

# Компьютерный учебник «ТМЦДО. Математика-1»

**С.И.Борисов**, ведущий программист лаборатории инструментальных систем моделирования и обучения  
Тел.: (902) 951-91-68, E-mail: bsi@tcde.ru

**В.А.Томиленко**, к.ф.-м.н., доц. кафедры Высшей математики  
Тел.: (3822) 41-34-73

Томский университет систем управления и радиоэлектроники  
<http://www.tusur.ru/>

**В.В.Кручинин**, к.т.н., доц., зам. директора по науке

Тел.: (3822) 42-30-67, доп. 170; E-mail: kru@tcde.ru

Томский межвузовский центр дистанционного обучения  
<http://www2.tcde.ru/>

**А.В.Долматов**, ведущий специалист

Тел.: (3822) 52-46-15, E-mail: dolmatoff@mail.ru  
Contek Soft

*This article is about a computer textbook in higher mathematics, developed specifically for students of the distance education department. Basic conceptual aspects of such a trainer development are stated within the article, followed with every embedded functional block and trainer description.*



С.И.Борисов

## Введение

Математика является одной из важнейших дисциплин для инженерных специальностей. В Томском университете систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) имеется методическое обеспечение для студентов очного обучения.

Однако переход на дистанционные технологии обучения студентов существенным образом изменяет ситуацию. Студент практически один на один остается с такой трудной дисциплиной, как высшая математика, особенно на младших курсах. Уже первый опыт преподавания высшей математики по дистанционной технологии в Томском межвузовском центре дистанционного образова-

ния (ТМЦДО) показал, что высшую математику студенты осваивают достаточно трудно. Были случаи, когда студенты для решения контрольных работ нанимали сторонних преподавателей, репетиторов и т.д. Для выхода из сложившейся ситуации было

предложено разработать серию компьютерных учебников по разделам высшей математики. Основная направленность данных учебников – это интерактивная помощь при решении практических задач.

В результате анализа компьютерных учебных программ (КУП) по высшей математике, проведенного авторами, было обнаружено, что все они направлены в основном на представ-



В.А.Томиленко



V.B.Кручинин

ление теоретического материала, то есть не соответствуют требованиям, предъявляемым центром. Поэтому руководством центра было принято решение о разработке собственной серии компьютерных учебников по высшей математике. Авторами на основании своего

собственного опыта [1] и опыта других разработчиков была сформирована концепция построения КУП по высшей математике, применимых для дистанционной технологии обучения.

Первым учебником в рамках этой серии стал учебник «ТМЦДО. Математика-1» [2], который включает следующие темы: линейная алгебра; векторная алгебра; аналитическая геометрия.

В этой статье описываются концепция построения данного компьютерного учебника, его состав, реализованные тренажеры и другие особенности. Также дано описание технологий, примененных в процессе реализации этой КУП.

### **Концепция компьютерного учебника**

Перечислим основные требования, предъявляемые к нашим компьютерным учебникам.

*Активное усвоение материала.* Под активностью понимается усвоение материала через действия студента. Информация должна подаваться на экран небольшими порциями. По этой части информации студент должен принять решение и произвести действие.

*Постоянный контроль действий студента.* Действия, производимые студентом, должны постоянно анализироваться обучающей программой, и в зависимости от произведенного действия должна выдаваться следующая порция информации.

*Постепенное усложнение материала.* Задачи необходимо расположить так, что вначале студент решает простые, одношаговые задачи, а затем переходит к более сложным, мно-

гошаговым задачам. Каждый шаг решения сложной задачи – это простая задача, решение которой уже было разобрано ранее. Если студент не справляется с очередным шагом решения сложной задачи, то программа прерывает решение этой задачи, и на экран монитора выдается та простая задача, решение которой студент не усвоил. Когда студент повторит решение простой задачи, он может вернуться к решению прерванной задачи.

*Задачи с параметрами,* сгенерированными программами сопровождения каждой задачи, при этом часть параметров – случайные. Это значит, что если студент будет решать подряд одну и ту же задачу, то он будет решать ее с разными числовыми данными. Поэтому в программах нет файла с ответами к задачам, а каждое действие студента контролируется алгоритмами контроля в процессе решения задачи студентом.

*Использование технологии мультимедиа.* Эта технология используется для показа некоторых сложных математических абstractions. Кроме того, каждое действие студента, правильное, или неправильное, должно сопровождаться репликой. Все реплики при решении задач должны производиться с аудиосопровождением. Для чего также используется технология мультимедиа.

Программы, придерживающиеся всех вышеперечисленные принципов, авторы назвали «тренажеры» и «задачи по сценарию».

Кроме того, для решения часто встречающихся задач необходимо предусмотреть компьютерные программы, которые авторы называли «инструментами». Используя инструмент, студент решает задачу со своими числовыми данными, придерживаясь определенного сце-



A.V.Долматов

нария решения. Фактически, это тренажер, но с возможностью ввода студентом начальных данных самостоятельно. Программа лишь контролирует корректность ввода начальных данных там, где это возможно.

Для ввода студентом нетривиальной информации авторы предлагают использовать так называемую «дополнительную клавиатуру». Это такая виртуальная клавиатура, нарисованная на экране компьютера, клавиши которой могут содержать специальные символы, отсутствующие на обычной компьютерной клавиатуре. Примеры таких «дополнительных клавиатур» описаны ниже в этой статье.

КУП является приложением к обычноному (бумажному) учебному пособию Л.И. Магазинникова [3] и ориентирован на помощь в решении практических задач, поэтому он содержит лишь краткие формулировки основных определений и теорем. Для представления лекций используются гипертекстовая и гипермейдийная технологии.

## Состав учебника

Учебник содержит:

1. Краткое изложение лекционного материала.
2. Матричные тренажеры (25 шт.).
3. Задачи по сценарию (149 шт.).
4. Инструменты (10шт.).
5. Демонстрации построения кривых 2-го порядка методом сечений.
6. Словарь.

На рис. 1 (см. цветную вставку) представлен общий вид главного окна учебника. Кнопки навигации (1-3) позволяют перемещаться по учебнику вперед и назад и возвращаться на предыдущий просмотренный кадр. Кнопка «Оглавление» (4) позволяет в любой момент попасть в оглавление учебника. Информацию о разработчиках и контактных телефонах можно получить по кнопке «О разработчиках» (5). Кнопка «Инструменты» (6) показывает окно (9), в котором можно выбрать один из 10 реализованных инструментов. Также одной из кнопок можно перейти в «словарь» (7) или получить информацию о работе с учебником (8). В оглавлении наряду со ссылками на кадры лекций

(11) присутствуют ссылки на тренажеры (10) и задачи по сценарию (12).

Ниже более подробно описаны наиболее интересные составляющие учебника.

## Тренажеры

На рис. 2 (см. цветную вставку) приведена структура матричных тренажеров, реализованных в рамках проекта «ТМЦДО. Математика-1».

В этих тренажерах студенту предлагаются начальные данные задания (матрица, или две матрицы), сгенерированные специальными алгоритмами. И предлагается выполнить предложенное задание (например, умножение матриц) прямо на экране компьютера при помощи дополнительной клавиатуры, предлагаемой программой. Точнее сказать, сами матрицы, записанные на экране, становятся дополнительными клавиатурами.

В качестве примера рассмотрим работу тренажера «умножение матриц» 2-го уровня. На рис. 3 (см. цветную вставку) показан внешний вид окна тренажера.

Программа генерирует начальные данные в матрицы  $A$  (7) и  $B$  (4) и размерность матрицы  $C$  (9). Все три матрицы являются дополнительной клавиатурой. Кроме того, частью дополнительной клавиатуры являются кнопки «плюс» (6), «умножить» (8) и «равно» (5). Задача студента – для выбранного им элемента матрицы  $C$  ввести правильную последовательность кнопок. Нахождение первого элемента демонстрируется программой. Остальные элементы студент должен сформировать сам. На рисунке идет процесс формирования элемента матрицы  $C$  в 1-м столбце 2-й строки (10). Тренажер сделан с учетом ассоциативности операций, то есть студент волен выбирать последовательность операндов в операциях сложения и умножения.

Любое неправильное действие сразу же сопровождается репликой в области подсказок (11), дублирующейся звуковым сигналом компьютера. По окончании работы с тренажером студент может узнать количество совершенных им ошибок нажатием на кнопку

«Результат» (2). Можно сгенерировать новые данные кнопкой «кубик» (2). При этом генерируются как числа матриц, так и их размерности. Кнопки (1) предназначены для навигации по компьютерному учебнику: переход на следующую страницу, на предыдущую, возврат назад на предыдущую просмотренную страницу или возврат в оглавление.

Тренажеры первого уровня аналогичны, с тем исключением, что решение производится в общем виде. То есть вместо конкретных цифр стоят буквы с индексами. В тренажерах третьего уровня студент не указывает элементы матриц и операции, а производит расчеты сам. Программа лишь проверяет правильность его вычислений.

Другим характерным примером является тренажер нахождения обратной матрицы. На рис. 4 (см. цветную вставку) показан общий вид этого тренажера. На старте студенту предлагаются начальная матрица  $A$  (2), сформированная специальными алгоритмами, позволяющими вести все вычисления в целочисленной арифметике, что, с одной стороны, значительно облегчает освоение этой области студентом, а с другой стороны помогает разработчикам представить матрицу на экране. Слева записана единичная матрица (4), в которой будет формироваться обратная матрица  $A^{-1}$ . Слева от нее через знак умножения в виде обыкновенной дроби записан коэффициент (5) который как раз и призван устранить проблемы дробных чисел в получаемой матрице. В нижней части приведен список элементарных операций (8), которые может выполнить студент. Эти операции выполняются одновременно со строками матриц  $A$  и  $A^{-1}$ . Любую операцию, произведенную студентом, можно отменить при помощи кнопки (3).

Задача студента сводится к тому, чтобы при помощи операций дополнительной клавиатуры привести матрицу  $A$  к единичной, тогда в левой части сформируется обратная матрица. Когда студент решает, что обратная матрица найдена, он должен нажать кнопку «Закончить» (6) или, если студент решает, что матрица  $A$  по каким-то причинам не может

иметь обратной, то кнопку (7). В этот момент программа проверяет, правильно ли студент справился с заданием и (по требованию студента) может сохранить протокол его действий. Кнопки навигации (1) аналогичны предыдущему рассмотренному тренажеру.

Все прочие матричные тренажеры (всего реализовано 24 тренажера) строятся по принципам, похожим на два продемонстрированных.

### Задачи по сценарию

Задачи по сценарию представлены шаблонами задач от самых простых, решаемых за один шаг, до сложных, решаемых за несколько десятков шагов.

На рис. 5 (см. цветную вставку) показан пример такой задачи. По сгенерированным программой условиям задачи (1) студент должен ввести в поле ввода (2) ответ и нажать на ввод (3). Если студент не может справиться с поставленным заданием, то может воспользоваться кнопкой «Подсказка» (7) или кнопкой «Решение» (4). В качестве подсказки студенту предъявляется та часть лекции, в которой описан материал, необходимый для решения данной задачи (6). По кнопке «Решение» в правой части окна задачи (8) появляется решение задачи. Для простых (одношаговых) задач – это, обычно, конечная формула решения задачи (именно такой случай показан на рисунке). Для многошаговых задач – это формулировка первого шага алгоритма решения задачи. Если студент не в состоянии решить очередной шаг (который сводится к решению более простой задачи), то его отсылают к решению этой (более простой) задачи.

При вводе ответа студенту выдается реплика (5) (на рисунке показана реплика «Неправильно»). Студент также может воспользоваться калькулятором (9), вызвав его по кнопке, рядом с полем ввода (2). Это не совсем обычный калькулятор. В этом калькуляторе студент может не только посчитать значение, но и ввести сложное, нетривиальное выражение со скобками, математическими функциями и так далее, и вычислить его значение.

В компьютерном учебнике реализовано в общей сложности 149 шаблонов задач по сценарию.

### Инструменты

Некоторые наиболее часто используемые тренажеры и задачи по сценарию реализованы в виде инструментов. Отличие инструментов от их аналогов тренажерного типа состоит в следующем:

- начальные данные не генерируются программами сопровождения, а вводятся студентом самостоятельно;
- добавляются программы контроля вводимых студентом данных.

### Демонстрации поверхностей 2-го порядка

В виде демонстраций представлено построение поверхностей второго порядка по их каноническим уравнениям методом сечений. Демонстрация – это фрагмент лекций, который представляет собой видеоряд, сопровождающийся голосовыми комментариями, объясняющими суть происходящего на экране. Синхронно с действием, происходящим на видеоролике, показывается уравнение строящейся поверхности и уравнение плоскости сечения. Совместное решение системы этих уравнений дает уравнение кривой текущего сечения. В любой момент времени студент может приостановить демонстрацию или перемотать на произвольный кадр. На рис. 6 (см. цветную вставку) показаны некоторые кадры из демонстрации «Гиперболический параболоид».

### Словарь

Еще одна важная составляющая часть компьютерного учебника – словарь. В словаре представлены в алфавитном порядке ссылки на все основные термины, используемые в учебнике. Те же ссылки используются в качестве всплывающих подсказок по гиперссылкам в лекциях и в задачах по сценарию. Пример такой всплывающей подсказки показан на рис. 5 (см. цветную вставку).

### Реализация

Уже на ранних стадиях разработки программы возник ряд технических сложностей, для которых пришлось применить нетривиальные технические решения.

Для вывода на экран монитора математического текста был создан специальный модуль отображения формул, который по текстовому описанию математического выражения строит его изображение. Это позволило, с одной стороны, существенно сократить объем памяти для представления учебной информации, а с другой стороны (и это более важно), – динамически генерировать математический текст. Именно на этом принципе построены тренажеры и задачи по сценарию.

Для представления математической информации была разработана специальная оболочка ShowMaster, которая позволяет:

- использовать основные графические возможности, предоставляемые средой MS Windows 95/98;
- подготавливать кадры в структурированном по разделам виде;
- создавать совокупность кадров, связанных между собой по технологии гипертекста.

Для реализации тренажеров решения задач по сценарию был разработан пакет компонент для системы быстрой разработки программ Borland C++Builder. Этот пакет значительно облегчает разработку подобных программ и позволяет интегрировать их в учебник.

### Заключение

В настоящее время студентам ТМЦДО распространяется первая часть компьютерного учебника на компактдиске. Ее общий тираж на сегодня составил 10 тысяч экземпляров. Реализация этого учебника и применение его вместе с обычными (бумажными) учебниками в процессе обучения студентов ТМЦДО дали высокий эффект – качество обучения существенно повысилось, о чем свидетельствуют протоколы компьютерных экзаменов, проводимых по данному курсу.

Работа, проделанная авторами, нашла свое применение в реальном учебном процессе, причем не только для обучения студентов дистанционной технологии, но и для студентов традиционной дневной формы обучения. В настоящее время в стадии реализации находится большая группа тренажеров по 2-й части математики и начинается работа по формированию 3-й части курса.

#### Литература

1. Кручинин В.В. Разработка компьютерных учебных программ – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1998. – 210с.

2. Борисов С.И., Дмитриева Н.М., Долматов А.В., Кручинин В.В., Ситникова Е.А., Томиленко В.А. Реализация компьютерного учебника по математике для дистанционного образования // Труды IV Международной научно-практической конференции. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – С.74-75.

3. Магазинников Л.И. Высшая математика – I. Линейная алгебра. Аналитическая геометрия. Дифференциальное исчисление. – Томск: изд-во Томского университета систем управления и радиоэлектроники, 1998. – 191с.

# Рисунки к статье С.И. Борисова, В.В. Кручинина, В.А. Томиленко «КОМПЬЮТЕРНЫЙ УЧЕБНИК «ТМЦДО. ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА-1»



Рис.1. Общий вид главного окна учебника

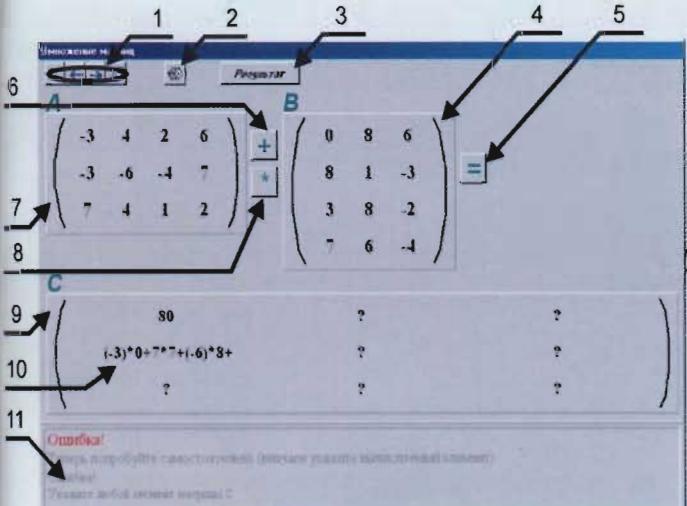


Рис. 3. Внешний вид окна тренажера

Рис. 2. Структура матричных тренажеров, реализованных в рамках проекта «ТМЦДО. Математика-1»

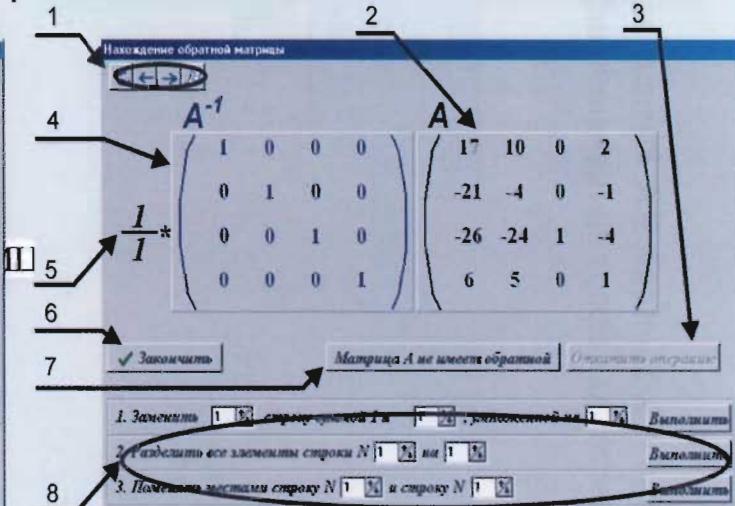


Рис. 4. Тренажер нахождения обратной матрицы

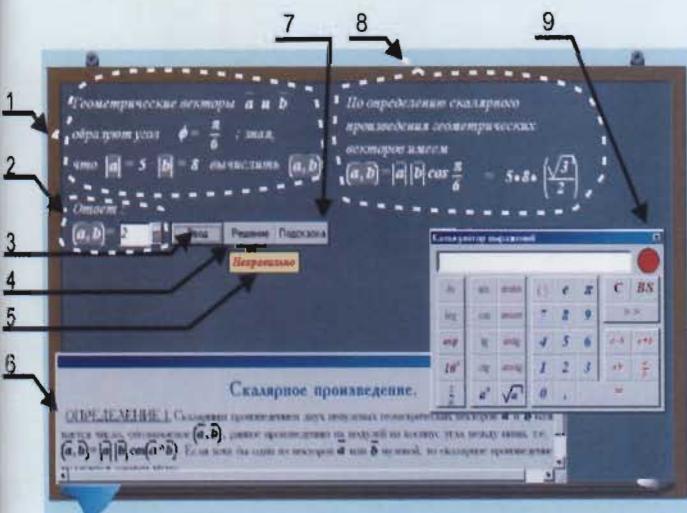


Рис. 5. Пример задачи по сценарию

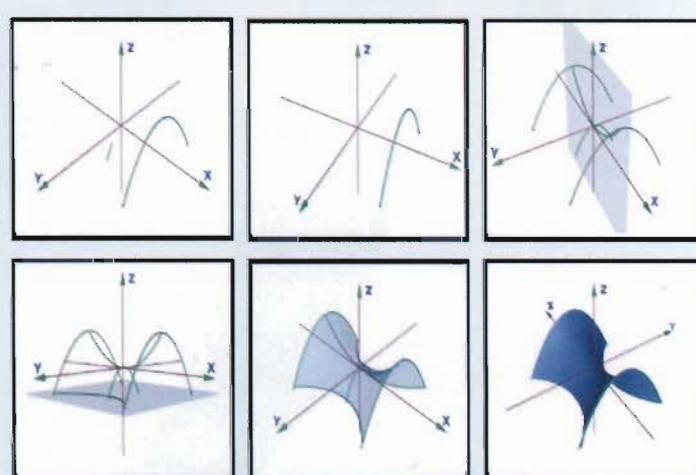


Рис. 6. Некоторые кадры из демонстрации «Гиперболический параболоид»