

Учредитель –
Учреждение «Главный
информационно-
аналитический центр
Министерства образования
Республики Беларусь»

Свидетельство о регистрации
№662
выдано 28.10.2010 г.
Министерством информации
Республики Беларусь



220088, г. Минск,
ул. Захарова, 59

<http://www.giac.unibel.by>

**Ежеквартальный
научно-методический журнал**
(приказом ВАК РБ от 2 февраля 2011 г.
№ 26 включен в список научных изданий
Республики Беларусь для опубликования
результатов диссертационных исследований)

1(73) 2014

Информатизация образования

Издается с IV квартала 1995 года

Редакционный совет

Н.И. Листопад (главный редактор)
А.Н. Курбацкий (предс. ред. совета)
С.И. Ладутько (зам. гл. редактора)
Е.Н. Кишкурно (отв. секретарь)
М.М. Ковалев
В.Н. Ярмолик
М.К. Буза
Б.Н. Паньшин
В.В. Басько
М.Г. Зеков
В.И. Дравица
С.В. Енин
Д.И. Пунько

СОДЕРЖАНИЕ

Концепции

Ю.И. Воротницкий, М.Г. Зеков, Н.И. Листопад, С.Ю. Михневич
Основные критерии и показатели уровня информатизации учреждений образования на примере общеобразовательной школы **3**

Из опыта работы

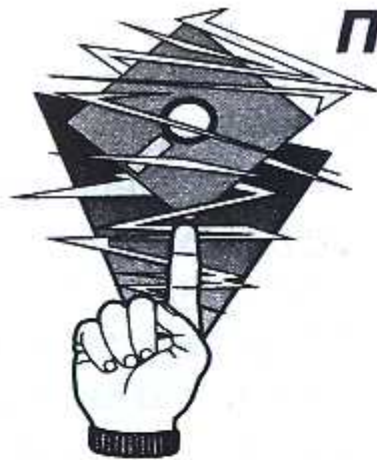
О.В. Афанасьева
Виртуальный кабинет экономии и бережливости **17**
Л.Г. Шипулина
Совершенствование методов электронного обучения и оценки результатов обучения **25**
М.С. Долинский, М.А. Долинская
Об одном подходе к обучению программированию на первом курсе **32**

Научные публикации

А.А. Прихожий, О.Н. Карасик
Исследование методов реализации многопоточных приложений на многоядерных системах **43**
А.Ю. Лобанов
Двунаправленный алгоритм на основе маршрутов для поиска путей в сети общественного транспорта **63**

Программно-технические средства

В.Б. Таранчук
О создании интерактивных образовательных ресурсов с использованием технологий Wolfram **78**



ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

В.Б. Таранчук, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой компьютерных технологий и систем факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета

О создании интерактивных образовательных ресурсов с использованием технологий Wolfram

Введение

В середине XX века на стыке математики и информатики возникло и интенсивно развивается фундаментальное научное направление – компьютерная алгебра, наука об эффективных алгоритмах вычислений математических объектов. Направление компьютерная алгебра представлено теорией, технологиями, программными средствами. К прикладным результатам относят разработанные алгоритмы и программное обеспечение для решения с помощью компьютера задач, в которых исходные данные и результаты имеют вид математических выражений, формул. Основным продуктом компьютерной алгебры стали программные системы компьютерной алгебры – СКА (англ. Computer Algebra System, CAS). Круг обслуживаемых такими системами математических объектов непрерывно рас-

ширяется, активно разрабатываются алгоритмы вычисления топологических инвариантов многообразий, узлов, алгебраических кривых, когомологий различных математических объектов, арифметических инвариантов колец целых элементов в полях алгебраических чисел. Другое направление современных исследований – квантовые алгоритмы, имеющие иногда полиномиальную сложность, тогда как существующие классические алгоритмы экспоненциальную.

Программных комплексов, выполняющих символьные вычисления, достаточно много, систематически выходят обновления и описания возможностей новых версий. С обзором СКА по состоянию на 2008 г. можно ознакомиться в книге [1], текущее состояние и основные функциональные возможности описаны в [2]. Большинство СКА не только применимы для исследования различных математических и научно-технических задач, но и содержат все составляющие языков программирования – де факто являются проблемно-ориентированными языками программирования высокого уровня. Широкое распространение в настоящее время имеют СКА: *Derive*, *Maxima*, *Axiom*, *Reduce*, *MuPAD*, *Mathcad*. Особое место занимает система компьютерной математики *MATLAB*. Лидерами СКА являются *Mathematica* и *Maple* – мощные системы с собственными ядрами символьных вычислений, оснащенные интеллектуальным пользовательским интерфейсом и обладающие широкими графическими и редакторскими возможностями.

Система компьютерной алгебры *Mathematica* компании Wolfram Research является одним из наиболее мощных и широко применяемых интегрированных программных комплексов мультимедиа-технологии. Мировым сообществом *Mathematica* признана фундаментальным достижением в области компьютерного проектирования, она является одним из самых больших программных комплексов; содержит много новых алгоритмов, при ее реализации применены уникальные технические решения. В системе реализованы и доступны пользователям практически все возможности

аналитических преобразований и численных расчетов, поддерживается работа с базами данных, графикой и звуком. *Mathematica* дает пользователю возможности анализировать, манипулировать, иллюстрировать графиками практически все функции чистой и прикладной математики. Система обеспечивает расчеты с любой заданной точностью; построение двух- и трехмерных графиков, их анимацию, рисование геометрических фигур; импорт, обработку, экспорт изображений, аудио и видео. *Mathematica* прошла путь от программы, используемой преимущественно для математических и технических расчетов, до инструмента, широко применяемого в различных областях ([3]), она классифицируется, как платформа для разработки, полностью интегрирующая вычисления в процесс от начала до конца, плавно проводя пользователя от первоначальных идей до промышленных решений. Отмечаются особые возможности Wolfram Mathematica в интеграции средств информационных и коммуникационных технологий, научно-методического обеспечения образовательного процесса и научных исследований в высших учебных заведениях.

Формат вычисляемых документов (CDF)

Начиная с версии 8, пользователи *Mathematica* получили возможность создания интерактивных книг, отчетов, программных приложений в CDF формате ([4]). Такие документы с помощью бесплатной программы CDF Player можно свободно распространять и работать с ними, в том числе в виде веб-объектов всех популярных браузеров. Формат CDF поддерживает с использованием ползунков, меню и кнопок интерактивность в документе, возможности динамической работы с содержимым. Реакцией на команды пользователя через инструменты интерактивности являются обеспечиваемое использованием встроенной вычислительной подсистемы формирование и обновление контента.

В документах формата CDF можно размещать текст, таблицы, изображения, аудио и видео, предусмотрено ис-

пользование печатной верстки и технических обозначений. Если предварительно запрограммировано, сгенерировано в *Mathematica*, можно выполнять аналитические преобразования, вычисления, импорт и экспорт данных, графическую визуализацию, поддерживаются компоновки документа с разбивкой на страницы, со структурной детализацией и режим слайд-шоу, разные способы формирования и просмотра результатов в режиме реального времени. Важно, что формат CDF делает набор математических выражений семантически точным. В дополнение к качественной верстке, пригодной для публикаций, формулу можно вводить полностью набранной типографским способом и использовать для вычислений, доступно указание формата вывода результатов: математическая нотация, формат языка программирования. Оформление документа можно контролировать с использованием каскадных таблиц стилей. Документ, первоначально созданный в одном стиле, можно преобразовать во множество форм – отчет, статья, учебник, презентация, инфографика или приложение. *Mathematica* предоставляет создателям документа более тысячи опций для форматирования и стилистического оформления, немедленное обновление стилей динамического и статического контента.

Примеры иллюстраций для учебных пособий в CDF формате

Отметим, что компанией Wolfram создан и регулярно обновляется каталог [5] свободно распространяемых в форматах NB и CDF интерактивных программных приложений-проектов. По состоянию на апрель 2014 г. в каталоге размещены и доступны посетителям сайта более 9450 демонстраций по разным разделам науки, техники, жизни (Mathematics, Computation, Physical Sciences, Life Sciences, Business & Social Systems, Engineering & Technology, Systems, Models & Methods, Our World, Creative Arts, Kids & Fun, Mathematica Functionality, Browse by US Common). Ресурсы названного каталога целесообразно применять в ка-

честве научного, инженерного, технического материала, а также составных частей электронных учебников.

Рассмотрим иллюстрации, подготовленные в *Mathematica*, выводимые в программе CDF Player; примененные для реализации функции и опции СКА пояснены ниже. Выбраны 3 разных раздела, причем, не по соображениям популярности, а достаточно случайно, можно сказать – «первые попавшиеся», можно привести и более зрелищные.

На фрагментах скриншотов рис. 1 в верхней части приведен код – простая конструкция, также показаны два варианта копий окна экрана с получаемыми интерактивно результатами возведения в степень выражения $(\alpha x + y)^n$, когда заданы $n = 5$, $\alpha = 3$ и $n = 13$, $\alpha = 1.5$. В этом примере пользователь, используя ползунки на панели манипулятора, может менять значение степени n , множитель α . В рамке в фигурных скобках выводятся n , α и результат.

На рис. 2 показаны график функции $y = x^3 - 4x \sin(10x) - 10x + 5$, касательная к кривой и секущая, 3 варианта результатов. Положение контрольной точки, в которой рисуется касательная, она же – точка секущей, задается пользователем изменением позиции указателя x_0 («привязка» точки к кривой обеспечивается заданием координаты), вторая точка секущей определяется положением указателя h .

Показанные на рисунках 1 и 2 примеры в программировании очень просты, подобные могут создать даже начинающие пользователи системы *Mathematica*. Иллюстрации рис. 3 предполагают реализацию достаточно сложных алгоритмов компьютерной графики, математических преобразований координат объектов в пространстве, формирования проекций, отсечений. Приведенные изображения получены с использованием размещенных в [5] приложений «Orthographic Projection of Parallelepipeds» (contributed by: Anastasiya Rybik, thesis adviser: Valery Taranchuk, published: May 28, 2013), «Cutoff Parallelepipeds»

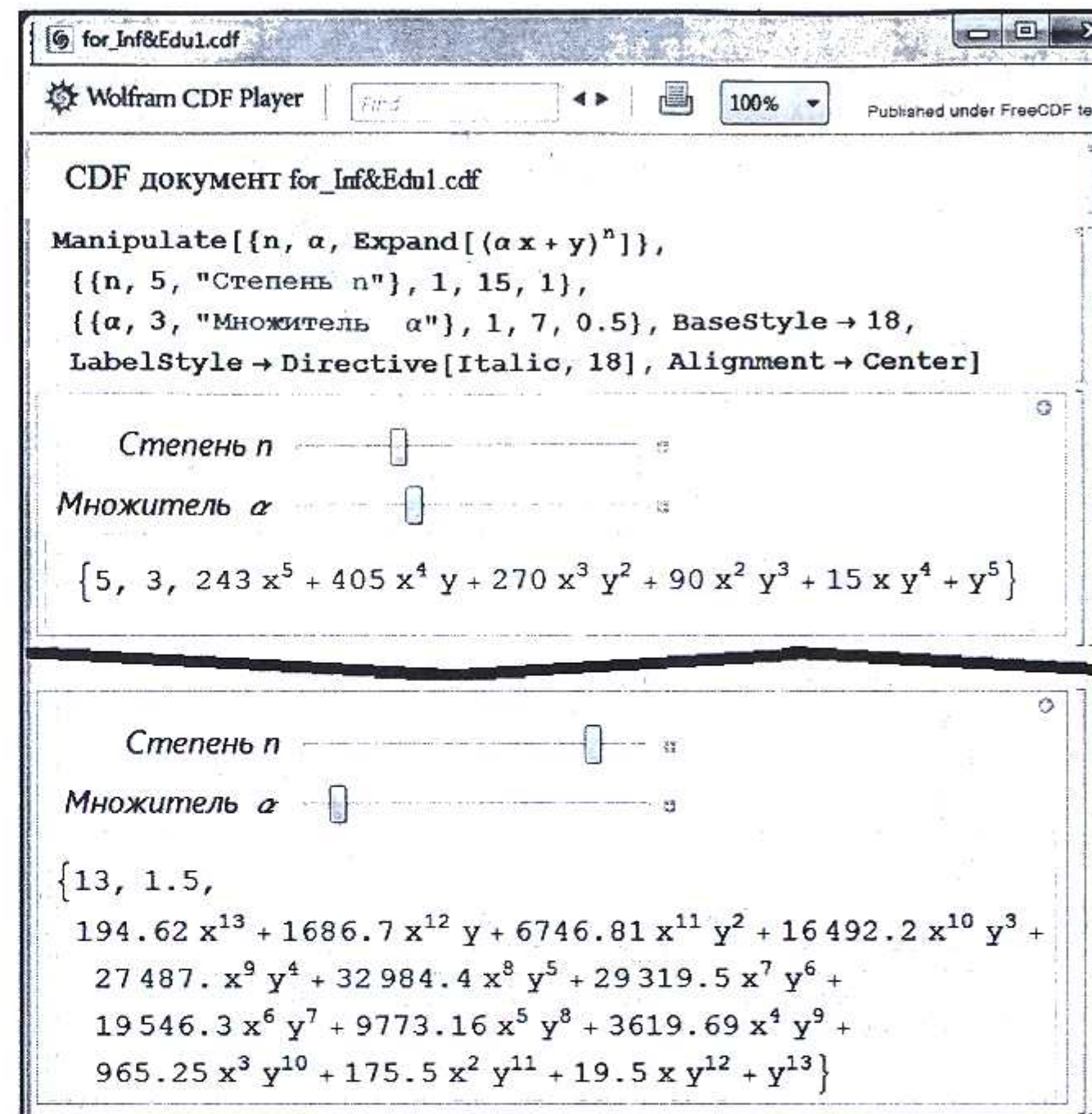


Рис. 1. Пример вывода результатов аналитических вычислений

(contributed by: Anastasia Dvorkina, suggested by: Valery Taranchuk, published: June 6, 2013). Иллюстрации включают фрагменты скриншотов и их композиции (для понимания возможностей управления геометрией фигур сцены). В сцене размещены выводимые на рис. 3 с коэффициентом прозрачности 0.2 отсекающая плоскость и 2 параллелепипеда (разными цветами выводятся грани и ребра), основания которых – параллелограммы. Пользова-

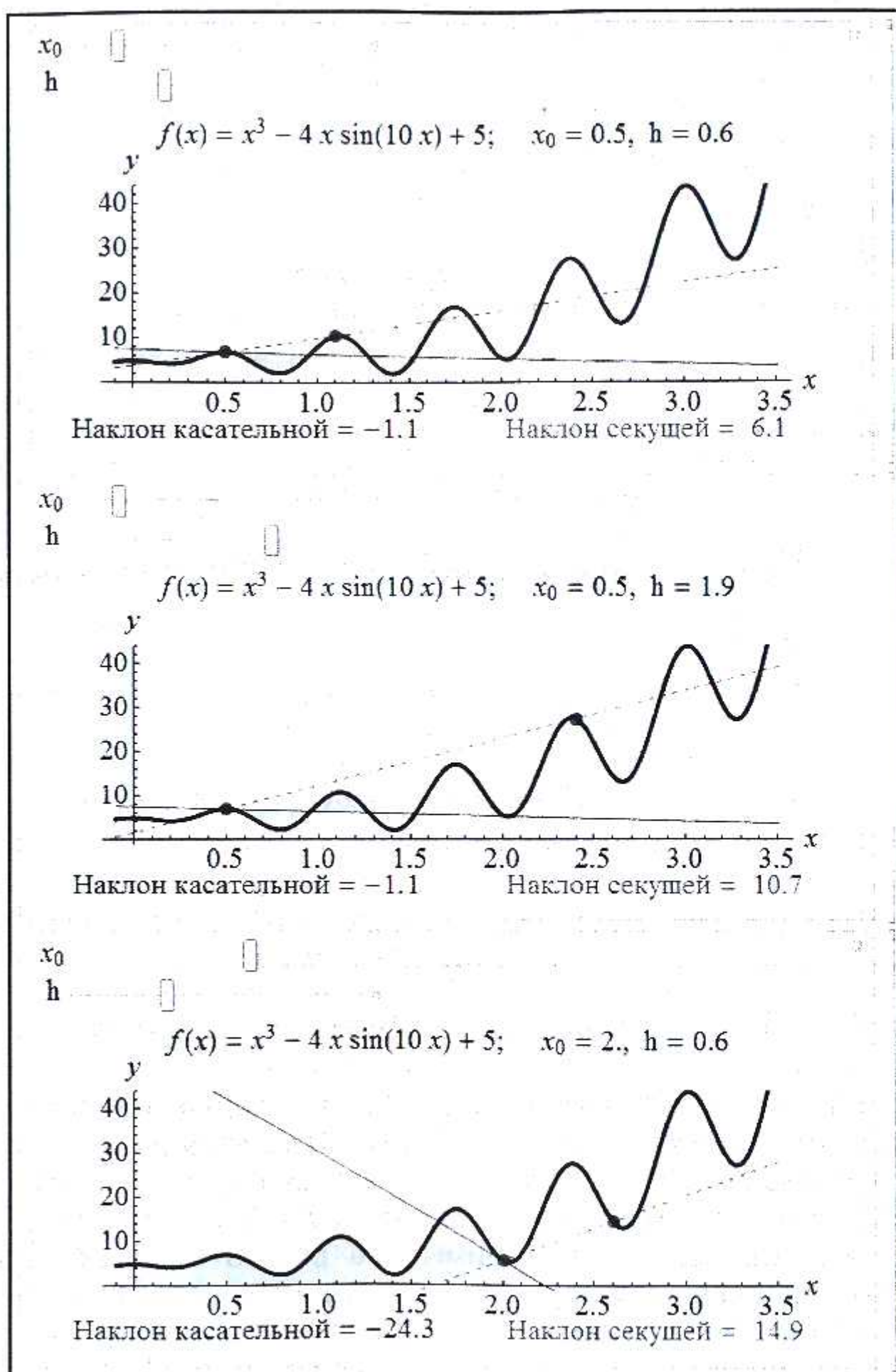


Рис. 2. Пример вывода результатов 1D графики

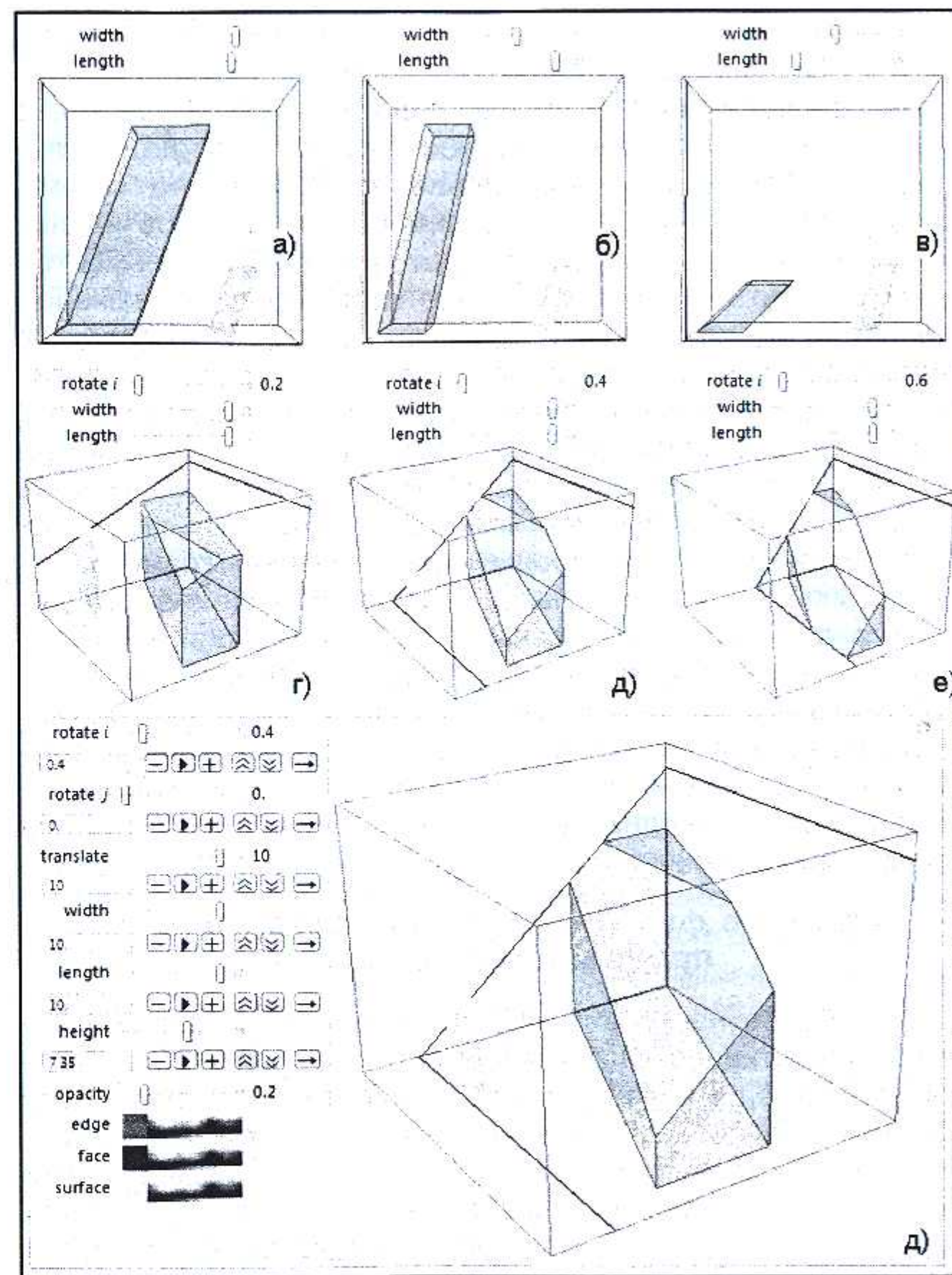


Рис. 3. Пример вывода результатов 3D графики

тель приложения имеет возможность поворачивать сцену в любом направлении, менять масштаб изображения. Размеры основания одного параллелепипеда фиксированы, а у другого можно ползунками менять длину (length) и глубину (width); у обоих параллелепипедов можно менять высоту (height) – в случае изменений параметров на панели изображение пересчитывается и перерисовывается (практически мгновенно). Три варианта задания размеров основания показаны в кадрах а), б), в) – вид сцены сверху для случая, когда отсекающая плоскость ориентирована горизонтально и размещена выше параллелепипедов, т.е. отсечения нет. Отсекающую плоскость можно вращать вокруг любой из линий ее текущего пересечения с координатными плоскостями xOz и yOz – на чертежах также показываются стороны многоугольника-границы отсеченной части, отсеченные части параллелепипедов удаляются из вида. Три разных вида отсечения показаны фрагментами скриншотов г), д), е). В примере первоначально горизонтально ориентированная плоскость размещена на уровне 10 и рассмотрены повороты вдоль стороны в координатной плоскости xOz . Скриншот с панелью управления для варианта отсечения д) показан в нижней части иллюстрации.

Ключевые функции и опции исходных кодов приведенных примеров

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 использованием 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.

Так, в рассмотренном и иллюстрируемом рис. 1 задании, пользователь, используя ползунки на панели манипулятора, может менять значение степени n от 1 до 15 с шагом 1, а множитель α от 1 до 7 с шагом 0.5. В рамке в фигурных скобках выводятся n , α и результат. Перечисленное обеспечивает функция *Manipulate*, у которой в качестве *expr* перечислены $\{n, \alpha, (\alpha x + y)^n\}$ – список, включающий два идентификатора и выражение, которые подлежат выводу в окно результатов. В коде задаются: $\{\{n, 5, \text{«Степень } n\text{»}\}, 1, 15, 1\}$, $\{\{\alpha, 3, \text{«Множитель } \alpha\text{»}\}, 1, 7, 0.5\}$ – в фигурных скобках перечисляются начальное значение параметра, название (в кавычках) для вывода на панели слева от полосы бегунка, отрезок изменения и шаг. Вообще говоря, можно задавать стандартное, плавное, дискретное, целочисленное изменение параметров, или вовсе не задавать. Для задания размера символов шрифта (18) результатов и подписей, позиционирования выводимого результата (отцентрировать) в коде используются опции *BaseStyle*, *LabelStyle*, *Alignment*; директивой *Directive* определяется стиль (курсив) названий параметров.

Пример 2 – пользователь, используя ползунки на панели манипулятора, может менять параметры анимации: значения абсциссы контрольной точки ($x_0=a$), приращение h абсциссы второй точки (секущей). Изменение a (h фиксируется) обеспечивает перемещение контрольной точки и второй точки секущей на кривой, положений линий касательной и секущей. При изменении h перерисовываются секущая и ее вторая точка (на кривой). В части программной реализации пример отличается незначительно. Ключевой является часть кода *Plot*[$\{f[x], f[a] + (D[f[t], t]/.t \rightarrow a) \cdot (x-a), f[a] + ((f[a+h]-f[a])/h) \cdot (x-a)\}, \{x, x_{\min}, x_{\max}\} \dots$. Здесь функция одномерной графики *Plot* применяется для формирования и вывода графиков функции $f[x]$, касательной $f[a] + (D[f[t], t]/.t \rightarrow a) \cdot (x-a)$ и секущей $f[a] + ((f[a+h]-f[a])/h) \cdot (x-a)$. Конструкция $D[f[t], t]/.t \rightarrow a$ – производная функции f по переменной t с подстановкой $t \rightarrow a$, т.е. производная в точке. Опции и директивы задания типа, толщин и цветов ли-

ний: *PlotStyle*, *AbsoluteThickness*, *Black*, *Blue*, *Red*, *Dashed*. Конструкция кода для вывода подписей и значений наклона линий, например, для касательной – `Text[«Наклон касательной = » <> ToString[D[f[t],t]/.t->a]]`.

Код блокнота для получения иллюстраций примера 3 (можно ознакомиться в каталоге [5]) в части обеспечения интерактивности особенностей не имеет. Используемые в блокноте функции, опции, директивы визуализации: *Graphics3D* – создание графиков из различных элементарных геометрических объектов, называемых примитивами; *ContourPlot3D* – построение контурных объемных графиков; *Opacity* – директива уровня прозрачности, директивы *EdgeForm* и *FaceForm* указывают параметры рисования граней и лицевых поверхностей многоугольников.

Заключение

Описанные в статье новые возможности и рекомендации применения системы *Wolfram Mathematica*, формата CDF расширяют границы создания и свободного распространения электронных интерактивных образовательных ресурсов.

Дополнительная информация доступна посетителям сайта кафедры компьютерных технологий и систем БГУ www.cas.fpmi.bsu.by, где можно ознакомиться с CDF-документами, в которых есть диалоговые окна; инструменты управления входными данными, ходом аналитических преобразований и расчетов; модули построения и просмотра графиков в режимах статическом или с динамической интерактивностью.

Литература

1. Дьяконов, В.П. Энциклопедия компьютерной алгебры / В.П. Дьяконов. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 1264 с.
2. Таранчук, В.Б. Основные функции систем компьютерной алгебры: пособие для студентов фак. прикладной математики и информатики / В.Б. Таранчук. – Минск: БГУ, 2013. – 59 с.

3. Mathematica. История версий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikibooks.org/wiki/Mathematica/История_версий.

4. Формат вычисляемых документов CDF. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wolfram.com/cdf/>.

5. Wolfram Demonstrations Project. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://demonstrations.wolfram.com/>.

Статья поступила 15.04.2014



