

УДК 004.9 (Прикладные информационные технологии)

ВАК 01.00.00 (Физико-математические науки)

РИНЦ 28.00.00 (Кибернетика)

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ИНТЕРАКТИВНЫХ УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ ПО МАТЕМАТИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ ДЛЯ СИСТЕМЫ ВЕБМАТЕМАТИКА

Е.М. Воробьев, *д.ф.м.н., профессор*

Тел.: (495) 916-8876, E-mail: emv@miem.edu.ru

В.А. Никишкин, *к.ф.м.н., профессор, зав. Кафедрой Высшей математики*

Тел.: (495)442-2391, E-mail: VNikishkin@mesi.ru

Московский государственный университет экономики, статистики и информатики

www.mesi.ru

Изложена методика создания JSP-файлов интерактивных электронных учебных пособий системы ВебМатематика. В качестве примера выбрано учебное пособие по Аналитической геометрии.

Ключевые слова: Интерактивное электронное учебное пособие, ВебМатематика, Ява-страницы, Интернет, Аналитическая геометрия

Введение

В настоящее время интегрированная система математических расчетов Математика [1] достаточно широко представлена как в отечественных, так и, в особенности, в зарубежных учебных заведениях. О степени использования информационной технологии, основанной на применении интегрированных математических пакетов, в преподавании математических дисциплин за рубежом можно судить по следующему факту. Из 67 книг по математике и ее приложениям (исключая справочники и книги по теории множеств и логике), изданных в 2007 году крупнейшим американским издательством в области научной и технической литературы CRC Press, 17 книг, т.е. 25 %, используют в своем изложении математические компьютерные системы Mathematica, MatLab, Maple и др.

Система ВебМатематика [2], в сущности, представляет собой веб-интерфейс для вычислительного ядра интегрированной математической системы Математика и обеспечивает проведение математических вычислений по данным, введенным пользователем со своего браузера и переданным на сервер через Интернет. Обучение математическим дисциплинам с помощью ВебМатематики происходит по заранее написанным учебным пособиям, которые снабжены программами проведения вычислений, которые разрабатываются авторами пособий.

Ключевое преимущество обучения с помощью Математики и ВебМатематики заключается в высококачественной и динамической визуализации математических объектов, автоматизации рутинных вычислений и интерактивности, т.е. возможности при решении задач проводить вычисления, меняя их стратегию в зависимости от получаемых промежуточных результатов.

В МЭСИ на кафедре Высшей математики научные и методические разработки по применению упомянутых выше систем для преподавания математических дисциплин были начаты в 2001 году с момента лицензионных закупок системы Математика 4.1 и позже ВебМатематика 2. Результаты исследований и методика применения систем для преподавания математических дисциплин нашли свое отражение в публикациях [3] – [8].

В настоящей работе излагается метод создания интерактивных учебных пособий для ВебМатематики по разделам Аналитическая геометрия и Дифференциальное и интегральное исчисление дисциплины Высшая математика.

1. Краткая характеристика системы ВебМатематика и ее применений в сфере образования

Система ВебМатематика является прикладной программой для Ява-сервера, позволяющая проводить символьные, графические и численные расчеты по Интернету на основе специально написанных научных и учебных разработок, размещенных на сервере.

Символьные расчеты, выполняемые с помощью ВебМатематики, включают: вычисление пределов последовательностей и функций, дифференцирование, интегрирование, разложение в степенные ряды, суммирование функциональных рядов, решение обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) и уравнений в частных производных (ДУЧП), а также интерполирование и различные виды приближения функций.

Графические возможности системы позволяют строить следующие объекты. Графики функций одной переменной, включая функции, заданные неявно. Графики, контурные и плотностные графики функций двух переменных. Параметрически заданные кривые на плоскости и в пространстве, в том числе фазовые портреты динамических систем. Векторные поля, поля градиента, гамильтоновы векторные поля. Пакет позволяет осуществлять техническую мультипликацию при исследовании динамических систем.

Численно можно вычислять пределы, дифференцировать, интегрировать, раскладывать в ряды и суммировать ряды, решать обыкновенные дифференциальные уравнения и дифференциальные уравнения в частных производных, а также проводить обработку

дискретных данных. Последнее включает: интерполирование, приближения, дискретное преобразование Фурье, статистический анализ и т.п.

Система Математика применяется для обучения дисциплинам с математическим уклоном с помощью специально разработанных учебных пособий. Эти учебные пособия могут быть переработаны для ВебМатематики. ВебМатематика-сайт «Интегратор» [9] разработан компанией Wolfram Research для вычисления неопределенных интегралов. Другой пример: использование ВебМатематики для обучения алгебре и математическому анализу - проект «Calc101» [10].

В России и СНГ также можно заметить интерес к применениям математических пакетов для обучения.

- Функционирует специальный сайт [11], посвященный методическим разработкам преподавателей российских вузов по применениям математических пакетов в учебном процессе.
- Защищаются диссертации по данной тематике. Например, кандидатская диссертация Дьяченко С.А. [12] была защищена в Орловском государственном университете в 2000 году.
- В Воронежском государственном университете проводятся лабораторные работы по курсу "Методы математической физики" [13] с использованием системы Математика.
- В Московском государственном институте электроники и математики дисциплина "Компьютерный математический практикум" на основе системы Математика включена в учебные программы ряда специальностей [14].
- В Санкт-Петербурге Интернет-версия интегрированной математической системы MatLab предоставляется образовательным порталом Artspb [15].

2. Технология, на которой основана ВебМатематика

ВебМатематика использует две стандартные Ява-технологии: Ява-сервлеты и Ява-сервер страницы (JSP). Сервлеты являются специальными Ява-программами, которые размещаются на Ява-серверах. Последние обычно называются сервлет-контейнерами, или сервлет-машинами. Существует много типов сервлет-контейнеров, которые работают на различных платформах и с различными операционными системами. Примером таких серверов является серверы Apache.

ВебМатематика дает серверу возможность создавать специальные веб-страницы, которые в скрытом от пользователя виде содержат команды системы Математика. Когда поступает запрос на одну из этих страниц, команды выполняются, а результаты вычислений вклеиваются в новую страницу, отправляемую пользователю. Это делается с помощью стандартного Ява-механизма: Ява-сервер страниц - обогащенного специальными тэгами, примеры которых даны ниже.

ВебМатематика-технология использует стандарт «запрос-ответ», который принят на веб-серверах. Входные данные запроса содержатся в HTML-формах, апплетах, ява-скриптах или других веб-приложениях. Также возможно посылать файлы с данными для обработки на сервере. Выходные данные посылаются в различных форматах таких, как HTML, графика, электронные документы системы Математика, MathML, SVG, XML, PostScript и PDF.

ВебМатематика содержит огромное число различных команд системы Математика, так как важной составной частью ВебМатематики являются вычислительные ядра последней. Диспетчер ядер позволяет устойчиво, эффективно и безопасно работать с этими ядрами. Диспетчер управляет пулом из одного или нескольких ядер и может обрабатывать более одного запроса в каждый момент времени.

Цель ВебМатематика- и MSP-технологий (MSP – сокращение для термина Mathematica Server Pages) - сократить до минимума дополнительные знания, которые требуются от разработчика ВебМатематика-сайта. Конечно, разработчик должен что-то знать об HTML и Математике. Но ему нет нужды знать язык Ява или Ява-скрипты. ВебМатематика также имеет целью автоматизировать управление сайтом и его поддержку в рабочем состоянии. Администраторы ВебМатематика-сайта не обязаны знать ничего о Яве перед его инсталляцией.

Минимальными компонентами для ВебМатематики являются:

- Сервлет-контейнер, удовлетворяющий как Servlet Specification 2.2 (или выше), так и JSP-спецификации 1.2 (или выше)
- Рекомендуется иметь Java Development Kit (JDK) 1.2 (или выше), Java 2 Version 1.4 (или выше)

Эти компоненты доступны для многих комбинаций компьютерных платформ и операционных систем.

3. Методика разработки интерактивных учебных пособий на основе системы ВебМатематика

3.1. Этапы создания электронных документов для ВебМатематики

Процесс создания интерактивного электронного учебного пособия, предназначенного для размещения на ВебМатематика-сайте, состоит из двух этапов. На первом создается интерактивное учебное пособие, использующее систему Математика. Затем это пособие конвертируется средствами самой Математики в документ HTML. На втором этапе программируются и отлаживаются интерактивные элементы веб-страницы – так называемые JSP-формы, являющиеся обобщением известных HTML-форм.

Формы были созданы и используются в HTML-документах для получения данных от пользователя. После заполнения пользователем формы и запуска процесса ее обработки, информация из нее попадает к программе, работающей на сервере. Таким образом, пользователь может интерактивно взаимодействовать с веб-сервером через Интернет.

Основу языка HTML (языка разметки гипертекста), который используется для создания веб-страниц на серверах, образуют команды, называемые "тегами". Они имеют вид <команда> и </команда>. Первый тег начальный, второй – завершающий. Они дают инструкцию (команду) браузеру, как обрабатывать текст, заключенный между начальным и завершающим тегами.

Форма как элемент HTML-документа заключена между тегами <form> и </form>. В HTML-форме размещаются поля для ввода информации пользователем. Поля создаются тегами <input> и </input>. Они формируют поле для ввода информации пользователем. Это может быть текстовое поле, опция, изображение или кнопка.

3.2. JSP- и MSP-технологии

JSP (Java Server Pages) - это технология (язык) программирования для Ява-сервера, создающего веб-страницы. В JSP-технологии используются теги (макрокоманды), в которых заложен механизм генерирования веб-страниц. Файлы JSP-технологии имеют расширение jsp, например, Plot.jsp.

ВебМатематика расширяет набор тегов JSP-технологии новыми тегами, превращая JSP-технологию в MSP (Mathematica Server Pages)-технологию. Теги ВебМатематики

содержатся в специальной библиотеке сервера, называемой WebMathematica-taglib. Файлы MSP-технологии также имеют расширение jsp.

Опишем наиболее часто употребляемые теги MSP-технологии. Тег `<msp:allocateKernel>` предписывает серверу активировать одно из вычислительных ядер пула для обработки данных, предоставленным пользователем со своего браузера. Завершающий тег `</msp:allocateKernel >` деактивирует ядро, возвращая его в пул. Теги `<msp:evaluate>` и `</msp:evaluate>` отправляют данные, заключенные между этими тегами в вычислительное ядро.

Помимо специальных тегов ВебМатематика использует функции (команды), цель которых защитить Ява-сервер от атак хакеров. Дело в том, что система Математика может воспринимать команды, предназначенные для операционной системы сервера. Например, команда `!date` вычисляет системную дату и время. Функции ВебМатематики начинаются с префикса MSP.

Функция `MSPValue[$$expression,default]`, где `$$expression` взято из полей ввода, возвращает `$$expression`, если оно безопасно и синтаксически правильно, или `Null`, если `$$expression` нарушает синтаксис или потенциально опасно для сервера. Возвращает `default`, если `$$expression = Null` (т.е. не введено)

Функция `MSPBlock[{$$expr_1, $$expr_2,...}, program]`, где `$$expr_n` взяты из полей ввода, возвращает результат работы программы `program` или отдельных команд системы «Математика», если все `$$expr_k` безопасны и синтаксически правильны. Возвращает `Null` в противном случае.

Кроме MSP-функций, обеспечивающих безопасность сервера, существуют и другие MSP-функции. Например, функция `MSPShow[graphics]` обеспечивает включение графического образа в HTML-страницы.

3.3. Типы переменных ВебМатематики

В ВебМатематике три типа переменных:

- Переменные, значения которых определяются пользователем через поля ввода (input variables). Они обозначаются через `$$var`, т.е. начинаются с двойного знака доллара.
- Переменные, значения которых определяются или вычисляются ядром Математики и которые предназначены для использования только в этом ядре, называются переменными данной веб-страницы (page variables).
- Переменные, передаваемые из одного вычислительного ядра пула ядер в другое (session variables). Они объявляются таковыми функцией `MSPSessionVariable`.

Значения вводимых в поля ввода HTML-форм переменных несут потенциальную опасность для сервера. Поэтому их нужно обязательно проверять с помощью функций `MSPValue` или `MSPBlock`. Названия переменных полей ввода устанавливаются с помощью параметра `name` в тэге `<input type="text" name="var">`.

Переменные, значения которых вычисляются одним из ядер системы «Математика» и которые используются в дальнейшем другими ядрами (session variables), хранятся либо на сервере, либо, с помощью механизма cookies, на компьютере пользователя.

4. Этапы создания интерактивных учебных пособий для системы ВебМатематика

Как мы отмечали в предыдущем разделе, первый этап разработки электронных учебных пособий состоит в написании интерактивных учебных пособий для системы Математика. На втором этапе выполняется трансляция интерактивных учебных пособий системы Математика в пособия на основе системы ВебМатематика. Сначала с помощью самой системы Математика изготавливается HTML-документ без интерактивного содержания. Затем пишутся HTML-формы и MSP-программы, обеспечивающие интерактивное функционирование пособия на ВебМатематика-сайте.

Разработанное авторами интерактивное учебное пособие по Высшей математике состоит из шести частей: «Прямые. Отрезки прямых на плоскости. Векторная алгебра», «Образцы решения заданий по Аналитической геометрии», «Пределы. Непрерывность функций», «Производные», «Графики функций» и «Интегралы». Во всех частях учебного пособия приводится необходимый теоретический материал и даются образцы решения заданий из учебного пособия [16].

Поэтапный процесс трансляции интерактивных учебных пособий написанных для системы Математика, в учебные пособия, основанные на использовании системы ВебМатематика, подробно описан ниже. В качестве примера рассматривается учебное пособие «Прямые. Отрезки прямых на плоскости. Векторная алгебра». Рассмотрим основные этапы разработки jsp-файлов системы ВебМатематика.

1. Открываем с помощью системы Математика файл BaseLine.nb, который содержит интерактивное учебное пособие, и получаем следующее рабочее окно (см. рис. 1)

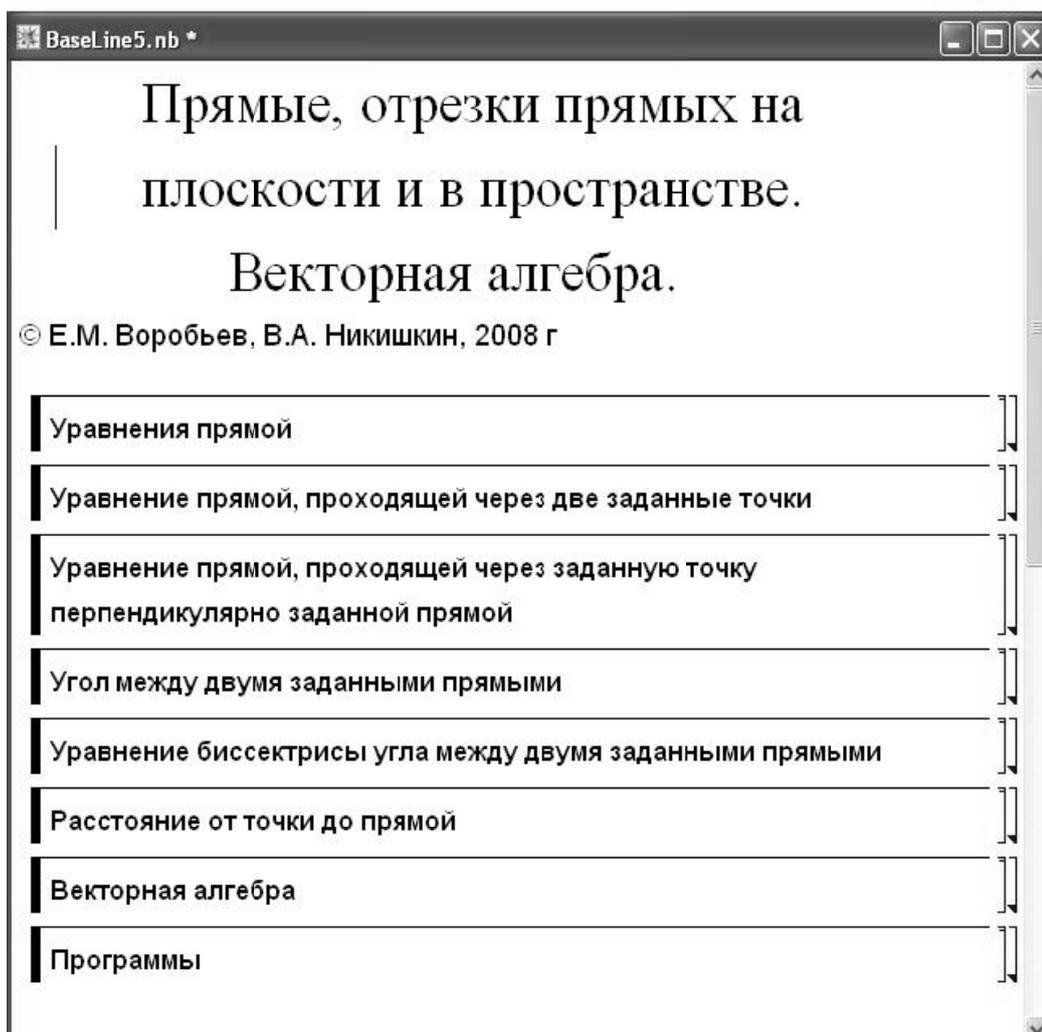


Рис. 1. Вид рабочего окна системы Математика с файлом BaseLine.nb

Видно, что рассматриваемый электронный документ состоит из разделов – глав. Последняя глава имеет название "Программы" и должна быть удалена, так как в ней нет необходимости в HTML-документе. Написанные авторами программы для системы Математика, обеспечивающие проведение необходимых вычислений и находящиеся в этом разделе, дублируются в специальном файле BaseLine.m. Последний файл должен быть отдельно помещен в ту директорию сервера, где будут содержаться jsp-файлы.

2. С помощью меню File + Save As Special сохраняем этот файл в формате HTML. Результатом сохранения является папка WebBaseLine. Она содержит файл index.html, а также две папки HTMLFiles и HTMLLinks. Файл index.html открывается с помощью браузера. После его открытия мы видим абсолютно такое же рабочее окно, которое изображено на рис. 1. Папка HTMLLinks содержит совокупность файлов index_1, index_2 и т.д. с расширением html. Они соответствуют разделам документа BaseLine.nb. Папка HTMLFiles содержит графические файлы с графиками и формулами документа BaseLine.nb.

Раскроем, например, файл index_13.html, который содержит раздел «Уравнение биссектрисы угла между двумя заданными прямыми». На рис. 2 приведена часть рабочего окна браузера с этим документом.

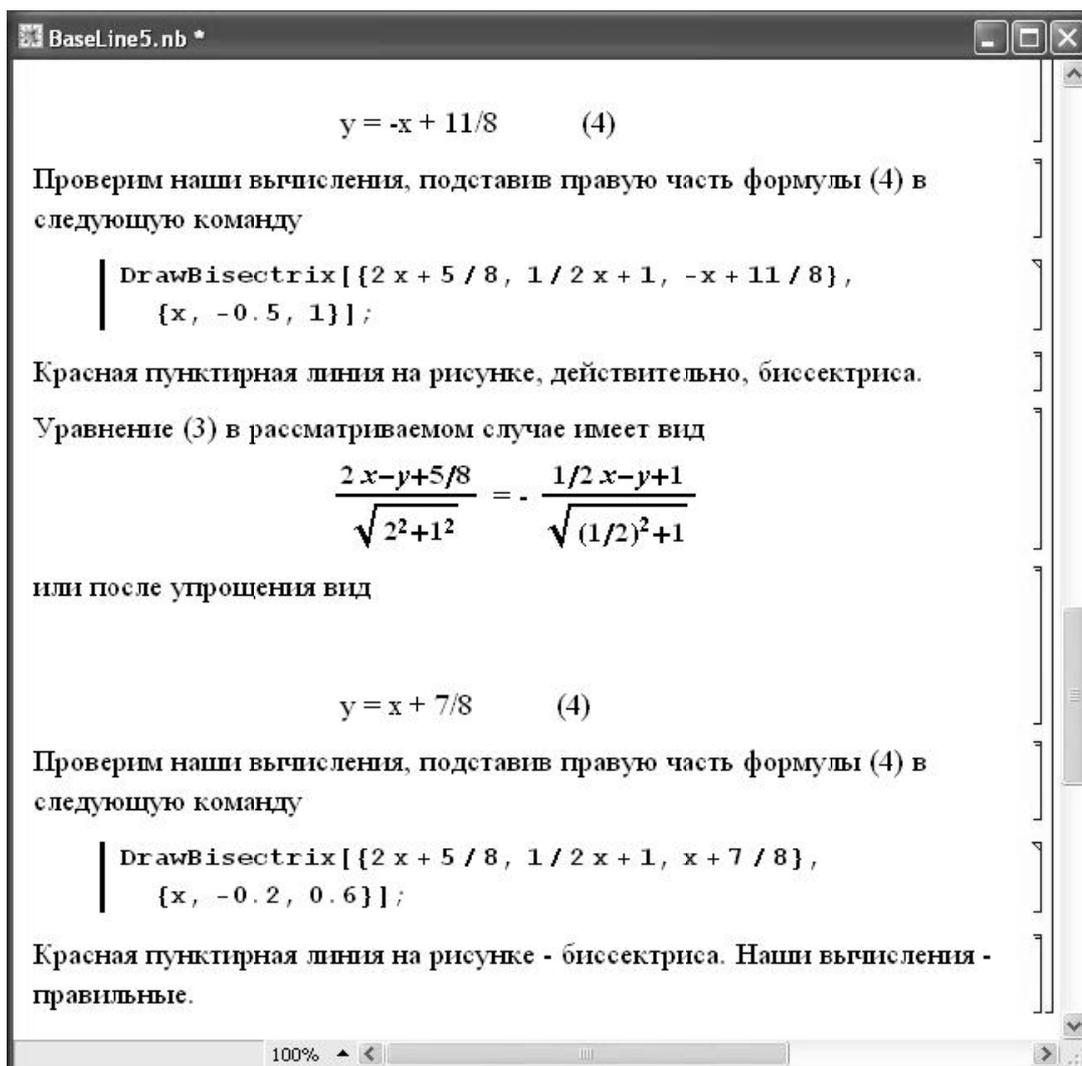


Рис.2. Вид рабочего окна браузера с материалом о биссектрисе

На рис. 2 видны две команды DrawBisectrix системы Математика, результатом выполнения которых будут рисунки прямых и биссектрис углов между ними. Уравнения прямых и биссектрис задаются пользователем. В браузере эти команды не могут быть выполнены. Для этого у браузера нет соответствующих инструментов. Следовательно, аргументы этих команд и заголовки команд должны быть посланы на сервер, снабженный системой ВебМатематика для вычисления. Для этого вместо графических файлов, содержащих рассматриваемые команды, в HTML-документ нужно вставить сначала HTML-, а затем и MSP-формы.

3. На третьем этапе выполняется HTML-программирование. А именно, пишутся HTML-формы, которые вставляются на места графических файлов с командами. Например, вместо команды DrawBisectrix вставляется следующая форма.

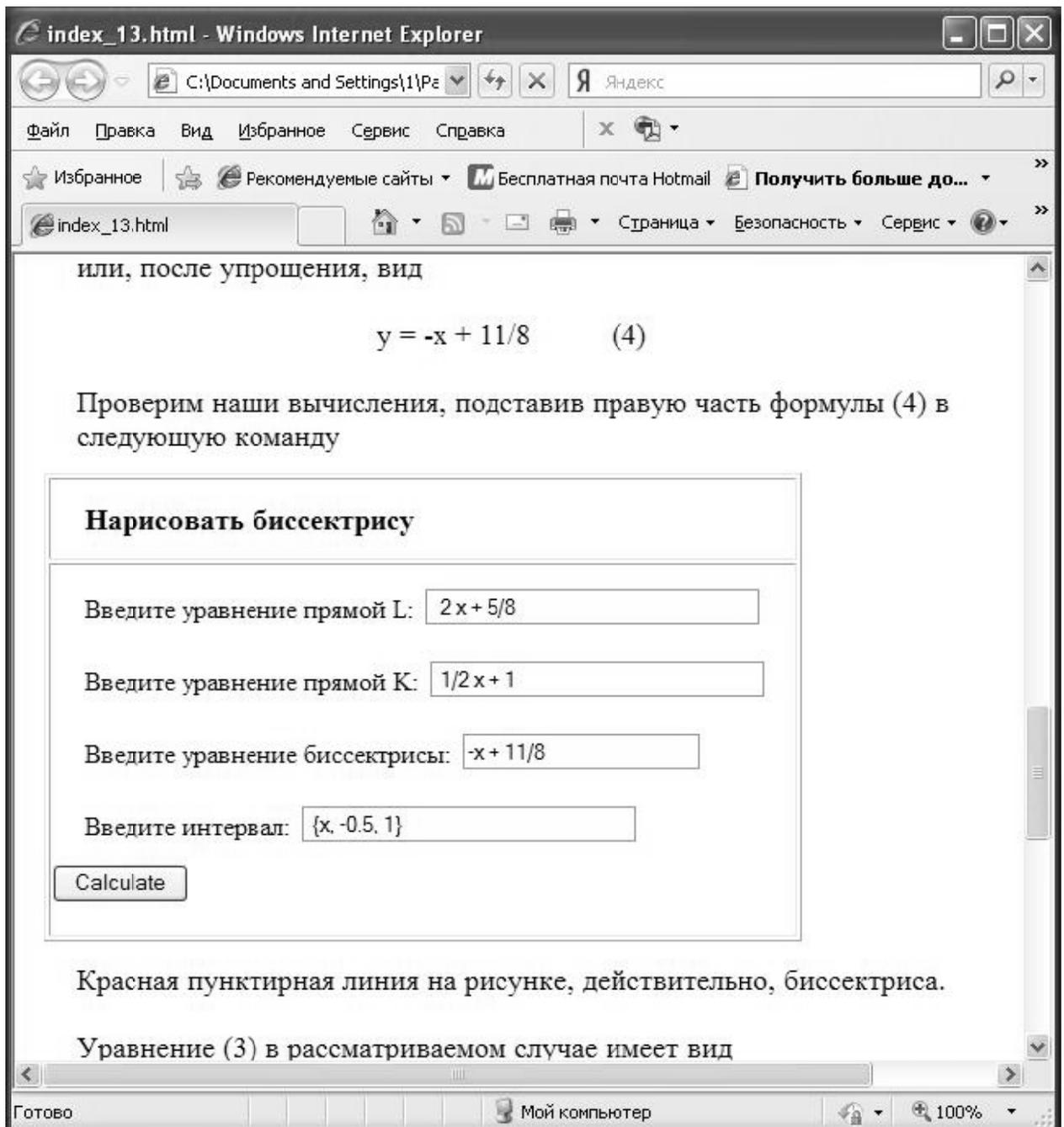


Рис.3. HTML-страница со вставленной HTML-формой

4. На четвертом этапе в HTML-формы вписываются MSP-теги и MSP-функции системы ВебМатематика. Применительно к рассмотренной на третьем этапе HTML-форме процесс создания MSP-формы выглядит следующим образом.

Все MSP-теги и MSP-функции располагаются между основополагающими тегами `<msp:allocateKernel>` и `</msp:allocateKernel>`, активирующими и деактивирующими вычислительное ядро системы Математика из пула ядер Ява-сервера.

Вычисления в рассматриваемом учебном пособии проводятся по разработанным авторами программам. Эти программы находятся в файле BaseLine.m, который помещается в ту же директорию ВебМатематики на Ява-сервере, в которой размещаются jsp-файлы. Для того

чтобы подгрузить этот файл, нужно явно указать системе «Математика», где он находится. С этой целью в самом начале формы выполняются команды

```
<msp:evaluate>
Block[{$Path=Append[$Path, MSPPageDirectory[]]},
      Needs["BaseLine`"];
      Get[ "WebBaseLine.m"];
]
</msp:evaluate>
```

Здесь \$Path – создаваемый по умолчанию Математикой список директорий, из которых могут подгружаться командами Needs и Get создаваемые пользователем пакеты программ. Первая команда

```
$Path=Append[$Path, MSPPageDirectory[]]
```

добавляет в список \$Path директорию, в которой располагаются jsp-файлы. Функция MSPPageDirectory возвращает полный путь к директории, в которой будет обрабатываться содержание данной MSP-формы.

После того, как в поля ввода пользователь впечатает уравнения линий, биссектрисы и интервал, на котором выполняется рисунок, наступает очередь для следующей программы:

```
<msp:evaluate>
Block[{$$Leq131,$$Keq131,$$bis131,$$int131},
res131=DrawBisectrix[{$$Leq131,$$Keq131,$$bis131},$$int131]];
If[res131!=Null, MSPShow[res131]]
</msp:evaluate>
```

В программе используются MSP-функции Block и MSPShow. Первая обеспечивает безопасность сервера, а вторая вычисляет графический файл, который вставляется в новую веб-страницу, отправляемую пользователю. Графический файл вычисляется на основе результата работы программы DrawBisectrix, содержащейся в файле BaseLine.m, который ранее был подгружен.

Подобное HTML- и MSP-программирование выполняется по отношению ко всем командам системы Математика в учебных пособиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный метод использовался авторами на протяжении последних четырех лет для создания интерактивных учебных пособий по математическому анализу. Пособия применялись в порядке эксперимента в МЭСИ для обучения студентов очной формы обучения и доказали свою высокую эффективность. Последняя в какой-то степени объясняется тем, что навыки работы с веб-документами в настоящее время достаточно широко распространены, поэтому, если и требуется какое-то обучение пользователей, то исключительно синтаксису ввода математических формул.

Перспективность предлагаемой информационной технологии преподавания математических дисциплин была высоко оценена Инновационным комитетом МЭСИ,

который предоставил грант на проведение разработки. В настоящее время ведется подготовка к проведению занятий со студентами заочной формы и слушателями экстерната.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Воробьев Е.М.* Введение в систему символьных, графических и численных расчетов «Математика». – М.: Диалог-МИФИ, 2005. - 365 с.
2. Webmathematica 2. A User Guide. Electronic Edition. Wolfram Media, 2004.
3. *Воробьев Е.М.* Фундаментализация курса "Математический анализ" на основе пакета "Математика"// Тезисы докладов научно-практ. конф. "Информационные технологии в образовании-2002"/ Гос. Акад. нефти и газа им. Губкина - М., 2002
4. *Воробьев Е.М., Никишкин В.А.* Программная система WebMathematica: интерактивные вычисления по Интернету// Тезисы докладов Российской научно-методической конф. «Совершенствование подготовки IT-специалистов»/ МЭСИ – М., 2005
5. *Воробьев Е.М., Никишкин В.А.* Интернет-технология обучения математическим дисциплинам на основе системы «ВебМатематика»// Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в образовании и науке - 2007»/ МФЮА – М., 2007
6. *Воробьев Е.М.,* Компьютерный практикум по математическим дисциплинам на основе системы «Математика» // Материалы международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании»/Екатеринбург, 2008., - С. 58-61.
7. *Воробьев Е.М., Никишкин В.А.* Информационная технология преподавания математических дисциплин, основанная на системах Математика и Вебматематика. Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. N 1-2, 2009, С.43-48
8. *Воробьев Е.М., Никишкин В.А.* Методика разработки интерактивных учебных пособий на основе системы ВебМатематика//Сборник научных трудов V международной научно-практической конференции «Совершенствование подготовки IT-специалистов по направлению Прикладная информатика»МЭСИ – М.2009 - С.41-45
9. <http://integrals.wolfram.com> (дата обращения: 25.01.2010)

10. <http://www.calc101.com> (дата обращения: 25.01.2010)
11. www.exponenta.ru (дата обращения: 25.01.2010)
12. Дьяченко С.А. Использование интегрированной символьной системы Mathematica при изучении курса высшей математики в вузе: автореферат дис. канд. пед. наук. – Орел: ОГУ, 2000. - 20 с.
13. <http://vsu-math.narod.ru> (дата обращения: 25.01.2010)
14. Воробьев Е.М. Компьютерный практикум по математике. Математический анализ. Линейная алгебра. - М.: Книжный дом-Университет, 2009. – 603 с.
15. <http://artspb.com/index.html> (дата обращения: 25.01.2010)
16. Малахов А.Н., Максюков Н.И., Никишкин В.А. Высшая математика. М.: Издательство МЭСИ, 2006. – 276 с.

Developing interactive electronic tutorials in mathematics for Webmathematica

Evgenii Vorob'ev, Moscow Institute of Electronics&Mathematics, Moscow, Doctor of Science, Professor (emv@miem.edu.ru)

Valerii Nikishkin, Moscow University of Economics, Statistics&Informatics, Cand.Sci., Professor (VNikishkin@mesu.ru)

Abstract: the authors consider a method for developing interactive electronic tutorials for Webmathematica. The Analytic Geometry tutorial is taken as an example.

Keywords: Interactive electronic tutorial, Webmathematica, Java server pages (JSP), e-learning