

УДК 004.4

**В. Б. Таранчук,**  
доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой компьютерных технологий и систем БГУ;  
**В. А. Кулинкович,**  
аспирант кафедры компьютерных технологий и систем БГУ

## **ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ *MATHEMATICA* ПРИ ПОДГОТОВКЕ И РАСПРОСТРАНЕНИИ ИНТЕРАКТИВНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ**

**В**ведение. Одним из важных направлений развития современного образования является повышение эффективности использования информационно-коммуникационных технологий. Аппаратное и программное обеспечение компьютера предоставляют разнообразные возможности создания и использования электронных документов с компонентами интеллекта, динамической интерактивности. Такие документы имеют ряд преимуществ перед печатными изданиями. Актуальной является задача повышения эффективности использования информационных технологий, определения требований к содержанию интерактивных электронных документов, способам их подготовки.

В [1; 2] описаны рекомендации применения системы компьютерной алгебры *Wolfram Mathematica*, формата вычисляемых документов CDF, модулей коллекции демонстрационных проектов компании *Wolfram* при создании электронных интерактивных образовательных ресурсов. Примеры выполнения, в том числе в приложениях, размещаемых в Интернете, основные команды для программирования и решения типичных задач интерактивных математических преобразований и вычислений приведены в [2; 3]. В настоящей работе описаны функции *Mathematica*, использование которых рекомендуется при создании графических приложений, визуализации математических функций, результатов численных расчетов и вычислительных экспериментов любого уровня сложности. Для наглядности подробно описаны два программных приложения из комплекта электронных учебных материалов дисциплины «Компьютерная графика» [4].

**О программировании интерактивных графических приложений.** Приведем и поясним интерфейс и компоненты программных модулей, которые предоставляются

студентам при изучении тем «Геометрические преобразования в 2D и 3D. Матричное представление, композиция 3D преобразований» и «Линейные, нелинейные фильтры». Темы выбраны специально. Первая предполагает изучение в основном математических основ компьютерной графики, причем для понимания теории и алгоритмов преобразований важно «на лету» упрощать выражения итоговых преобразований, получать и динамически манипулировать изображениями исходных и преобразованных объектов в пространстве. Вторая тема – эффекты применения разных фильтров к изображениям с искажениями и помехами. В этой теме используемые формулы преобразований относительно простые, но для понимания важно мгновенно получать результат, оценивать его визуально и по критериям (расчеты по формулам, статистические оценки).

Студентам, при изучении обсуждаемых тем, кроме электронных документов с изложением теории, пояснений и иллюстраций алгоритмов преобразований для освоения предлагаются программные модули *Understanding3DRotationR.cdf* и *ConvolutionLinearFilteringR.cdf*, которые адаптированы по оригиналам [5; 6] (сделан перевод на русский язык, уточнены начальные ракурсы и масштаб просмотра, заменены исходные изображения, добавлены пояснения частей кода, несколько функций).

**Инструменты приложения *Understanding3DRotationR*** и пояснения составных частей сцены окна проекта показаны на рисунках 1–3; в кадры вывода на рисунках 2, 3 добавлены вставки фрагментов панелей со значениями параметров геометрии и ракурса наблюдения. На рисунке 1 в левой части показаны элементы панели управления, справа – сцена.

Сцена всех иллюстраций включает: окаймляющий куб с подписями и разметкой осей; исходный и преобразованный объекты; плоскость и ось поворотов. В приведенном примере сцена размера  $10 \times 10 \times 10$ , начало координат в центре сцены, положение наблюдателя (в условных единицах характерного размера сцены, который в примере равен 10) –  $\{1.4, -3.1, 1.3\}$ , исходный объект – конус высоты 3, ось проходит через точки  $(\pi/2, \pi/2, 0)$  и  $(\pi/2, \pi/2, 3)$ , радиус в основании 2. Рисунок 1 иллюстрирует преобразование поворота на  $180^\circ$  вокруг оси Z,  $w_z = 1$ , все другие параметры нулевые.

На иллюстрациях 1–3 изменение значений  $w_x$ ,  $w_y$ ,  $w_z$  обеспечивает повороты, изменение  $r_x$ ,  $r_y$ ,  $r_z$  – перемещение в соот-

ветствующем направлении, изменение  $\Theta$  – задание итогового угла поворота исходного объекта вокруг назначенной оси (с учетом поворотов плоскости и сдвигов).

Рисунок 2 иллюстрирует преобразование перемещения; два фрагмента в верхнем ряду – перемещение в направлении X с  $r_x = -0.5$  (слева) и  $-1.2$  (справа), в нижнем ряду – дополнительно к  $r_x = -1.2$  еще в направлении Y смещение  $r_y = -1.2$ ; во всех примерах этой серии  $w_z = 1$ ,  $\Theta = 180^\circ$ , другие параметры нулевые.

Важно отметить, что при формировании изображений автоматически обрабатывают алгоритмы отсечения. Так, при  $r_x = -1.2$ ,  $r_y = 0$  видим правую часть конуса, при  $r_x = -1.2$ ,  $r_y = -1.2$  – отсечены левая и передняя части.

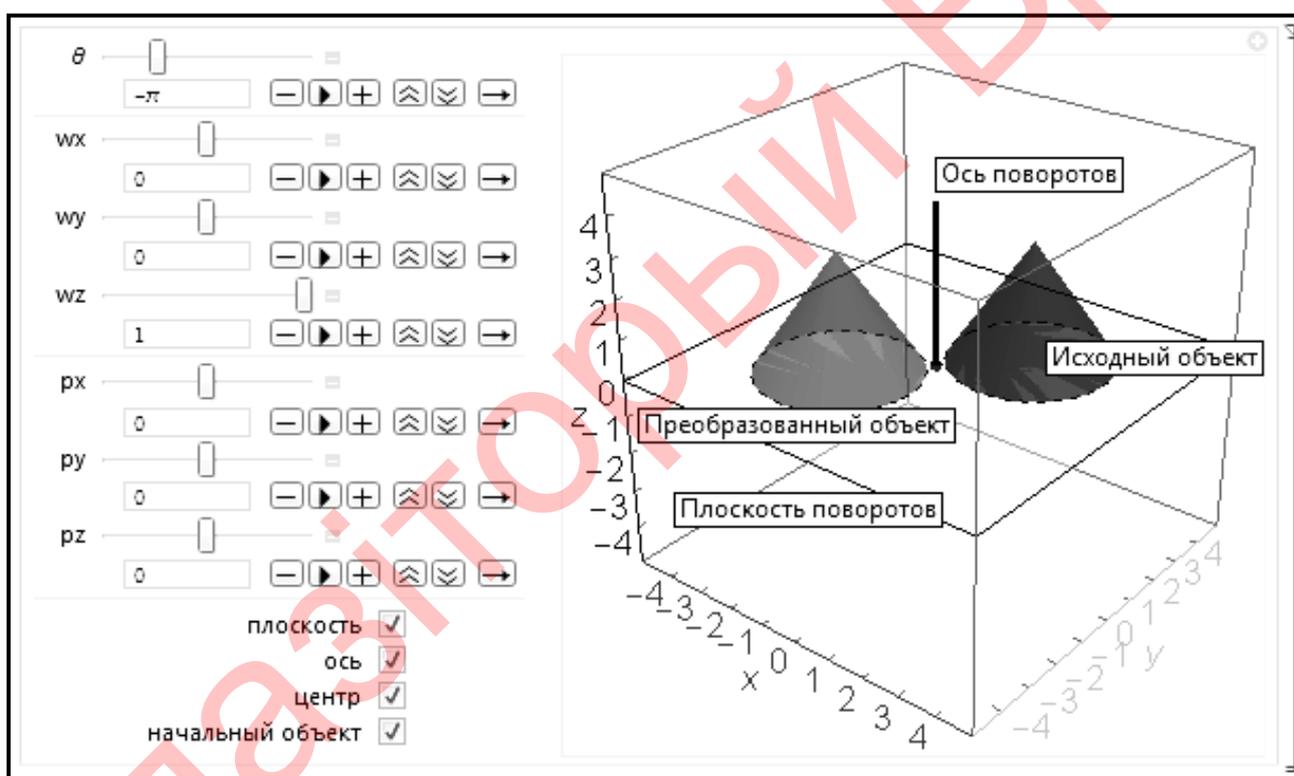


Рисунок 1 – Фрагмент панели управления, окна вывода с пояснениями объект ов сцены, кадра с результатами

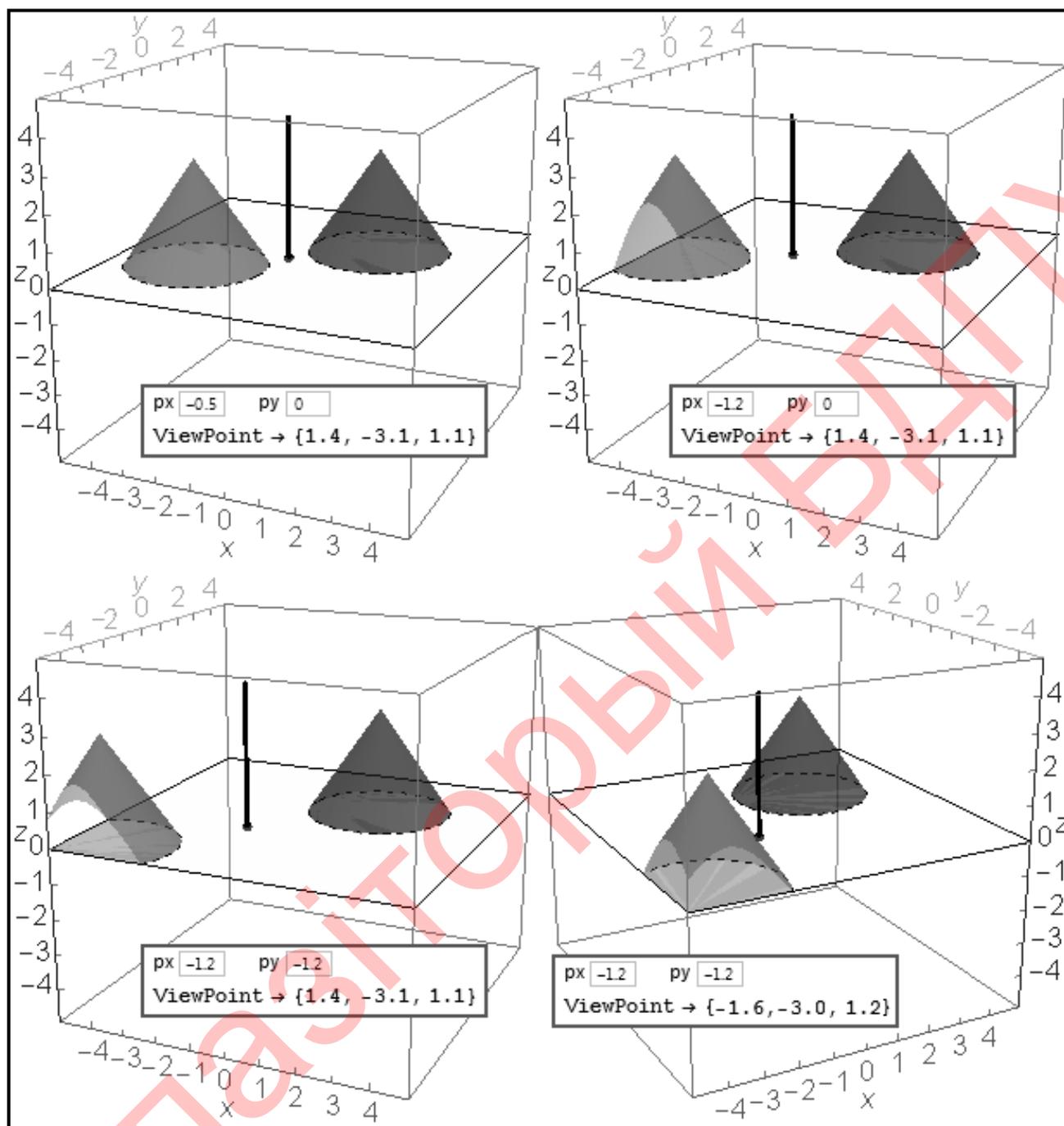


Рисунок 2 – Фрагменты окон приложения с результатами применения преобразования перемещений

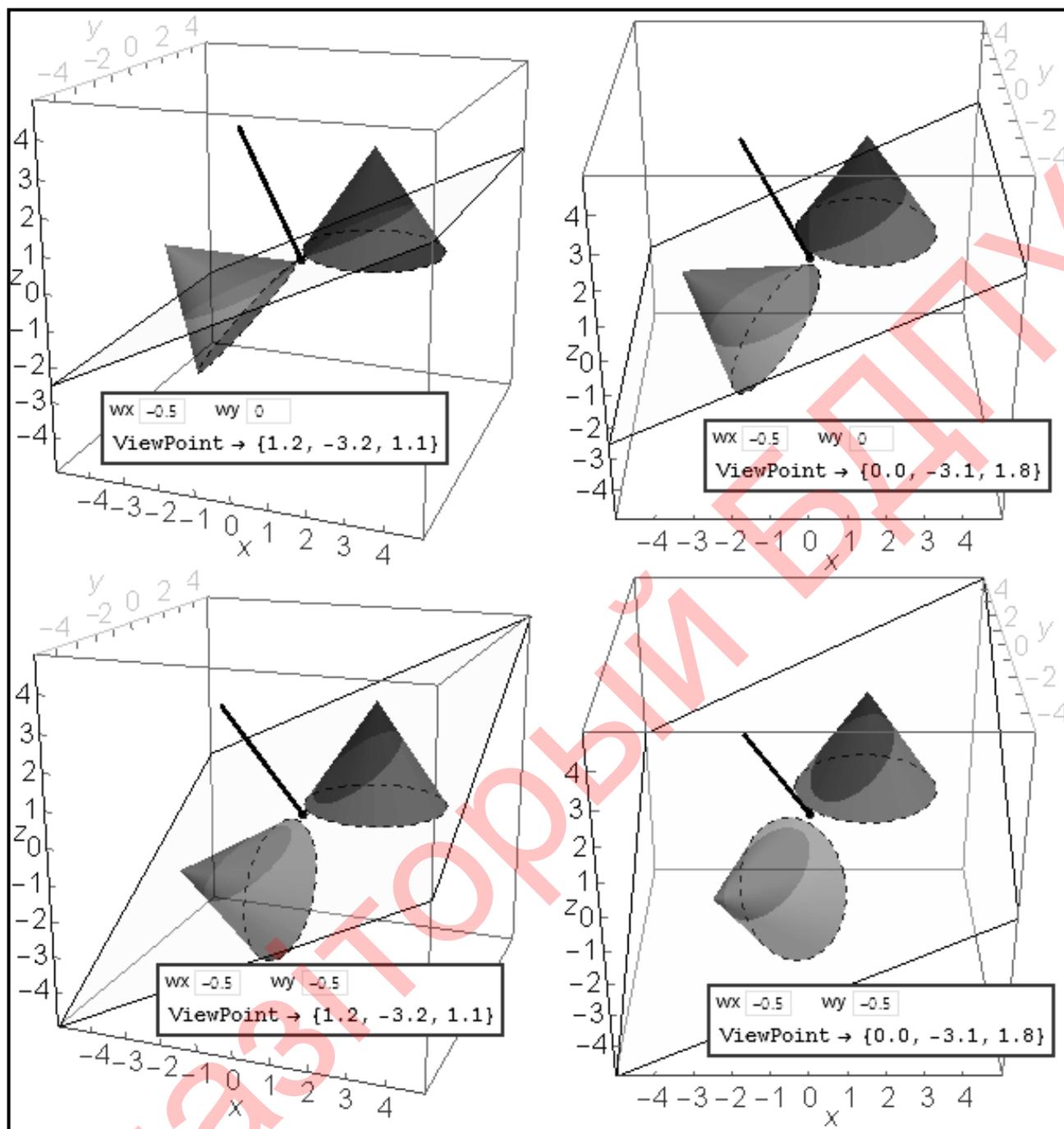


Рисунок 3 – Фрагменты окон приложения с результатами применения преобразования поворотов

В программном приложении можно перемещать и поворачивать получаемую сцену, менять размер кадра графики. Каждое действие управления (поворот, перемещение) можно выполнять, задавая значение параметра в поле ввода или перемещением бегунка. Также можно запускать просмотр с автоматическим изменением любого из приведенных параметров; инструментами управления выводом видео можно регулировать скорость и направление прокрутки видео, возможна пошаговая смена кадров. Шаг изменения значений параметров можно зада-

вать в коде, в противном случае будет использоваться значение по умолчанию; задание границ интервала обязательно. В программном модуле даны комментарии к основным функциям и опциям кода, чтобы студенты могли вносить изменения, а также заимствовать приемы написания программы, упражняться, используя другие графические примитивы и фигуры. Например, поясняя использованную в коде функцию формирования и вывода графики Graphics3D, предлагается в качестве исходного объекта вместо примитива конус (Cone) получить изображе-

ния с цилиндром или сферой, кубом, параллелепипедом, пирамидой (примитивы в *Mathematica* – Cylinder, Sphere, Cuboid, Parallelepiped, Pyramid).

**Ключевые функции и опции исходного кода.** В части оформления, настройки вида объектов сцены в упражнениях включены пояснения:

- правил подготовки сопровождающих подписей (FormatType, BaseStyle, Style, TraditionalForm, StandardForm, FontFamily, FontSlant, FontSize, AxesStyle, LabelStyle, TicksStyle, GridLinesStyle, MeshStyle, BoundaryStyle, FillingStyle, ClippingStyle);
- способов задания толщины и типа линий (Thickness, AbsoluteThickness, Dashed, Dotted, DotDashed, Thick, Thin);
- вариантов задания цветов, прозрачности и имитации освещения (Colors, GrayLevel, RGBColor, CMYKColor, LABColor, ColorFunction, ColorFunctionScaling, Opacity, Lighting, Specularity);
- опций управления кадром вывода (ImageSize, PlotRegion, PlotRange, PlotRangeClipping, AspectRatio, BoxRatios, Scaled, BoxStyle).

относительно применяемых в модуле функций преобразования RotationTransform, TranslationTransform – дополнительно записаны пояснения и упражнения, чтобы студенты освоили функции системы AffineTransform, GeometricTransformation.

**Инструменты и окно приложения ConvolutionLinearFilteringR** показаны на рисунках 4, 5. Результаты выполнения модуля включают следующие элементы: кнопки выбора типа фильтров (линейные/нелинейные); бегунки для задания значений матрицы используемого линейного фильтра; кнопки выбора одного из трех нелинейных фильтров; два изображения: исходное (слева) и обработанное с помощью выбранного фильтра (справа). Пользователь имеет возможность ввести произвольную матрицу линейного фильтра, с которым будет производиться преобразование.



Рисунок 4 – Окно приложения с результатом обработки изображения с помощью оператора Собеля



Рисунок 5 – Окно приложения с результатом обработки с помощью медианного фильтра

Рисунок 4 иллюстрирует обработку с помощью одного из линейных фильтров выделения границ (оператор Собеля); такие фильтры используются в различных прикладных задачах распознавания, в частности, на этапе предобработки для дальнейшего уменьшения объема обрабатываемых данных. На рисунке 5 представлена демонстрация работы нелинейного медианного фильтра, который применен к изображению, искаженному импульсным шумом. Данный фильтр подавляет шум, но приводит к небольшому размытию исходного изображения; лучшего результата можно добиться применением взвешенного медианного фильтра.

При подготовке данного модуля кроме перечисленных выше функций использовались следующие функции и опции:

- функции для работы с изображениями (`ImageConvolve`, `ImageAssemble`);
- функции размещения объектов в окне вывода (`Grid`, `Row`, `Column`);
- функции, опции настройки работы с вещественными числами (`NumberForm`, `RandomReal`, `WorkingPrecision`).

**О настройке инструментов динамической интерактивности.** Наиболее часто в блокнотах *Mathematica* динамическая интерактивность, диалоговые окна, управление параметрами входных данных для вычислений (в том числе символьных), построение и просмотр графиков реализуются с исполь-

зованием функции `Manipulate`. Соответствующий модуль `Manipulate` позволяет создавать различные интерактивные средства по заданному выражению `expr` с аргументами (параметрами). Причем выражение `expr` трактуется в самом общем виде и может быть списком, включающим названия, математические выражения, графические функции и т. д. Особое внимание при пояснениях в представляемых студентам приложениях уделено вопросам программирования динамического вывода, использования инструментов интерактивности – примерами иллюстрируются функции и опции динамических вычислений, включения и выключения индикаторов, организации флажков, кнопок, иерархических и выпадающих меню, локаторов. Поясняются: `Manipulate`, `Dynamic`, `Initialization`, `Delimiter`, `PopupMenu`, `Checkbox`, `CheckboxBar`, `RadioButtonBar`, `SetterBar`, `TogglerBar`, `ControlType`, `Locator`, `Slider`, `Slider2D`, `ColorSlider`, `SaveDefinitions`, `AutorunSequencing`.

**Об опциях обеспечения функционирования динамической интерактивности в CDF документах.** При подготовке блокнотов в *Mathematica*, если предполагается их сохранение, просмотр в `CDF Player`, следует выполнять инициализацию (`Initialization:->`) или сохранить параметры для анимации (`SaveDefinitions`). Это обязательно, так как `CDF Player` не может загружать пользовательские данные во время работы. Допусти-

ма работа только с теми списками, комплектами, наборами, которые включены в базу знаний, то есть вся используемая функцией Manipulate информация должна быть встроена в интерактивные элементы .cdf файла.

**Заклучение.** Описаны базовые функции и опции системы *Mathematica*, применение которых существенно расширяет возможности создания электронных образовательных ресурсов, содержащих математическую нотацию любого уровня сложности и графические иллюстрации всех типов и категорий. Немаловажным достоинством является также то, что перечисленное не требует от создателей знаний программирования.

Дополнительная информация доступна посетителям сайта кафедры компьютерных технологий и систем БГУ [www.cas.fpmi.bsu.by](http://www.cas.fpmi.bsu.by) [<http://www.cas.fpmi.bsu.by>](http://www.cas.fpmi.bsu.by), где можно ознакомиться с NB И CDF документами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Таранчук, В. Б. О создании интерактивных образовательных ресурсов с использованием технологий Wolfram / В. Б. Таранчук // Информатизация образования. – 2014. – № 1. – С. 78–89.
2. Таранчук, В. Б. О применении Wolfram Mathematica при создании электронных образовательных ресурсов / В. Б. Таранчук // Весті БДПУ. Серія 3. Фізика. Математика. Методика викладання. – 2014. – № 2. – С. 57–62.
3. Таранчук, В. Б. О применении технологии вычисляемых документов Wolfram при создании

электронных образовательных ресурсов / В. Б. Таранчук // Весті Інститута сучасних знань. – 2014. – № 3 (60). – С. 102–109.

4. Таранчук, В. Б. Особенности подготовки и использования электронных ресурсов при преподавании компьютерной графики / В. Б. Таранчук, В. А. Куликович // Информатизация образования – 2014: педагогические аспекты создания и функционирования виртуальной образовательной среды : материалы междунар. науч. конф., г. Минск, 22–25 окт. 2014 г. – Минск, 2014. – С. 380–384.
5. Understanding 3D Rotation [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://demonstrations.wolfram.com/Understanding3DRotation>.
6. Image Kernels and Convolution (Linear Filtering) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://demonstrations.wolfram.com/ImageKernelsAndConvolutionLinearFiltering>.

#### SUMMARY

*The basic elements of software modules, functions and options of the Mathematica language are described and explained with examples, which should be used in creating freely distributed interactive graphical applications in CDF format. The proposed methodological and technical solutions significantly expand the possibilities of creating electronic educational resources containing mathematical notation of any complexity and graphic illustrations of all types and categories. The article presents and illustrates interface and the results of software modules that are provided to students studying discipline "Computer Graphics" the sections "Matrix representation, composition 3D transformations" and "Digital Filters".*

Поступила в редакцию 25.03.2015 г.