

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМОГО МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ**

*Ревинская Ольга Геннадьевна ([ogr@tpu.ru](mailto:ogr@tpu.ru))*

*Стародубцев Вячеслав Алексеевич ([sva@ido.tpu.edu.ru](mailto:sva@ido.tpu.edu.ru))*

*Федоров Анатолий Федорович ([faf@ido.tpu.edu.ru](mailto:faf@ido.tpu.edu.ru))*

*Томский политехнический университет (ГОУ ВПО ТомПУ)*

### **Аннотация**

Необходимым условием формирования системного, ориентированного на науку стиля мышления полагается частично-исследовательская деятельность студентов, организуемая в виде компьютерных лабораторных работ по курсу общей физики. Особое внимание обращается на выявление эмерджентных свойств систем, на связь непосредственной и опосредствованной форм наглядности в компьютерном эксперименте.

## **COMPUTER ADDED SIMULATION AND MODELING OF PHYSICAL SYSTEMS AS THE TOOL TO FORM THE MIND OF THE HIGH SCHOOL STUDENTS**

*Olga G. Revinskaya ([ogr@tpu.ru](mailto:ogr@tpu.ru))*

*Viacheslav A. Starodubtsev ([sva@ido.tpu.edu.ru](mailto:sva@ido.tpu.edu.ru))*

*Anatoly F. Fedorov ([faf@ido.tpu.edu.ru](mailto:faf@ido.tpu.edu.ru))*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

### **Abstract**

Scientific-oriented style of the mind can be formed as a result of computer added simulation and modeling of physical systems. In this purpose the emergent properties of different systems must be the subject to investigate for students. Also the relations between direct and indirect visualization forms are important.

Основой физического образования является физический эксперимент и описывающая его фундаментальная теория. После освоения технических средств и методов реального физического экспериментирования в учебных лабораториях (практические действия с материальными объектами и т.д.), студенты физико-математических факультетов (а также многих технических) могут перейти к исследованию компьютерных моделей физических явлений, эффектов и процессов взаимодействия, развивая свое предметно-образное мышление и осваивая методы исследовательской деятельности. Затем должен быть этап конструирования компьютерных моделей взаимодействия объектов, доступных в рамках компьютерных конструкторов (типа Интерактивной физики, Стратум 2000 или авторских разработок). Следующим шагом на пути формирования знаний, умений и навыков применения компьютеров будет математическое моделирование физических процессов на уровне разработки математических моделей и их исследования адекватными средствами (MathCAD, Mathematica и т.п.). На завершающей стадии подготовки бакалавров они должны освоить на уровне пользователей современное программное обеспечение (Lab View, например), предназначенное для компьютеризации физического эксперимента (учебно-исследовательского и научного). Таким образом, цикл подготовки будет завершен возвратом к основам, но на более высоком уровне освоения теории и практики.

Формирование ориентированного на науку мышления, в частности – системного стиля мышления, рассматривается нами как важный компонент фундаментального физического образования. Учитывая неразрывную связь внутреннего и внешнего планов деятельности, при выполнении лабораторных работ по курсу физики необходимо использовать системные объекты исследования и систему деятельности по их исследованию. В этом плане большие возможности представляет компьютерное моделирование физических процессов как способ создания (конструирования) систем взаимодействующих объектов. Модели отдельных объектов (модель 1, ..., N) могут быть заданы компьютером (программным обеспечением), тогда как модель системы взаимодействующих объектов должна быть создана пользователем – активным участником, принимающим решения и управляющим компьютером.

Исходным пунктом будет математическая модель (описание свойств) отдельных объектов. Цель компьютерного эксперимента, по нашему мнению, заключается в получении субъективно-нового (для студента) знания о динамике поведения (закономерностях движения) **системы взаимодействующих объектов**, выявление и описание новых качеств, свойств, которых нет у изолированных объектов (отдельных элементов). Задачей компьютерного эксперимента (как средства достижения цели) становится исследование вариантов состава и структуры системы - параллельного и последовательного соединения элементов, сонаправленного и перпендикулярного движения и т.д. в воспроизводимых граничных условиях и установление общих, специфических и частных закономерностей, тенденций, функциональных зависимостей, свойств. Определение конкретных характеристик (свойств, параметров) одного из элементов собранной модели системы может быть реализовано «попутно», в связи с выявлением свойств системы (общих и специфических для отдельных объектов). Главное, по нашему мнению, – отойти от стереотипа определения частных свойств объектов (коэффициентов жесткости, модулей упругости, плотности, силы тяжести и т.д.), выражаемых числом (тензором), и перейти к установлению закономерных связей, к функциям, к тенденциям и развитию, к появлению эмерджентных свойств системы. **Опора на выявление системных свойств будет формировать и системное мышление студентов.** В методическом обеспечении здесь может быть использована идея содержательного конфликта: теория отдельных объектов дана, а теории поведения системы – нет. Она должна быть обоснована (ее элементы, по крайней мере) в результате исследовательской (учебно-исследовательской) деятельности студентов при выполнении компьютерного эксперимента и анализа его результатов.

Важным дидактическим требованием к проектированию компьютерных лабораторных работ, по нашему мнению, является сохранение **непосредственной наглядности** при выполнении компьютерного эксперимента, создающей связь виртуального процесса с реальным. Образно и просто, в движении должны быть представлены материализованные объекты и собранная из них система. Это создает эмоциональное восприятие конструкторов, способствует наглядно-

образному мышлению. Вместе с тем, параллельно должна вводиться **опосредствованная наглядность** – предъявление динамики системы в виде более абстрагированного образа графических функциональных зависимостей. Комплексность представления информации позволит практически использовать и закрепить приемы предметно-образного и абстрактно-логического мышления (сопоставление, сравнение, отождествление, анализ, формализация, поиск аналогии, обобщение и т.д). Таким путем может быть реализована развивающая функция компьютерных лабораторных работ как новых средств и условий приобретения знаний.

На представленной выше основе спроектированы и введены в учебный процесс компьютерные лабораторные работы по разделу Механика. В том числе предлагается исследование колебаний системы, содержащей материальную точку и две невесомые пружины. Состав системы изменяется путем выбора объектов, различающихся по упругим свойствам и массе, структура системы изменяется от последовательного соединения частей к взаимно перпендикулярному расположению пружин. В процессе выполнения лабораторных работ внимание студентов обращается на появление кооперативных свойств, которые отсутствовали у отдельных объектов: биения, модуляция амплитуды результирующего движения, увеличение степеней свободы (повышение размерности траектории движения), затухание колебательного процесса и т.д. Несмотря на простоту исследуемой системы (а может быть – благодаря ей), наглядно и в разнообразии проявляются эмерджентные свойства физической системы. Это показывает необходимость учета системных эффектов и в других процессах (биологических, экономических, социальных и т.д.). В цикл компьютерных лабораторных работ входит также исследование распада системы на отдельные части, сохраняющие в совокупности фундаментальные свойства (сохранение импульса и полной механической энергии), и исследование свойств системы с большим числом взаимодействующих частиц.