объекту виртуальной лабораторной работы. Для запуска программного объекта необходимо нажать кнопку «Рассчитать», при этом выполняются вычисления с помощью математического пакета Maple.

Представленная технология разработана в виде отдельного программного модуля и может быть внедрена в другую дистанционную систему как внешний

веб-сервис. При этом было выполнено требование соответствия ВЛ стандарту (IMS, SCORM) на уровне постановки учебной задачи, обеспечения выполнения учебной работы и оценивания результатов, для учета в рейтинговой системе оценивания. Также выполнено требования обеспечения упаковки этого типа ресурса для переноса в другую обучающую систему.

5 Выводы

Описан разработанный программный модуль виртуальной лаборатории с использованием технологий Unity3D, который внедрен в СДО «Херсонский виртуальный университет». Этот модуль предназначен для поддержки дистанционного учебного процесса. В статье описаны объекты программного модуля, технологии их создания, а также основные режимы работы. Применение данного программного интерфейса позволит преподавателям создавать лабораторные работы и использовать их в своих дистанционных курсах. Учащиеся, в свою очередь, смогут проводить исследования, выполняя виртуальные лабораторные работы.

Список использованных источников

1. Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти : монографія / В. Ю. Биков. – К. : Атіка, 2009. – 684 с.
2. Козловський Є. О. Віртуальна лабораторія в структурі системи дистанційного навчання / Козловський Є. О., Кравцов Г. М. // Інформаційні технології в освіті. – Херсон, 2011. – Випуск 10. – С. 102-109.
3. Козловский Е. О. Объектная модель структуры программного обеспечения виртуальной лаборатории в системе Херсонский виртуальный университет / Козловский Е. О., Кравцов Г. М. // Інформаційні технології в освіті. – Херсон, 2012. – Випуск 12 – С. 55-60.
4. Єчкало Ю. В. Засоби навчання факультативного курсу «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів» / Єчкало Ю. В. // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна / [редкол. : П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. – Вип. 17 : Інноваційні технології управління компетентісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія. – С. 209-211.
5. Семеріков С. О. Застосування системи комп'ютерної алгебри Maxima для генерування математичних текстів в системі дистанційного навчання / С. О. Семеріков, І. О. Теплицький // Актуальні проблеми психології : Психологічна теорія і технологія навчання. – К. : Міленіум, 2007. – Т. 8, вип. 3. – С. 85-95.

References (translated and transliterated)

1. Bykov V. Yu. Modeli orhanizatsiinykh system vidkrytoi osvity [Models of the open education organizational systems] : monohrafiia / V. Yu. Bykov. – K. : Atika, 2009. – 684 s. (In Ukrainian)
2. Kozlovskiy Ye. O. Virtualna laboratoriia v strukturi systemy dystantsiinoho navchannia [Virtual Laboratory in the structure of distance learning] / Kozlovskiy Ye. O., Kravtsov H. M. // Informatsiini tekhnolohii v osviti. – Kherson, 2011. – Vypusk 10. – S. 102-109. (In Ukrainian)
3. Kozlovskij E. O. Ob'ektnaja model' struktury programmnoho obespechenija virtual'noj laboratorii v sisteme Hersonskij virtual'nyj universitet [Object Model of structure of a virtual lab software in System of Kherson Virtual University] / Kozlovskij E. O., Kravcov G. M. // Informacijni tekhnologii v osviti. – Herson, 2012. – Vipusk 12 – S. 55-60. (In Russian)
4. Echkalo Yu. V. Zasoby navchannia fakultatyvnoho kursu "Kompiuterne modeliuvannia fizychnykh protsesiv" [Tutorials of a facultative course "Computer modelling of physical processes"] / Echkalo Yu. V. // Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu. Seriiia pedahohichna / [redkol. : P. S. Atamanchuk (holova, nauk. red.) ta in.]. – Kamianets-Podilskiy : Kamianets-Podilskiy natsionalnyi universytet imeni Ivana Ohiiienka, 2011. – Vyp. 17 : Innovatsiini tekhnolohii upravlinnia kompetentnisno-svitohliadnym stanovlenniam uchytelia: fizyka, tekhnolohii, astronomiia. – S. 209-211. (In Ukrainian)
5. Semerikov S. O. Zastosuvannia systemy kompiuternoi alhebry Maxima dlia heneruvannia matematychnykh tekstiv v systemi dystantsiinoho navchannia [The application of computer algebra system Maxima to generate mathematical texts in distance learning] / S. O. Semerikov, I. O. Teplytskyi // Aktualni problemy psykholohii : Psykholohichna teoriia i tekhnolohiia navchannia. – K. : Milenium, 2007. – T. 8, vyp. 3. – S. 85-95. (In Ukrainian)