



*Инихов Дмитрий Борисович,  
Колесов Юрий Борисович,  
Сениченков Юрий Борисович*

## **MVSTUDIUM В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

Завершая серию статей о средах визуального моделирования, хотелось бы продемонстрировать читателям журнала, как уже используется и как можно использовать MvStudium в учебном процессе.

На кафедре распределенных вычислений и компьютерных сетей Санкт-Петербургского государственного политехнического университета ведется подготовка бакалавров по направлению 552800 «Информатика и вычислительная техника» и магистров по двум программам 552822 «Распределенные автоматизированные системы» и 552818 «Компьютерное моделирование». Эти программы будут рабочими в течение ближайших пяти лет. Из всех проблем, связанных с их реализацией, выделим одну – проблему программного обеспечения.

Какие программные средства и как использовать в учебном процессе?

Наш университет государственный, и казалось, что мы вправе рассчитывать на государственную поддержку при покупке программного обеспечения. Нечто вроде «материнского капитала», потратить который можно только на определенные нужды. Если вспомнить (с ужасом), что университеты все теперь покупают на конкурсной основе, логично было бы государству заключить единый договор на покупку программного обеспечения с компаниями-производителями и по заявке университетов покупать нужное

количество лицензий. Предварительно в этот список хорошо бы включить отечественных производителей, тем самым на деле поддержав российских разработчиков программного обеспечения. Искать их не нужно – ежегодная конференция «Компьютерное моделирование», проводимая на факультете технической кибернетики нашего университета, по сути является неофициальной ассоциацией производителей и пользователей отечественных визуальных сред моделирования. Эту «подпольную» ассоциацию нужно только «прибрать» к рукам, придав ей статус государственной и поручив ей провести конкурс, цель которого – выбрать рекомендуемые для использования в учебном процессе программные среды. Опыт есть: конкурс пользователей мы уже проводили совместно с компанией Softline, и он, как нам кажется, был полезен как участникам, так и жюри, в составе которого было много преподавателей. Надо не только выбрать программы, но и помочь университетам внедрить их. Перечень рекомендуемых программных средств нельзя зафиксировать в стандарте специальности – это тупиковый путь, но на выбор программ можно повлиять экономически – помогая университетам купить то, что считается перспективным. И в области программного обеспечения нужно на государственном уровне поддержать те направ-

ления, где мы еще не отстали от других навсегда.

На нашей кафедре с лицензионным программным обеспечением казалось бы все в порядке (а как дела обстоят у вас, читатель?). Операционную систему нам подарила компания Microsoft, новые компиляторы от Intel для научной работы получены по выигранному гранту, программу MathCAD мы «заработали», создав и поддерживая учебный сайт, а среды MvStadium и AnyLogic подарили сами себе как авторы этих продуктов. Таким образом, мы пользуемся лицензионным программным обеспечением, но достаточно ли его для подготовки специалистов по программе «Компьютерное моделирование»? С одной стороны, в учебном программном обеспечении должны найти отражение современные научные концепции, а с другой – будущий специалист должен решать практические задачи теми средствами, что сейчас используются на производстве. Учитывая это, список имеющихся у нас программных продуктов хотелось бы расширить, но на это может не хватить денег. Попробуем оценить (весьма грубо), чему мы сможем научить, имея то, что мы имеем.

Компьютерное моделирование – относительно молодое направление. В учебных программах еще достаточно места для отражения особенностей кафедры, реализующей конкретную программу, в частности возможностей ее профессорско-преподавательского состава. Естественно, при составлении программы мы опирались на конкретных людей. Так появились в программе циклы «Статистическое моделирование», «Высокопроизводительные вычисления», «Имитационное моделирование», «Верификация программ», «Объектно-ориентированное моделирование».

В нашем случае фундаментальными дисциплинами являются математика и информатика. Для преподавания математики можно использовать пакеты MathCAD, Maple, Mathematica. Профессор нашей кафедры Ростислав Игоревич Ивановский, давно и активно пропагандирует MathCAD

(автор книг, посвященных этому продукту; сайта, где учат его применять; курсов лекций, где он используется для проведения лабораторных работ). Наши студенты активно применяют MathCAD, но было бы хорошо, чтобы они были знакомы и с пакетами Maple и Mathematica. «Отработать» покупку этих пакетов мы не можем – никто не предлагает, а покупать – дорого.

К специальным дисциплинам относится прежде всего математическое моделирование. MathCAD, AnyLogic, MvStadium являются основными продуктами на нашей кафедре, поддерживающими различные разделы математического моделирования.

Прикладное значение имеют курсы, связанные с конкретными средами компьютерного моделирования и приложениями, созданными на их основе, а также технологии проектирования на базе компьютерного моделирования. Эти курсы опираются на соответствующие разделы курса о математических моделях и посвящены принципам построения сред и методикам их использования.

Здесь основная нагрузка ложится на AnyLogic (профессор Карпов Юрий Глебович) и MvStadium (авторы этой статьи).

В учебном процессе приложения, созданные с помощью различных сред моделирования студентами и аспирантами нашей кафедры, могут использоваться как:

- 1) виртуальные (компьютерные) лаборатории (получение новых знаний),
- 2) тренажеры (приобретение навыков и умений),
- 3) системы тестирования (проверка знаний, умений, навыков).

На среды моделирования можно посмотреть с различных точек зрения.

#### **КОМПЬЮТЕРНЫЕ СРЕДЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ**

В дальнейшем будем говорить только о пакете MsStadium.

Перечислим дисциплины, в которых можно использовать пакет.



**1. Численный анализ** (вычислительные методы линейной алгебры, численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений, методы оптимизации). Если рассматривать алгоритмы и не затрагивать особенности их программной реализации, то для этого нужен Fortran или C, подходит любой пакет, дающий возможность удобно обращаться к численной библиотеке. Для многих преподавателей численного анализа в технических университетах таким пакетом считается пакет из книги Дж. Форсайта, М. Молера, К. Малькольма [1] и его усовершенствованный вариант [2]. Он уже редко используется в фортрановской редакции, однако в MvStadium используется именно такая редакция, а сама оболочка позволяет практически не тратить время на «программирование» вызываемой программы. К тому же в MvStadium включены программы из коллекций Linpack и Eispack. Покупка лицензионного компилятора для языка Fortran и лицензии на право использовать библиотеку IMSL позволяют резко расширить возможности MvStadium как удобного средства для вызова численных программ.



**2. Объектно-ориентированное моделирование.** Мы позиционируем наш продукт как продукт опирающийся и расширяющий UML. Это позволяет рассказывать и учить объектно-ориентированному подходу, используя UML как стандарт, а MvStadium как одну из его возможных реализаций применительно к моделированию сложных динамических систем.



**3. Теория автоматического управления.** В теории автоматического управления мы сталкиваемся с достаточно распространенной проблемой – в этой области специалисты давно используют свой графический язык. Авто-

ры пакета Simulink выбрали его в качестве пользовательского языка и тем самым затруднили использование пакета другими категориями пользователей. В MvStadium «родной» язык пакета весьма далек от языка Simulink, но, благодаря специальной библиотеке, можно работать «как будто» бы в среде Simulink. Сейчас эта библиотека интенсивно расширяется и реально используется в курсе «Теория автоматического управления», читаемого нашим студентам.



**4. Теория машин и механизмов.** Для механиков удобный входной язык пакета и естественная визуализация механизмов чрезвычайно важны. Эта проблема до сих пор еще не нашла удовлетворительного решения. Не менее важна и возможность решать нелинейные задачи численно с нужной точностью и скоростью. Как ни удивительно, для многих областей характерно считать численное решение решением «второго сорта». Может быть поэтому в учебном процессе механики чаще ориентируются на старую, хорошо отработанную схему – нелинейные уравнения линеаризуют, упрощают так, чтобы можно было построить решение в замкнутой форме, получают данные, необходимые для визуализации и с помощью специальных редакторов строят нужный графический образ. В то же время для учебного процесса, где достаточно упрощенной визуализации, подходят все современные среды – компонента SimMechanics пакета Matlab, Modelica, MvStadium (рис. 1).



**5. Химико-технологические аппараты.** В данной области элементами входного графического языка являются компоненты технологического оборудования. С точки зрения учебного процесса, важны как сами компоненты и их компонентные уравнения, так и свойства агрегатов, построенных из этих

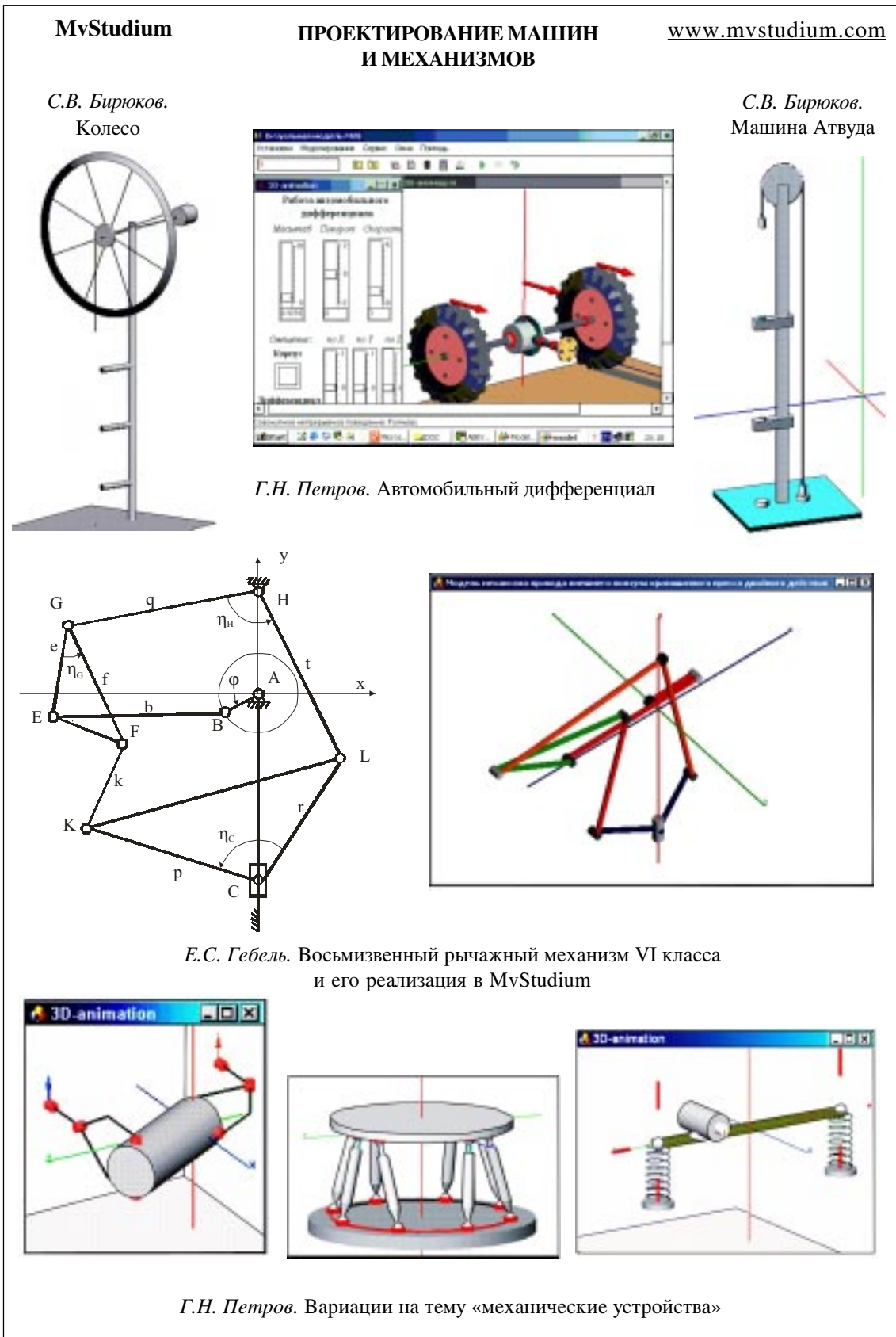


Рис. 1. MvStudium в механике

компонент. Существуют промышленные пакеты, содержащие огромное число компонент, но они дороги и громоздки для учебных целей. Традиционный путь – построение простого пакета с небольшим набором компонент. Вместо разработки своего пакета можно создать библиотеку в MvStudium, что и было сделано в нескольких университетах (рис. 2).



**6. Имитационное моделирование.** Сейчас MvStudium пока еще не имеет динамических типов данных, и с его помощью достаточно сложно организовать «агента», с помощью которого построение имитационных моделей становится более естественным. В то же время с его помощью была успешно реализована следующая схема: начав рассмотрение марковских процессов (дискретных и непрерывных) в виде разностных и дифференциальных уравнений, мы перешли к системам массового обслуживания и реализовали их в форме статистического эксперимента.

### КОМПЬЮТЕРНЫЕ СРЕДЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СТУДЕНТА, КОТОРЫЙ ХОЧЕТ СТАТЬ ИНЖЕНЕРОМ

На нашей кафедре большую роль играет самостоятельная научная или инженерная деятельность студентов. Старые схемы обучения студентов позволяли выпускать как магистров, так и инженеров, и студент сам выбирал ту или иную форму обучения. Отказ от этой схемы и переход к выпуску либо только магистров, либо только инженеров для конкретной специальности со ссылкой на необходимость интегрироваться в мировую экономику, возможно, надо пересмотреть. В нашей экономике еще достаточно областей, где нужны специалисты с традиционным для нашей страны образованием, и пусть не министерство, а сам студент, проучившись четыре года, выбирает свой дальнейший путь. Нам такой выбор позволял в качестве дипломных работ выбирать чисто инженерные темы, где важен результат, подтвержденный практикой. Благодаря этому, для MvStudium с помощью студентов

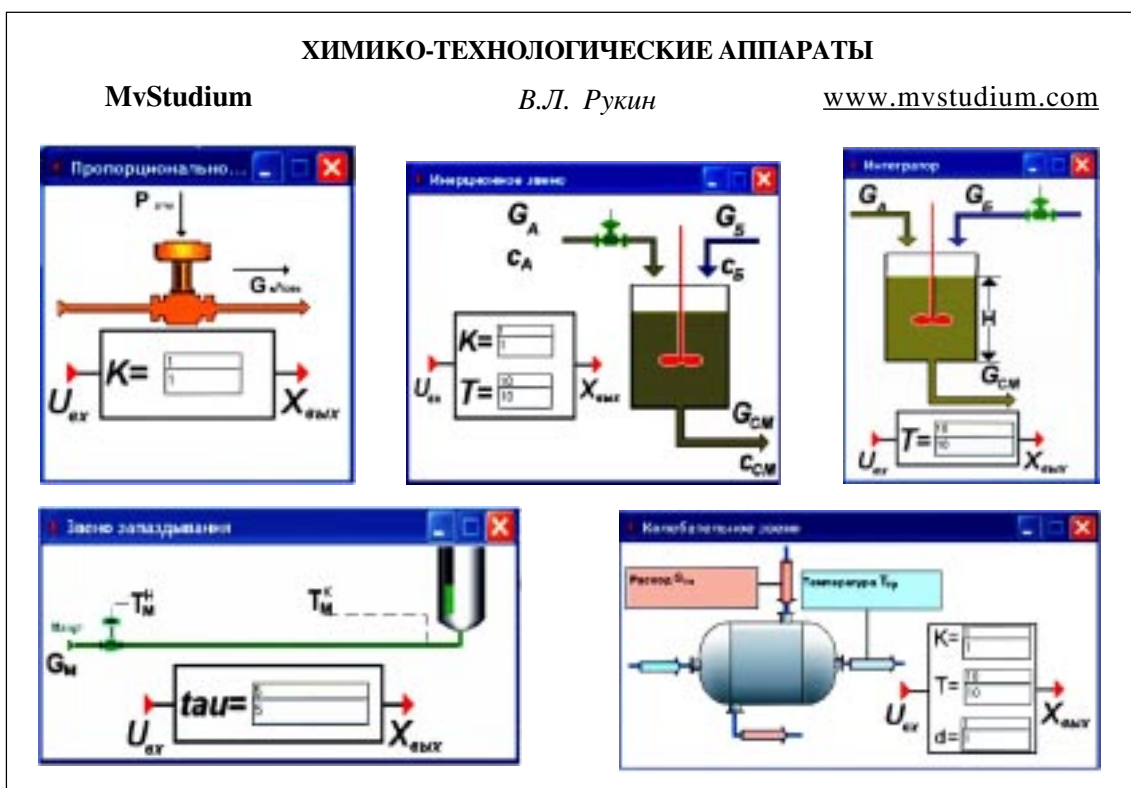


Рис. 2. MvStudium в химии

были разработаны специфические библиотеки для теплотехники, гидравлики, теории массового обслуживания. Еще одна находка, связанная с инженерными дипломными работами, относится к разработке специальных графических языков для областей, где многие поколения инженеров используют «привычные» образы компонент и устройств и не видят смысла переходить на иные графические языки. Наши студенты разрабатывают компоненты, содержащие графические редакторы с привычными пользователю обозначениями, и блоки, автоматически переводящие их на входной язык среды MvStudium. Такая программа позволяет использовать старую нотацию в современных средах и современные средства проведения вычислительного эксперимента. Часто в результате пользователи добровольно переходят к новым языкам. Таким образом, MvStudium можно использовать и как MvStudium, и как Matlab, и как Modelica.

#### КОМПЬЮТЕРНЫЕ СРЕДЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СТУДЕНТА, КОТОРЫЙ ХОЧЕТ СТАТЬ ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ ИЛИ НАУЧНЫМ СОТРУДНИКОМ

Магистратура – это первая ступень аспирантуры, еще одна форма обучения, где MvStudium может сыграть важную роль. Введение бакалавриата приводит к притоку иногородних студентов в Санкт-Петербург. Будущие студенты должны представлять область научных интересов выбранной ими кафедры. Как нам кажется, проект MvStudium предоставляет широкое поле деятельности для будущих ученых и педагогов. Вот только краткий перечень тем, так или иначе связанных с гибридными системами. Дадим им краткие пояснения, как если бы они были темами магистерских работ. В скобках указаны книги, которые рекомендуется прочитать.

- **Уравнения с разрывными правыми частями.** (А.Ф. Филиппов. Дифференциальные уравнения с разрывной правой частью. М.: Наука, 1985). Глава четвертая книги А.Ф. Филиппова называется «Ло-

кальные особенности двумерных систем». Фактически это классификация двумерных гибридных систем, которую можно с помощью MvStudium реализовать как цикл лабораторных работ, где изучаются конкретные системы.

- **Модели в контуре управления или проблемы реального времени.** Практически все пакеты визуального моделирования пытаются приспособить и для решения задач реального времени. В частности, при разработке тренажеров важно как быстродействие, так и точное воспроизведение поведения моделируемого объекта. Это противоречивые задачи. Интересно, как следует модифицировать MvStudium для решения этих задач.

- **Имитационные модели.** (А.А. Таранцев. Инженерные методы теории массового обслуживания. СПб.: Наука, 2007. Е.В. Бережная, В.И. Бережной. Математические методы моделирования экономических систем. М.: «Финансы и статистика», 2003). Эти книги так и просят «оснастить» их библиотекой модулей на языке MvStudium. Польза от этого будет несомненная, так как в этих и многих других книгах авторы до сих пор ориентируются на ручной счет.

- **Алгебро-дифференциальные уравнения. Моделирование сверхбольших систем.** (U. Ascher, Linda Petzold. Computer methods for ordinary differential equations and differential-algebraic equations. SIAM, 1998). Численная библиотека MvStudium постоянно модифицируется. Фактически пакет стал полигоном для испытания программных реализаций численных методов. Это требует специального инструментария для получения и сравнения характеристик методов и коллекции тестовых наборов.

- **Параллельные вычисления и распределенные системы.** (В.А. Гришагин, А.Н. Свистунов. Параллельное программирование на основе MPI. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского университета, 2005. В.П. Гергель, Р.Г. Стронгин. Основы параллельных вычислений. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского университета, 2003). Параллель-

ные вычисления стали уже средством, доступным пользователю обычных персональных машин. В то же время MvStudium использует традиционную модель последовательных вычислений.

• **Аналитические вычисления.** Традиционные пакеты компьютерной алгебры используют численные методы в том случае, если решение задачи не удается найти в замкнутой форме. А почему в численных методах не использовать символы-

ные вычисления там, где это можно сделать быстро? Символьное дифференцирование – тому хорошее подтверждение.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Заканчиваем статью, как писали в прошлом, «с чувством глубокого удовлетворения», прежде всего потому, что впереди еще много работы. Хотите работать с нами вместе?

### **Литература**

1. Дж. Форсайт, М. Малькольм, К. Моулер. Машинные методы математических вычислений. М.: Мир, 1980.
2. Д. Каханер, К. Моулер, С. Нэш. Численные методы и программное обеспечение. М.: Мир, 1998.
3. В.Л. Рукин. Исследование динамических характеристик типовых звеньев АСР. СПб.: СПб ГТИ (ТУ), 2007.
4. Бирюков С.В., Гуськов Д.Н. Лабораторный практикум по общей физике при дистанционном обучении – эксперимент виртуальный и реальный. Московский педагогический государственный университет (МПГУ) / Тезисы ИТО-2003.
5. Гебель Е.С. Моделирование работы восьмизвенных рычажных механизмов VI класса. Омский государственный технический университет. Конкурс «Компьютерное моделирование», 2007.



**Наши авторы, 2007  
Our authors, 2007**

*Инихов Дмитрий Борисович,  
зам. директора фирмы «MvSoft»,*

*Колесов Юрий Борисович,  
доктор технических наук, профессор  
кафедры РВКС факультета  
технической кибернетики СПбГПУ,*

*Сениченков Юрий Борисович,  
доктор технических наук, профессор  
кафедры РВКС факультета  
технической кибернетики СПбГПУ.*