

МАТЕМАТИКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОФИЛЯ

УДК 517 : 681.3.06 : 371.355

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ MATHCAD 11
ПРИ ОБУЧЕНИИ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ

А. Г. Луценко

*Всероссийский заочный финансово-экономический институт,
филиал в г. Туле,
Россия, 300012, г. Тула, ул. Оружейная, дом 1А;
тел.: (0872) 260227; факс: (0872) 260272;
e-mail: main.tula@vzfei.ru*

Автор делится опытом создания и применения в учебном процессе электронных образовательных ресурсов по высшей математике, которые могут быть использованы студентами и преподавателями вузов различной специализации в интерактивном режиме в сети Интернет, а также могут быть размещены на отдельных компьютерах или в локальной сети. При этом значительное внимание уделяется визуальным средствам обучения математическим понятиям, теоремам и методам решения задач. Средой для разработки описанных в статье средств выбрана система MathCAD 11.

Ключевые слова: математический анализ, MathCAD 11, программа-функция; управляемая визуализация.

Одной из настольных книг преподавателей математики вузов давно стала книга Л. Д. Кудрявцева [1], содержащая 10 основных положений преподавания математики. Обстоятельно рассмотрен в ней и вопрос “чему учить” в связи с бурным развитием быстродействующей вычислительной техники. Новый подход к разработке электронных образовательных средств в области математики изложен в работах В. В. Воеводина и Вл. В. Воеводина [2]. Целью данной работы является описание опыта создания и применения в учебном процессе электронных образовательных ресурсов по высшей математике, которые могут быть использованы студентами и преподавателями вузов различной специализации.

На факультете математики и информатики Тульского государственного педагогического университета им. Л. Н. Толстого в течение ряда лет проводится экспериментальная работа по использованию систем компьютерной математики (СКМ) в процессе обучения будущих учителей математики и информатики. В рамках дисциплин по выбору изучаются возможности СКМ в решении математических задач; совершенствуется методика обучения решению задач с помощью СКМ; изучаются возможности СКМ в разработке визуальных средств обучения (в том числе статических, динамических в виде avi-файлов и управляемых визуальных средств). Это активизирует освоение математических понятий, теорем и методов решения задач. Кроме того, студенты осваивают разработку собственных визуальных средств обучения и применяют их в процессе учебы [3].

При подготовке будущих экономистов в филиале Всероссийского заочного финансово-экономического института в г. Туле мы также применяем современные информационные технологии (ИТ), являющиеся инструментальной основой для решения задач экономического содержания.

На семинарах для учителей математики, информатики, экономики и конференциях с участием учителей этих предметов обсуждаются возможности и актуальные проблемы использования ИТ на старшей ступени общего образования при реализации профильного обучения.

Перечислим **основные виды разрабатываемых средств обучения:**

- *математические знания в электронном формате* (гипертекстовый комплект учебно-методического обеспечения, включающий цели и задачи изучения дисциплины, программу, исторические сведения, варианты контрольных работ и задач к экзаменам с решениями, многоуровневые системы тренировочных упражнений, варианты индивидуальных заданий, учебные пособия, демонстрационные средства, вопросы к экзаменам);

- *шаблоны решения типовых задач* (варианты аудиторных и контрольных работ, экзаменационных задач), созданные в системах Maple, MathCAD, Mathematica, MathLab;

- *наглядные средства обучения* (графики, плакаты, слайды, avi-файлы, управляемые визуальные средства обучения), созданные в MathCAD 11.

Значительное внимание мы уделяем визуальным средствам обучения математическим понятиям и теоремам [4–7]. Некоторые такие средства и краткие описания их применения содержатся в работе [8] (раздел “Методические разработки” образовательного математического сайта). Эта работа показывает возможности пакета MathCAD 11 не только как среды для решения разнообразных математических задач с использованием численных и символьных вычислений, визуализацией данных в виде различных графиков, в том числе анимированных, но также и как мощного инструмента для разработки управляемых визуальных средств обучения математическим понятиям и теоремам. На сайте содержатся средства визуального обучения некоторым основным понятиям математического анализа: график функции одной переменной, предел функции в точке, предел функции на бесконечности, производная функции в точке, определенный интеграл, равномерная сходимости функциональной последовательности, график функции двух переменных, условный экстремум функции двух переменных, двойной интеграл. Там же расположены компьютерные визуальные средства обучения отдельным важным теоретическим фактам, позволяющим освоить геометрический смысл определенного интеграла, разложение аналитической функции в ряд Тейлора, феномен Гиббса, геометрический смысл частных производных функции двух переменных, поверхность Шварца.

При разработке визуальных средств мы разделяем два случая:

- во время демонстрации в части визуальных средств определяется и далее не изменяется размер выводимой на экран области (прямоугольника

для двухмерного чертежа или параллелепипеда для трехмерного чертежа) в зависимости от начальных значений параметров, переменных и функций. Это способствует лучшему пониманию свойств изучаемого математического объекта (например, зависимость расположения и формы кривой Гаусса при изменении параметров a и σ^2 , или соответствующие изменения палатки Гаусса);

— в других визуальных средствах изучаются локальные характеристики математических объектов или возникает необходимость использования бесконечно малых величин. В этом случае дидактически целесообразно более детальное рассмотрение объекта в окрестности некоторой точки с помощью увеличения масштаба. Например, при демонстрации идеи линеаризации гладкой функции при условии, что в малой окрестности точки $(x_0, f(x_0))$ график функции и касательной к ней практически сливаются в один отрезок.

Отметим, что с точки зрения использования в обучении математике, наиболее перспективной в настоящий момент мы считаем интенсивно развивающуюся систему MathCAD, обладающую следующими достоинствами:

- общепринятый способ изображения математических объектов;
- высокая точность вычислений при использовании разнообразных функций и операторов;
- наличие специального процессора, позволяющего во многих случаях проводить символьные преобразования (нахождение пределов, производных, интегралов, сумм рядов; решение уравнений, неравенств, систем уравнений и т. д.);

- богатые возможности создания разнообразных плоских и пространственных графиков с хорошим управлением при их форматировании и просмотре; возможность получения в одной графической области комбинации нескольких кривых и (или) поверхностей разного типа; анимации полученных изображений; быстрого построения трехмерных графиков с помощью опции 3D QuickPlot и специальных функций CreateMesh и CreateSpace.

MathCAD позволяет создавать разнообразные средства обучения, к разработке которых можно привлекать широкий круг студентов и преподавателей математики. Как правило, эти средства становятся частью многофункциональных учебно-информационных сред и электронных учебников.

Перечислим основные формы применения информационных технологий в учебном процессе:

- использование студентами материалов, подготовленных с помощью информационных технологий для учебно-методического кабинета;
- включение в лекции показа с помощью проектора наглядных средств обучения. Эти средства эффективно используются для повышения интереса и познавательной активности студентов, а также с целью формирования правильных представлений о сложных математических понятиях (предел функции, определенный интеграл и т. д.) и о сложных теоремах (геометрический смысл определенного интеграла, приближение аналитических функций ча-

стичными суммами рядов Маклорена и т. д.). Незаменимы они для визуализации вычислений, для демонстрации многих объектов (поверхностей в трехмерном пространстве и т. д.);

— представление в режиме реального времени на лекциях и практических занятиях возможностей современных вычислительных сред (в качестве численного, символьного и графического калькулятора) для решения стандартных математических задач и построения чертежей, а также для показа заранее разработанных документов и программ по решению сложных или нестандартных задач;

— использование при проверке контрольных работ и на собеседованиях по этим работам шаблонов решения типовых задач, позволяющих получать решения задач из контрольных работ по дисциплинам “Математический анализ и линейная алгебра”, “Теория вероятностей и математическая статистика” со всеми промежуточными вычислениями (численными и символьными) и графиками. Это повышает уровень контроля знаний и умений студентов, приучая их к точности в приближенных вычислениях, построении чертежей и анализе полученных результатов;

— компьютерное тестирование по дисциплинам “Математический анализ и линейная алгебра”, “Теория вероятностей и математическая статистика” с использованием системы LAN-тестинг;

— проведение дополнительных занятий в компьютерных классах со студентами, проявившими большую заинтересованность к работе в вычислительных средах, хорошо успевающих по математике и владеющих общими навыками работы за компьютером;

— представление и использование компьютерных обучающих программ, прошедших государственную сертификацию;

— использование СКМ при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ для решения задач различного содержания.

Существенное внимание мы уделяем вопросу использования математических пакетов для решения математических задач. Посредством систематического решения задач в значительной степени решаются такие важные дидактические задачи при обучении математике, как овладение студентами глубокими и прочными знаниями, формирование у них сознательных и прочных умений и навыков, развитие продуктивного, эвристического, творческого мышления.

Решение задачи в системе MathCAD заставляет пользователя ответить на следующие вопросы:

— возможно ли точное решение задачи (и если да, то насколько оно сложно), или необходимо применение численных методов?

— если задача имеет точное решение, то необходимо продумать структуру задачи, выделив цепочку простых задач, для каждой из которых в MathCAD имеется средство её решения;

— если задача допускает решение только численным методом, то является ли этот метод прямым (т. е. дающим приближенное решение за конечное число шагов) или итерационным (в MathCAD имеются удобные средства для организации итерационных и рекурсивных вычислений)?

При этом речь идет не о замене традиционных занятий изучением математических пакетов, а о том, что при разумной интеграции можно ставить и успешно достигать, например, следующие цели:

— отводить значительную часть времени на обсуждение условий задачи, возможных методов её решения, полученных результатов, т. е. на методологию решения математической задачи, переложив выполнение отдельных рутинных операций на вычислительную среду;

— для алгоритмических и полуалгоритмических задач (в том числе допускающих точное решение) разрабатывать шаблоны решения, т. е. такие документы, которые позволяют получать полное решение задачи данного типа с изменением всех промежуточных и конечных результатов (численных, аналитических, графических) при изменении исходных данных;

— применять вычислительную среду для эвристических и полуэвристических задач, задач на доказательство ради выполнения отдельных, технически сложных шагов.

Опишем более подробно опыт применения информационных технологий на примере обучения студентов теме “Предел функции в точке”. Преподавателям хорошо известны трудности, возникающие при обучении студентов-первокурсников различных специальностей основам математического анализа. Первые серьезные проблемы возникают в теории пределов (последовательностей и функций), особенно, если программа требует строгого формально-логического обоснования соответствующих понятий, что связано с введением “ $\varepsilon - \delta$ ” техники.

Причины этих трудностей известны. Во-первых, определения сложны с точки зрения логики. Во-вторых, при доказательстве теорем и решении задач на доказательство используется аналитико-синтетический метод. И вместо привычного по школьному курсу решения, например, неравенства вида $|\sqrt[3]{x+5} - 2| < \varepsilon$, где $\varepsilon > 0$, при доказательстве утверждения $\lim_{x \rightarrow 3} \sqrt[3]{x+5} = 2$ возникает необходимость нахождения такого числа $\delta > 0$, что если x удовлетворяет неравенству $0 < |x - 3| < \delta$, то x является решением неравенства $|\sqrt[3]{x+5} - 2| < \varepsilon$. Применение компьютерной визуализации позволяет сделать процесс решения таких задач более доступным и аргументированным.

Понятие предела функции в точке вначале рассматриваем на интуитивном уровне. Подчеркиваем, что понятие предела функции в точке является еще одной характеристикой функции. Именно, выясняется, как ведут себя значения функции $f(x)$, когда значения аргумента x приближаются к заданному числу x_0 . Для этого используем управляемое визуальное средство обучения “Предел функции в точке” [8].

При строгом изучении понятия предела функции (на языке “ $\varepsilon - \delta$ ”), применяем управляемое визуальное средство обучения (рис. 1) “Предел функции в точке (по Коши)”:

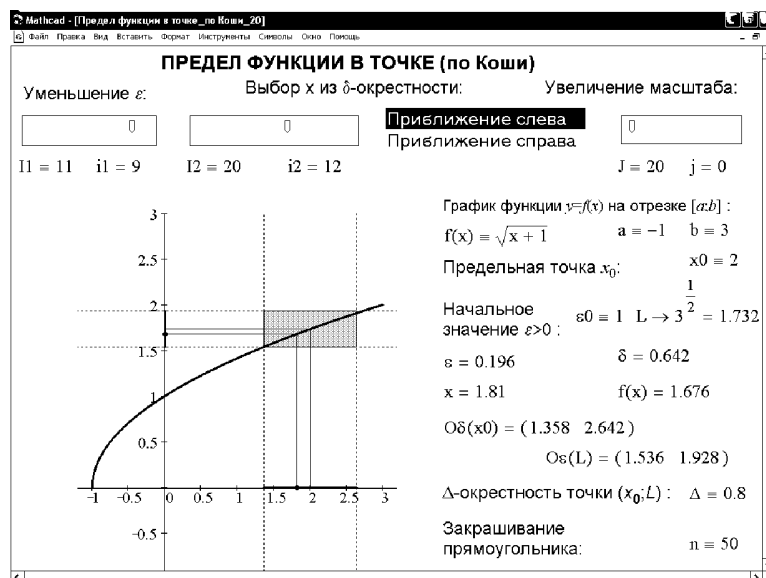


Рис. 1. Общий вид управляемого визуального средства освоения понятия “Предел функции в точке (по Коши)”

Обращаем внимание на то, что на экране расположены *области*, задающие функцию $f(x) = \sqrt{x+1}$, предельную точку $x_0 = 2$ области определения функции; *декартов график*, который содержит график функции $f(x)$, задаваемую ε -окрестность предела функции на оси Oy , искомую δ -окрестность предельной точки x_0 на оси Ox , горизонтальную полосу шириной 2ε , ограниченную прямыми $y = L - \varepsilon$ и $y = L + \varepsilon$, вертикальную полосу шириной 2δ , ограниченную прямыми $x = x_0 - \delta$ и $x = x_0 + \delta$, а также заштрихованный прямоугольник, полученный пересечением указанных полос.

Управляющие элементы (три бегунка и один список) позволяют провести *управление визуализацией* понятия предела функции в точке, которое осуществляется, следуя логике его определения. Уменьшаем значение числа $\varepsilon > 0$ перемещением левого бегунка вправо. Соответствующие изменения происходят и на графике: уменьшается ε -окрестность точки L на оси Oy ; вообще говоря, уменьшается δ -окрестность точки x_0 на оси Ox . После этого проверяем, что каждому взятому значению $x \in (x_0 - \delta; x_0 + \delta)$ соответствует значение функции $f(x) \in (L - \varepsilon; L + \varepsilon)$. Для этого изменяем значение переменной x (перемещением среднего бегунка и выбором элемента списка). Наконец, есть возможность увеличить масштаб рассматриваемой области с помощью правого бегунка. Увеличение значений входных переменных бегунков $I1$ и $I2$ также способствует приближениям $\varepsilon \rightarrow 0$ и $x \rightarrow x_0$. Описанные

изменения визуальных образов и параллельные вычисления значений ε , δ , x и $f(x)$ убедительно подтверждают, что функция, в соответствии с определением, имеет предел в точке. При этом отчетливо прослеживается геометрический смысл равенства $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = L$: для любой горизонтальной полосы шириной 2ε , ограниченной прямыми $y = L - \varepsilon$ и $y = L + \varepsilon$, существует такая вертикальная полоса шириной 2δ , ограниченная прямыми $x = x_0 - \delta$ и $x = x_0 + \delta$, что все точки графика функции $y = f(x)$, содержащиеся внутри этой вертикальной полосы (кроме, быть может, точки прямой $x = x_0$), находятся в прямоугольнике, полученном пересечением указанных полос. Такую же процедуру можно провести для заданной функции в другой предельной точке. Наконец, более глубокому усвоению определения предела функции в точке будет способствовать управляемая визуализация для другой функции, имеющей предел в некоторой точке.

В верхней части закрытой зоны документа расположена запись определения понятия, которое становится видимым после щелчка мыши на знаке зоны. Студенты записывают это определение в тетради, выполняют соответствующий чертеж, наблюдают за изменениями и слушают комментарии преподавателя. Таким образом, использование различных каналов получения информации (визуального, аудиального, кинестетического) способствует осмыслению и запоминанию сложного понятия.

Далее полезно использовать метод управляемой визуализации при организации самостоятельной работы студентов за компьютером. Для этого каждый студент выполняет запланированную преподавателем в методических указаниях последовательность действий (на основе управления визуализацией), способствующих лучшему усвоению изучаемого понятия, и заполняет соответствующие поля листа наблюдений за графиком, промежуточными и итоговыми вычислениями. В этой деятельности реализуется третий тип ориентировочной основы действия согласно теории поэтапного формирования умственных действий и понятий (по П. Я. Гальперину).

При анализе утверждений вида $\lim_{x \rightarrow 2} (3x - 1) = 5$ вдумчивые студенты задают вопрос: а зачем нужен “ ε – δ ”-язык, если и без него ясно, что при приближении аргумента к числу 2 соответствующее значение функции $y = 3x - 1$ стремится к значению функции в точке 2, равное числу 5? Это наглядно видно и на графике линейной функции. Поэтому мы предпочитаем осваивать определение предела функции в точке на менее очевидных примерах, для которых построение графика функции “вручную” произвести труднее.

Например, функция $f(x) = \frac{\sin x}{x}$ не определена в точке $x_0 = 0$, а $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$. Прежде чем изучать строгое доказательство первого замечательного предела, каждый студент выполняет работу по заполнению листа наблюдений, в котором для индивидуального набора значений числа $\varepsilon > 0$ требуется эмпирически с помощью управляемой визуализации на компью-

тере подобрать необходимые значения $\delta > 0$ и проверить, что для произвольного $x \in O_\delta(0)$ выполняется условие $\frac{\sin x}{x} \in O_\varepsilon(1)$.

Лист наблюдений для изучения понятия предел функции в точке					
Функция: $f(x) = \frac{\sin x}{x}$		Предельная точка: $x_0 = 0$		Предел: $A = 1$	
$\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = A \Leftrightarrow (\forall \varepsilon > 0) (\exists \delta > 0) \Big(\forall x \in D(f) \Big) [0 < x - x_0 < \delta \Rightarrow f(x) - A < \varepsilon]$					
$\varepsilon > 0$	$\delta > 0$	$x \in D(f) / \{x_0\}$	$ x - x_0 $	$f(x)$	$ f(x) - A $
0,1	0,7	0,6	0,6	$\approx 0,941$	$\approx 0,059$
0,01	0,2	-0,19	0,19	$\approx 0,9940$	$\approx 0,0060$
0,001	0,077	0,076	0,076	$\approx 0,99904$	$\approx 0,00096$

В результате самостоятельной работы студенты прочно усваивают, что при работе с понятием предела функции по его определению необходимо выполнить следующие 4 шага:

- задать произвольное положительное число $\varepsilon > 0$;
- подобрать для него положительное число $\delta > 0$ (которое не обязано быть наименьшим из всех возможных), удовлетворяющее условию:
 - если для некоторого числа $x \in D(f)$ выполняется неравенство $0 < |x - x_0| < \delta$, т. е. $x_0 - \delta < x < x_0 + \delta$ и $x \neq x_0$, то
 - для соответствующего значения функции $f(x)$ выполняется неравенство $|f(x) - A| < \varepsilon$, т. е. $A - \varepsilon < f(x) < A + \varepsilon$.

Итак, многократно выполненные операции, сопровождаемые анализом наглядных образов, формируют умственные действия, характеризующиеся устойчивостью и широтой переноса в измененные внешние условия.

Далее рассматриваются методы вычисления пределов без использования компьютера, решаются технически несложные примеры, демонстрируются возможности современных версий СКМ для решения более сложных задач на вычисление различных пределов (рис. 2) и даются рекомендации по применению этих средств.

При этом не ставится цель разъяснить то, каким образом происходит процесс символьного вычисления предела в СКМ. Студент выступает в качестве пользователя системы, быстро и эффективно решающей поставленную задачу.

В целом мы придерживаемся позиции, что вначале по каждой изучаемой теме целесообразно различными способами правильно сформировать основные изучаемые понятия (в рассматриваемом случае понятие предела функции), далее на технически несложных примерах показать методы решения задач без применения компьютера, а в завершение важно обучить решению задач, в том числе технически сложных, с помощью СКМ.



Рис. 2. Вычислительные возможности системы MathCAD

При дальнейшем изучении курса математического анализа целесообразно обсудить применение некоторых специальных приемов вычисления пределов функций. После основных теорем дифференциального исчисления обычно изучается правило Лопиталя, а при более глубоком изучении математики рассматривается метод выделения главной части функции с помощью формулы Тейлора и его применение к вычислению пределов [9, с. 195]. Например, можно обратить внимание на вычисление пределов вида

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\operatorname{tg}(\operatorname{tg} x) - \sin(\sin x)}{\operatorname{tg} x - \sin x} \quad \text{и} \quad \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin(\operatorname{tg} x) - \operatorname{tg}(\sin x)}{\arcsin(\operatorname{arctg} x) - \operatorname{arctg}(\arcsin x)}.$$

Система MathCAD легко справляется с вычислением этих пределов в символьном виде (рис. 3, формулы 1 и 4).

Для первого предела вычисление несложно провести без использования компьютера, получая в разложении по формуле Тейлора первые не равные нулю члены [10, с. 86] (рис. 3, формулы 2 и 3). Вычисление второго предела “вручную” методом выделения главной части представляет технические трудности, для их преодоления разумно применить, например, оператор символьного вывода, используя ключевое слово *series* (рис. 3, формулы 5 и 6), вставляя его одноименной кнопкой панели *Symbolic*.

Система MathCAD является также замечательным помощником в построении графиков аналитически заданных функций. В частности, графики на рис. 3 убедительно показывают, как изменяются значения рассмотренных функций при стремлении аргумента к нулю.

Подводя итог, заметим, что возможности использования современных версий СКМ при решении математических задач и визуализации матема-

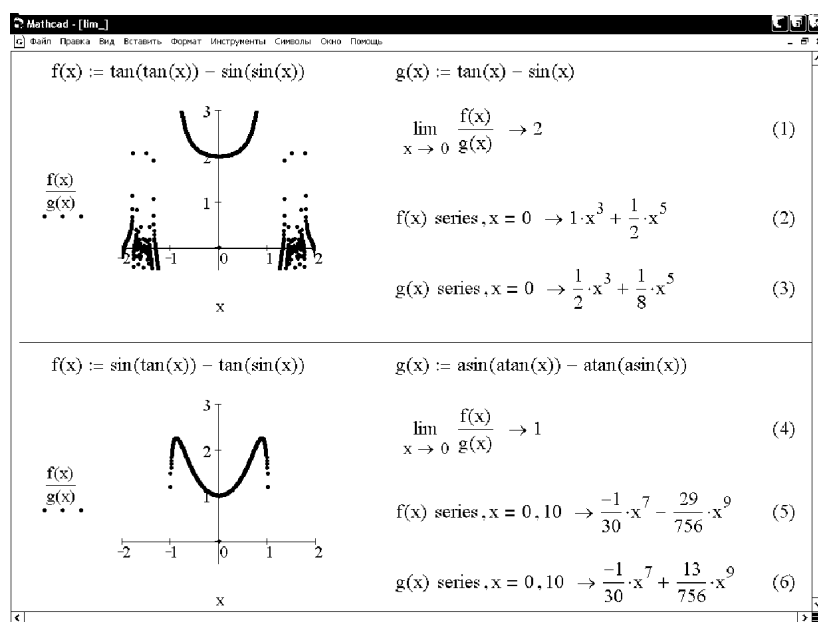


Рис. 3. Вычисление пределов с помощью формулы Тейлора (метод выделения главной части)

тических объектов (понятий, теорем, вычислений, методов решения задач) с необходимостью приводят к их непрерывному применению в обучении математике. При дальнейшем улучшении организационно-педагогических условий целесообразно проведение части практических занятий по математике в форме лабораторных работ в компьютерных классах. Это позволит научить студентов самостоятельно решать математические задачи (вычислительные и графические) с помощью СКМ, работать самостоятельно с управляемыми визуальными средствами обучения основным понятиям и теоремам.

В заключение остановимся кратко на вопросе использования в учебном процессе компьютерного тестирования. В 2004–2005 учебном году в ВЗФЭИ в порядке эксперимента было проведено обязательное компьютерное тестирование по большинству учебных дисциплин с использованием систем LAN-тестинг и STELLUS.

По дисциплинам “Математический анализ и линейная алгебра” и “Теория вероятностей и математическая статистика” тестирование проводилось по системе LAN-тестинг. В частности, по первому курсу банк тестовых заданий составляет более 700 заданий различного типа, а отдельный тест содержит 17 заданий. Для получения оценки “3”, “4” и “5” требуется соответственно правильно выполнить не менее 60, 70 и 90% заданий.

Согласно положению, экзамен проводился в два этапа. Первый этап (в день экзамена) проходил в компьютерном зале. Второй этап (после завершения первого этапа) проводился в обычном порядке по билетам, содержащим теоретические вопросы и задачи. Статистический анализ результатов успе-

ваемости студентов по двум этапам дал достаточно высокий коэффициент корреляции между ними. В целом можно отметить, что компьютерное тестирование при правильной его организации может существенно повысить эффективность учебного процесса в плане освобождения преподавателя от рутинной работы по выявлению овладения студентами основными понятиями и фактами, сформированности у них умений и навыков решения типовых задач. Возможность работы в режиме самоконтроля способствует активному участию студентов в подготовительной работе к экзамену и овладению базовыми знаниями. Таким образом, преподаватель получает возможность уделить больше времени на организацию самостоятельной работы студентов, на их консультирование по углубленному изучению математики, решению задач повышенной трудности и прикладной направленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцев Л. Д. Мысли о современной математике и её изучении. — М.: Наука, 1977. 112 с.
2. Воеводин В. В., Воеводин Вл. В. Электронные образовательные средства: новые идеи // Математика в высшем образовании. 2003. № 1. С. 11–20.
3. Луценко А. Г. Информационные технологии в подготовке будущих учителей математики // Вестник ТГПУ им. Л. Н. Толстого. 2005. № 2. С. 190–195.
4. Луценко А. Г. О динамических демонстрационных средствах обучения высшей математике, разработанных в вычислительной среде MathCAD 11 на основе управляющих элементов // Международный конгресс конференций “ИТО 2003”. XIII Международная конференция “Информационные технологии в образовании”. Сб. трудов участников конференции. Часть IV. — М.: Просвещение, 2003. С. 65–66.
5. Луценко А. Г. Управляемые визуальные средства обучения математическому анализу // Педагогическая информатика. 2004. № 4. С. 67–74.
6. Луценко А. Г. Особенности управления двумерными графиками в MathCAD (при разработке визуальных средств обучения математике) // Информатизация образования-2005: Материалы Международной научно-практической конференции. — Елец: Елецкий государственный ун-т им. И. А. Бунина, 2005. С. 132–136.
7. Луценко А. Г. Особенности визуализации трехмерных объектов и управления ими в MathCAD // Тезисы докладов Международной научной конференции “Современные проблемы математики, механики, информатики”. — Тула: Изд-во ТулГУ, 2004. С. 182–187.
8. Применение пакета MathCAD 11 для управляемой визуализации понятий и теорем математического анализа. <http://www.exponenta.ru/educat/systemat/lutsenko/main.asp>.
9. Кудрявцев Л. Д. Математический анализ. Т. 1. 2-е изд., перераб. — М.: Высшая школа, 1973. 614 с.
10. Садовничий В. А., Подколзин А. С. Задачи студенческих олимпиад по математике. — М.: Наука, 1977. 208 с.

EXPERIENCE OF SYSTEM MATHCAD 11 USING AT TRAINING TO HIGHER MATHEMATICS

A. G. Lutsenko

The author describes his experience in creation and application of electronic educational resources in higher mathematics. They can be used interactively by both students and professors of various profiles in the Internet. They also may be installed on multiple computers or in the local area network. A significant attention is being given to visual means of teaching mathematical concepts, theorems and methods of solutions. The automatic mathematical calculations system MathCAD 11 is chosen.

Keywords: mathematical analysis, MathCAD 11, program-function, controlled visualization.