

Шеломовский Владимир Викторович

Доцент, кандидат технических наук
Генеральный директор ООО «Деома»

**ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ
К УЧЕБНИКАМ ПО МАТЕМАТИКЕ
И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.**

Статья для международной конференции МКО 2008

Математика. Компьютер. Образование:
Сборник научных трудов. Выпуск 15. Том 1 С. 83-88
Москва–Ижевск 2008

Аннотация

Рассмотрена методические аспекты внедрения современного интерактивного электронного учебника, базирующегося на традиционном бумажном учебнике Алгебра 7,8,9 автора А.Г.Мордковича для общеобразовательной школы. Учебник содержит установочный файл, интерактивный файл инструкции по работе с учебником, основы восьмидесяти четырёх тем (уроков), содержащие интерактивные графики, модели, интерактивные формулы, методическое сопровождение с контекстно-зависимыми элементами, видеозаписи фрагментов проведенных уроков. Описаны возникавшие проблемы и методы их решения.

Накопленный опыт связан в основном с разработкой и внедрением интерактивного электронного учебника, базирующегося на традиционном печатном учебнике и содержащего основы уроков УМК Алгебра 7,8,9 автора А.Г.Мордковича для общеобразовательной школы. Идея электронного учебника состоит в том, что задача из традиционного бумажного учебника становится основой, на которой создается класс задач одного типа. Каждый файл электронного учебника привязан к конкретному разделу печатного учебника. Он снабжен методическим текстом для учителя, где указаны основные формулы, встроенные в задания, управляющие элементы файла, рекомендованные установки, полезные определения. Идеология создания учебника описана в [1,2], демонстрационные материалы могут быть взяты на сайте <http://deoma-cmd.ru/inma/>

1. Методическое сопровождение. Создавая электронное приложение, компьютерщики надеются, что методику его применения легко создадут сами учителя. Аналогично рассуждали представители НФПК, которые сначала объявили конкурсы на создание цифровых образовательных ресурсов (ЦОР), а затем – конкурсы написания методичек к готовым ЦОР. Наш опыт свидетельствует о целесообразности комплексного подхода. Например, был создан файл «Линейное уравнение с двумя переменными и его график». Создатели задумали интерактивную точку с надписанными координатами и вычислением значения линейной функции в этой точке. Предполагалось, что учитель покажет несколько точек, в которых уравнение обращается в верное равенство, а потом выведет на экран график уравнения. После проведения урока учитель-испытатель спросила: «А нельзя ли сделать так, чтобы точка

оставляла след там, где уравнение выполнено?». В результате в программе возник совершенно новый элемент – кнопка «След».

К настоящему времени практически во всех развитых странах созданы программы конструкторы, позволяющие из элементарных геометрических элементов создавать сложные построения, чертежи. (США - SketchPad, Франция - Cabri Geometry, Германия — Cinderella, и т. т.д.). Целесообразно ли использование подобных программ конструкторов, в которых учитель должен сам создавать изображение, в практике школьного обучения? Программа конструктор вызывает большой интерес учеников при их знакомстве с геометрией, в самостоятельной работе. Но нет смысла рекомендовать конструктор для применения в широкой практике учителя. Реальность сегодняшнего дня такова, что современные учителя математики в подавляющем большинстве своём, как и остальные преподаватели школы, люди немолодые, не привыкшие и часто просто не умеющие пользоваться компьютером. Даже если предположить, что лет через 10 -15 в школу придут преподавать после педагогических Вузов бывшие сегодняшние подростки, которые с компьютером «на ты», не каждый учитель будет иметь навык, квалификацию, элементарно дополнительное время для того, чтобы самому готовить электронные пособия с помощью программы конструктора для каждого урока. Созданные энтузиастами с помощью программ конструкторов интерактивные иллюстрации к отдельным задачам, вывешенные в интернете, доступны всем заинтересованным пользователям. Но, так же как множество отдельных атомов вряд ли самопроизвольно сложатся в тело разумного человека, так и множество Java-апплетов и созданных в разных программах конструкторах иллюстраций к отдельным задачам не составят единый курс. В математике важен комплексный подход. Накопленный опыт говорит, что методических особенностей, трудностей и подводных камней при создании компьютерных пособий для уроков математики очень много.

Например, вопрос введения понятий. Авторы учебника часто вводят новые понятия «мягко», так, что объяснение есть, а формулировки нет, причём понятие даётся. Например, понятие выпуклой вверх функции даётся именно так, без оговорок о непрерывности, нелинейности, отсутствии угловых точек, важности промежутка. Что обнаружит ученик, анализируя графики функций $y = |x|$ и $y = -|x|$? Очевидно, что первую функцию он отнесёт к выпуклым вниз, а вторую – к выпуклым вверх! Типичный ученик активные точки, определяющие хорду, расположит на разных ветвях графика!!! Поэтому понятия в электронном учебнике должны основываться на понятиях бумажного учебника, но не повторять их (в отличие от определений, которые должны быть эквивалентными).

Учителю удобно приложение типа «полуфабриката», в котором учитель не создает полностью пособие к уроку, а отбирает из представленных возможностей. Каждый файл электронного учебника необходимо привязать к конкретному разделу учебника и снабдить встроенным методическим файлом для учителя и описанием для ученика. Необходимо показывать именно то, что учитель привык видеть в учебнике. Привычная символика и предварительная установка задания исходного печатного учебника достаточно важны. В начальный момент учитель видит то же, что и в книге. Идея электронного учебника состоит в том, что задача из учебника становится основой, на которой создается класс задач одного типа. И вот – легкое движение руки с мышкой позволяет получить тысячи модифицированных заданий.

Любопытная особенность связана с вводом числовых данных. По непонятной причине, большая часть известных автору учителей математики не любит установку параметра путём введения числа с клавиатуры. А вот движение рычажка по шкале или активной точки на графике вполне удобно. Замечу, что количество значений на шкале должно быть в пределах 20 – 50. При большем числе значений усложняется процедура установки значения, особенно если пиксели на экране велики.

Методика управления изображением должна быть такова, чтобы учитель мог доверить пульт управления одному из трёх-четырёх лучших учеников. Ученики, как правило, быстро овладевают техникой, особенно, если наградой за хорошо проведенный урок им будет отличная оценка. Учитель просто говорит ученику, сидящему за пультом управления «Покажи параболу, установи $a = 4$, ...», и далее работает с экраном, сохраняя контроль за классом. А ученик участвует в уроке, записывая то, что требуется по ходу урока в тетрадь. Из двух десятков наблюдаемых учителей только один использовал методику личного управления изображением (с задней парты и после длительной подготовки к уроку).

Интерфейс современного электронного пособия не должен быть привязан к тому стандарту, который применяется в Интернете, в нём должно быть как можно меньше непривычных операций. Основной интеллектуальный потенциал учителей математики - это те, «кому за сорок». Эти учителя не знают интернета и не собираются его изучать, но именно они глубоко знают математику. Они привыкли к обычному для учебников и математических книг изображению, к русскому языку, а не к американскому «ОК». Поэтому электронный учебник по математике, с которым согласится работать пожилой учитель, должен как можно менее отличаться от книги. Более того, желательно, чтобы формат материалов был близок к тому, что учитель обычно пишет на доске. В идеале, на экране (интерактивной доске, изображении с проектора на обычной школьной доске), возникает именно то, что обычно писал учитель с использованием привычной для него символики, но более аккуратно, красиво, с большим числом возможностей, правильными преобразованиями и точным ответом.

2. Числа в программе. Пусть активная точка с указанными координатами скользит по графику функции. Ясно, что её координаты – это числа компьютерные, то есть приближённые, а не с математические, которые в отечественной школе должны быть точными. Если контрольная точка движется по гиперболе $y = 1/x$ и её абсцисса равна 3, то ордината этой точки не может быть 0,33 (при типичной точности два знака после запятой). Она обязана быть $1/3$. Еще хуже выглядит число $\sqrt[3]{1,01}$. В американских программах это число равно единице! В результате пропадают принципиальнейшие для математики различия между линейной и квадратичной функцией (при малом коэффициенте при квадрате) или проблемы особых значений параметра. Да что говорить, Великая теорема Ферма в этой нотации легко опровержима. В наших программах при движении точки по выпуклой вниз кривой с заданным шагом можно менять абсциссу, а по выпуклой вверх – ординату. Для школьных функций при таком подходе вторая координата может быть вычислена точно. Заметим также, что программа должна автоматически менять установки Windows, связанные с «десятичной точкой» Дело в том, что по умолчанию в Windows ставится именно точка. А в России принято использовать запятую.

3. Установка программы. Пожилые учителя проявляют гениальные способности выполнить такое действие, до которого компьютерщик догадаться не может. Более-менее работоспособным оказался только следующий алгоритм установки программы. Вложить диск в дисковод, дождаться (надежда на то, что AUTORUN работает) окна с предложением на русском языке о том, что программу можно установить, щелкнуть «Установить», дождаться сообщения, что программа установлена, что на рабочем столе появился ярлык, и предложения запустить обучающую программу. Программа установки должна всё выполнить сама без единого вопроса. В случае если пользователь компьютера не имеет прав администратора, программа на хорошем русском языке просит пригласить сотрудника с этими правами. Если на диске мало места, то предлагает удалить лишние программы. Программа-установщик должна обеспечить установку в автоматическом режиме как собственно рабочей программы, так и вспомогательного ПО на компьютер пользователя, возможность установки при различных версиях Windows (Vista, XP, Windows 2000). Запросы на установку должны быть русифицированы и изложены привычным учителю языком (считаем, что ученики, привычные к установке игр, в этом случае легко выполняют установку созданной программы).

4. Важные алгоритмы. Следующие алгоритмы зарекомендовали себя, как очень полезные при создании электронного учебника:

- алгоритмы **«панели управления»** для ввода информации, которые позволяют:
 - выбрать интерактивный рисунок (панель управляющих кнопок);
 - ввести с помощью интерактивных шкал числа трёх видов (целое, рациональное в виде дроби и число с десятичной точкой) с заданными ограничениями (например, отсутствие запрещённого значения, граница диапазона, определяемая другой шкалой);
 - создать след интерактивной точки в выбранный пользователем момент;
 - запустить исполнение интерактивной программы.
- алгоритмы **«интерактивных графиков»**, которые включают:
 - вывод на экран изображения любой применяемой в школьной математике алгебраической функции. Например, график функции, параметры которой задаются с помощью «панели управления»;
 - создание и вывод на экран интерактивной системы координат с варьируемыми положением начала координат, длиной единичного вектора и заданными ограничениями по протяженности осей, длинами единичных векторов, шагом разметки (например, шаг 0,1 или $\pi/5$);
- алгоритмы **«интерактивной точки»**, которые позволяют вывести на экран изображение интерактивной точки и её параметры, а также задавать различные ограничения её движения, такие как:
 - точка размещена в произвольном положении на экране;
 - точка размещена на заданном графике функции;
 - координаты точки изменяются дискретным образом в системе декартовых координат, изображённой на экране;
 - точка размещена на заданном графике функции, причём обе её координаты можно представить в привычном для ученика виде (например, на графике

функции $y = \sqrt[3]{x}$ ордината меняется дискретно с заданным шагом, а на графике функции $y = x^3$ дискретно изменяется абсцисса);

- область возможных перемещений точки ограничена полем экрана.
- алгоритмы **«формул»**, позволяющие вывести на экран интерактивную текстовую информацию (цепочки уравнений или неравенств) в привычном для учителя и ученика виде:
 - представление выражения с символом корня в привычной нотации;
 - представление произведения сомножителей в привычной нотации (сомножитель 1 опускается, сомножитель (-1) меняет знак следующего выражения, скобки в произведении выставляются, если сомножитель содержит несколько слагаемых и так далее);
 - представление степени в привычной нотации (степень 1 не пишется, нулевая степень заменяется единицей, которая может записываться или опускаться в зависимости от контекста, отрицательная степень может представляться в виде дроби);
 - представление рационального числа в привычной нотации (знак, числитель приподнят, знаменатель опущен, горизонтальная дробная черта между ними);
 - представление символа системы, связанного с уравнениями обычной нотацией;
 - представление выражения типа корня квадратного уравнения в привычной нотации (если корень не извлекается, то с символом корня, если извлекается, то в виде целого или рационального числа);
 - систему представления информации из теории множеств, в частности, объединение или пересечение множеств различного содержания (например, объединение множества чисел полуинтервала и целых чисел или пересечение промежутков решения системы квадратных неравенств).

Все указанные алгоритмы должны содержать систему противодействия попыткам разрушения изображения или численного выражения. В ходе проверки программы «на прочность» использовался любимый учениками процесс, когда особо одарённые ученики, получив программу в своё распоряжение, стараются ввести такие исходные данные, которые должны привести к делению на нуль или решению, содержащему все числа, кроме некоторых особых, пытаются загнать интерактивную точку «в бесконечность» и так далее.

5. Интерактивные помощники включают:

- контекстно-зависимую библиотеку методических разработок и пояснений по выбранной теме как для учителя (раздел **«Методичка»**), так и для ученика (раздел **«Описание»**);
- контекстно-зависимую библиотеку алгоритмов, формул, определений для данного урока и выбранной исходной информации. Например, при решении квадратного неравенства при активизации кнопки **«Помощь»** разбирается именно то решение, которое возникает при данном значении дискриминанта и выборе знака неравенства;
- управляемую библиотеку определений **«Рабочий словарь»**, выбор информации, из которой осуществляется по соответствию группе символов (например, чтобы

найти определение монотонной функции в командной строке надо набрать «моно...»).

Обучающие модули для учителей должны содержать систему уроков, в ходе которых учитель может научиться пользоваться элементами управления (точками, шкалами, кнопками и библиотекой).

6. Проблемы. Большинство учителей согласны с тем, что созданный электронный комплекс для изучения алгебры предоставляет пользователю возможность изучать алгебру визуально и с комфортом. Казалось бы, что ещё надо? Практическое внедрение показало следующее. Первый год программа внедрялась ровно одним учителем-энтузиастом. Несколько десятков учителей сначала скептически, а затем с интересом наблюдали за процессом. На втором году число регулярных пользователей, известных автору, достигло двух десятков. Большинство этих пользователей в личных беседах говорили о психологическом барьере, который не позволял начать работу. Если учитель провел с программой хотя бы пять-шесть уроков, то ему уже некомфортно без программы. На публичных лекциях учителя встречают программу «на ура». Очередь желающих скачать материал на флешку – десятки человек. Однако эта очередь быстро обрывается, так как на многих флэшках находятся вирусы и аудиальное сопровождение процедуры передачи становится похожим на какофонию в современном большом городе после грозы (ревут сирены противоугонных устройств). Из тех, кто взял программу, лишь единицы сообщают авторам что-то по поводу того, как пошло использование их программ, связанные с этим проблемы и потребности. Пример обратной информации с сохранением орфографии автора ответа: «Здравствуйте, Владимир! Ваши программы установились и активированы и используем. Очень удобные программы. Для работы в 10-11 классе мне необходимо все, чего Вам не жалко. Так как веду спецкурс "Параметры", то хотелось бы и по этой теме материал.»

Заметим также, что для учителя электронный учебник несет массу хлопот. У обычного учителя его представления о мире, таком привычном и уютном с традиционным учебником, который можно прорешать до начала урока, пошатнутся, когда ученики ехидно (это они умеют) сообщат, что глупо доказывать то, что неверно в таком-то случае. Подобный опыт был накоплен при работе с геометрическими задачами. Даже в учебнике такого выдающего мастера создания геометрических задач, как В.В.Прасолов, пользователи программы нашли ряд неточностей (часть которых была продемонстрирована В.В.Прасолову). А уж в обычных учебниках неточных утверждений достаточно. А среди учеников энтузиастов найти оплошность в геометрическом утверждении всегда много. Любопытный пример – определения биссектрисы. В части определений вершина угла не входит в это понятие (геометрическое место точек, расположенных внутри угла...) а в части – входит (Луч, ...). Однако, несмотря на трудности освоения этого нового в педагогической практике инструмента, увлеченные своим делом, заинтересованные учителя используют на своих уроках электронные приложения, созданные ООО «Деома» с помощью программы InMA.