

**Алексеев Валерий Павлович,**  
кандидат технических наук, доцент НОУ ВПО «Международный инновационный университет», г. Сочи  
[alekseev.valeri@yandex.ru](mailto:alekseev.valeri@yandex.ru)



**Степаньян Владимир Владимирович,**  
студент экономико-технологического факультета НОУ ВПО «Международный инновационный университет», г. Сочи  
[step.wo@mail.ru](mailto:step.wo@mail.ru)

### **Проблема виртуальности в инженерном образовании и пути ее решения для повышения качества обучения**

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам решения проблемы виртуальности в инженерном образовании в условиях широкого применения информационных технологий. Применение компьютерного моделирования в учебном процессе позволяет существенно ускорить процесс обучения и уменьшить затраты на образование. Однако возникает проблема виртуальности полученных знаний, поскольку обучение происходит не на реальных физических объектах, а на их компьютерных моделях. Приводятся результаты анкетирования группы студентов с целью выявления уровня виртуальности их знаний. Предлагаются конкретные системные методы устранения виртуальности полученных знаний в процессе обучения.

**Ключевые слова:** проблема виртуальности, инженерное образование, образовательная система, информационные технологии, компьютерные модели, анкетирование, фундаментальное образование, тестовый эксперимент, групповое проектное обучение, бизнес-инкубатор.

**Раздел:** (01) педагогика; история педагогики и образования; теория и методика обучения и воспитания (по предметным областям).

#### **Суть проблемы**

В связи с развитием средств моделирования на основе компьютерных и информационных технологий в инженерном образовании возник ряд направлений, которые базируются не на использовании физических моделей, подкреплённых физическим экспериментом, а на применении в учебном процессе программных продуктов, описывающих явления, эффекты, закономерности, синтезированные путем компьютерного моделирования. Такие лабораторные работы получили широкое распространение и часто называются «электронными». Если в традиционном физическом моделировании априорно известны принятые допущения, метод решения поставленной задачи и область адекватных результатов, то компьютерную модель характеризуют:

- внешняя привлекательность, выражающаяся в мнимой простоте ее использования;
- отсутствие однозначного влияния допущений на адекватность описания объекта;
- некоторая неопределённость результатов моделирования.

При моделировании физических процессов, протекающих, например, в вычислительной технике, используются графические модели в виде схем и чертежей отдельных узлов и блоков, которые выводятся на монитор компьютера и позволяют отразить электрические, тепловые, электромагнитные и другие режимы по результатам моделирования. Значения параметров для этих режимов зависят от правильно заданной размерности введённых исходных данных и не соизмеряются с предельно допустимыми значениями. На

схеме, изображённой на мониторе, могут быть ошибки в соединениях, конструкция узла может быть не собираемой в реальности, не технологичной. Материалы, заложенные в конструкции, могут не выдерживать условия эксплуатации или подвергаться разрушению в ходе изготовления. Опытный специалист, обладающий фундаментальными и эмпирическими знаниями, в состоянии определить адекватность такой графической модели и привести её в соответствие с физическим объектом. Студент, только познающий основы моделирования и проектирования на основе изучения не объекта, а его модели, попадает в область виртуальности. Монитор компьютера беспристрастно отражает то, что «выдаёт» компьютерная модель, и не способен скорректировать субъективные ошибки, являющиеся следствием недостаточных знаний о моделируемом объекте. В реальности недопустимая величина мощности, выделяемой на электрорадиоэлементе, высокая напряжённость электрического поля, чрезмерная механическая нагрузка приводят к отказу, а на мониторе с условно изображёнными элементами ничего не происходит. В такой электронной лабораторной работе обучаемый должен сам определить работоспособность моделируемого объекта, а если у него не хватает знаний и практического опыта, то он поневоле заблуждается в работоспособности изучаемого изделия. В результате на определенном этапе обучения происходит подмена реальных знаний о проектируемых объектах их моделями, обладающими различными степенями истинности, избыточности, недостаточности. Это приводит к виртуальности инженерного мышления, основанного не на истинном, а на условном знании об изучаемых объектах. Виртуальность, в свою очередь, способствует отходу от объективности знаний, причем субъективные знания о модели изучаемого объекта смешиваются с субъективностью ее автора. «Виртуальный» специалист на основе виртуальных знаний, приходя на реальное производство, долго будет генерировать виртуальные инженерные решения, непригодные для производства, особенно если эти знания закреплены у него на уровне аксиом. Проблема виртуальности, на наш взгляд, требует решения, основанного на синтезе конкретных методов по ее преодолению, с привлечением дидактических и методических приемов, характерных не только для инженерного образования, но для педагогики высшей школы в целом. Актуальность этой проблемы возрастает с каждым годом, поскольку повсеместно в образование внедряются информационные технологии с новыми программными продуктами для моделирования самых разнообразных процессов, имеющие определённые допущения и ограничения в практическом применении.

### **Анализ состояния виртуальности знаний студентов на примере экономико-технологического факультета**

Нами проведены исследования виртуальности знаний студентов по некоторым часто используемым компьютерным программным продуктам, которые применяются при изучении общетехнических и специальных дисциплин экономико-технологического факультета по направлениям «Информатика и вычислительная техника» и «Технология транспортных процессов». К таким программным продуктам можно отнести:

- текстовые и графические редакторы (Microsoft Word, CorelDraw);
- прикладные программы математических и инженерных расчетов (MathCAD, MatLab);
- программы схемотехнического анализа электрических цепей (OrCAD, MicroCAP);
- программы конструкторско-технологического проектирования (PCAD, Accel EDA);
- программы подготовки и выпуска конструкторской документации (AutoCAD, «Компас»).

Если задаться целью определить достоверность результатов в экспериментальном анкетном опросе  $P = 0,95$ , то минимальное число опрошенных студентов должно быть [1]:

$$n_{\min} = \frac{P}{1-P} = \frac{0.95}{1-0.95} \cong 19.$$

Нами было опрошено 39 студентов в пределах каждого программного продукта. Типовые вопросы, заданные студентам, были:

- для чего предназначен продукт?
  - каковы ограничения или допущения, заложенные в данный продукт?
  - для чего еще кроме основной цели применения можно использовать данный продукт?
  - какие математические модели используются в данном продукте?
  - какие физические процессы описывает данный программный продукт?
- Результаты анкетного опроса сведены в таблицу.

### Результаты анкетного опроса

| Наименование программного продукта | Число правильных ответов, % | Число неправильных ответов, % |
|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Microsoft Word                     | 90                          | 10                            |
| CorelDraw!                         | 79                          | 21                            |
| MathCAD                            | 92                          | 8                             |
| MatLab                             | 33                          | 67                            |
| OrCAD                              | 23                          | 77                            |
| MicroCAP                           | 72                          | 28                            |
| PCAD                               | 92                          | 8                             |
| Accel EDA                          | 31                          | 69                            |
| AutoCAD                            | 92                          | 8                             |
| «Компас»                           | 38                          | 62                            |

Таким образом, в среднем 64% опрошенных студентов правильно оценивают адекватность используемых пакетов программных продуктов и 36% находятся в области виртуальности. В качестве тестового эксперимента 39 студентам было предложено сопоставить электрические схемы четырех простейших фильтров и их амплитудно-частотные характеристики, после чего указать правильные пары ответов. 46% студентов правильно указали пары ответов, 15% – неправильно и 39% указали две пары правильных ответов из четырех.

Отсюда следует, что должны быть приняты меры к преодолению виртуальности в инженерном образовании и к повышению качества обучения в условиях широкого применения информационных технологий в учебном процессе.

### Дидактические методы решения проблемы виртуальности обучения

В течение ряда последних лет нами проводилась интенсивная научно-практическая деятельность по созданию системных методов решения проблемы виртуальности на всех этапах и уровнях обучения по указанным выше направлениям подготовки бакалавров и магистров. К ним относятся:

- усиление фундаментальной подготовки по дисциплинам физико-математического цикла;
- введение в программу лабораторных работ наряду с исследованием компьютерных моделей тестового физического эксперимента для подтверждения адекватности результатов моделирования;
- адаптация программ производственных практик к задачам преодоления виртуальности знаний, полученных в ходе теоретического обучения;
- внедрение в учебный процесс методологии группового проектного обучения (ГПО) по реальным заказам предприятий;
- привлечение студентов старших курсов к практической деятельности в рамках НИИ при вузе и в бизнес-инкубаторе, входящих в учебно-научный комплекс университета;

– организация выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР) по реальным проектам, выполняемым в вузе и на базовых предприятиях с внедрением результатов и демонстрацией на защите макетных и опытных образцов.

Рассмотрим указанные методы подробнее.

### **Усиление фундаментальной подготовки по дисциплинам физико-математического цикла**

Углублённая фундаментальная подготовка технических специалистов является основой для широкого внедрения моделирования без опасения попасть в процессе обучения в область виртуальности знаний обучающихся. Только глубокие знания физических процессов, явлений, закономерностей в технических изделиях, окружающих нас, позволяют правильно оценить степень адекватности моделей, применяемых при изучении и проектировании новой техники. Всестороннее знание физического принципа действия (ФПД), конструктивной функциональной структуры (КФС), главной, основных, второстепенных и вредных функций изделия [2] дают возможность провести правильный анализ результатов его моделирования и работоспособность предложенного варианта конструктивного исполнения. При изучении естественнонаучных, общетехнических и профессиональных дисциплин особое внимание нужно уделять физическому смыслу процессов, протекающих в изучаемых изделиях, а также типовым физико-математическим моделям, используемым в пакетах прикладных программ (ППП) для моделирования этих изделий. При изучении этих моделей необходимо тщательно изучить допущения, используемые при моделировании, и область адекватности ППП. Кроме того, важно знать погрешность расчётов при моделировании и количественные характеристики материалов, применяемых в изделиях. У студентов должно быть сформировано убеждение, что если в модель подставить неправильные исходные данные в виде физико-химических параметров и констант, то результаты моделирования будут далеки от действительности, хотя какие-то числа будут получены. Иногда, прежде чем моделировать новые изделия или процессы, предстоит провести цикл исследовательских работ по определению характеристик новых материалов, используемых в этих изделиях. В этом случае может потребоваться разработка совершенно новых методик определения этих характеристик, разработка или приобретение новых измерительных средств.

### **Введение в программу лабораторных работ наряду с исследованием компьютерных моделей тестового физического эксперимента для подтверждения адекватности результатов моделирования**

Проблема виртуальности внесла новые требования к современному материальному оснащению лабораторий для проведения лабораторных практикумов. Теперь типовая лабораторная работа при использовании компьютерных моделей для изучения различных процессов должна содержать модуль физического эксперимента, который называется тестовым. Цель тестового эксперимента – подтвердить адекватность результатов, полученных при исследовании модели. Модуль физического тестового эксперимента требует меньших временных и материальных затрат, он проще по методике измерений, но он позволяет подтвердить адекватность используемой компьютерной модели в зоне, принадлежащей области применения модели, и убедить исследователя в правомерности его действий по исследованию объекта. Особенно эффективным для преодоления виртуальности знаний, полученных в ходе выполнения лабораторных работ, является тестовый эксперимент в случае применения линейных моделей или типовых нелинейных. В этом случае попадание результата измерения в зону предположительно известной зависимости прямо доказывает адекватность модели.



Заметим, что одновременное применение физического тестового эксперимента и моделирования в лабораторных работах повышает наглядность обучения и стимулирует развитие моделирования в проектировании. В практике инженерной деятельности моделирование существенно сокращает сроки разработки и внедрения новой техники и уменьшает затраты на проектирование. Этот вывод является правомерным, если решена проблема виртуальности обучения.

### **Адаптация программ производственных практик к задачам преодоления виртуальности знаний, полученных в ходе теоретического обучения**

Основной задачей производственных практик различного вида является знакомство с реальными условиями производства новых технических изделий, с методами их испытаний, особенностями проектирования и с экономическими особенностями предприятий. Практика играет большую роль в преодолении виртуальности обучения, поскольку даёт возможность студентам наглядно ознакомиться с особенностями технологических процессов, технологичностью конструкции, ролью стандартизации в проектировании и производстве новых изделий. Особый эффект в этом направлении даёт работа студента на конкретном рабочем месте. Для решения проблемы виртуальности в ходе прохождения практики нами предлагается в задании на практику отражать изучение ФПД, КФС, функций изделий, производимых на предприятии, маршрутных и операционных технологических карт по изготовлению и сборке изделия, режимы обработки материалов и т. п. Это позволяет в дальнейшем правильно задавать начальные и граничные условия при моделировании, понимать и оценивать технические решения в ходе курсового и дипломного проектирования.

### **Внедрение в учебный процесс методологии группового проектного обучения (ГПО) по реальным заказам предприятий**

Подробно методология ГПО описана в [3]. Этот комплексный метод инженерного образования существенно сокращает сроки адаптации выпускников технических вузов к современным условиям проектирования и производства новых изделий. Нами накоплен восьмилетний опыт внедрения ГПО в учебный процесс. ГПО целесообразно применять начиная с III курса обучения на конкурсной основе. В группы ГПО отбирается до 30% от состава студентов из числа наиболее талантливых и успешных по результатам обучения. Обязательно учитывается желание студента участвовать в ГПО. Индивидуальные группы студентов в рамках ГПО состоят из 3–4 человек, каждой группе выдаётся проектное задание на реальную тему по заказам базовых предприятий, на которых студенты проходили практику. Занятия групп проходят в рамках расписания один раз в неделю целый учебный день в специально оборудованных аудиториях, оснащённых компьютерными средствами проектирования и лабораторным измерительным оборудованием для макетирования и испытаний. Как правило, в индивидуальной группе студентов назначается главный конструктор, теоретик, технолог. Занятия в рамках ГПО содержат и теоретический компонент в соответствии с индивидуальным учебным планом группы. Студенты групп ГПО могут дополнительно заниматься в рамках СКБ, лабораторий, НИИ при кафедрах и факультетах. Вся работа занимает два семестра, в каждую экзаменационную сессию каждая индивидуальная группа защищает промежуточный или окончательный проект перед комиссией, в которую входят заказчики – представители предприятий и научные руководители ГПО. Комиссия выставляет оценки и рекомендует проекты к дальнейшей разработке. Для материального стимулирования учебной деятельности в рамках ГПО участники проектных групп получают доплату к стипендии из внебюджетных средств кафедр, средств, выделяемых заказчиками проектов или из стипендиального фонда. Студенты, успешно защитившие проекты, могут участвовать в конкурсе проектов для бизнес-инкубатора или продолжить

работу над проектами на предприятии заказчика в период преддипломной практики и выполнения ВКР. При этом решается задача трудоустройства молодых специалистов. Анализ успешности развития личности студентов – участников ГПО показывает, что у них проблема виртуальности знаний решается полностью при условии применения на младших курсах вышеизложенных дидактических методов.

### **Привлечение студентов старших курсов к практической деятельности в рамках НИИ при вузе и в бизнес-инкубаторе, входящем в учебно-научный комплекс университета**

По нашему глубокому убеждению, на каждой технической кафедре должна быть хотя бы одна научная лаборатория, студенческое конструкторское бюро (СКБ), лаборатория ГПО, а в вузе должен быть бизнес-инкубатор для развития инновационной деятельности. Бизнес-инкубатор в нашем случае – это часть учебного корпуса, оборудованная специализированными помещениями с числом компьютерных рабочих мест равных числу членов рабочей группы, оргтехникой, высокоскоростным Интернетом, которые предоставляются рабочей группе бесплатно за счёт университета на время, определяемое договором. Отбор членов рабочих групп осуществляется на конкурсной основе, как правило, из числа групп ГПО, защитивших свои проекты. Максимальное время работы одной группы составляет 3 года – последний год обучения на бакалавриате и 2 года обучения в магистратуре. За это время проект рабочей группы должен быть доведён до высокой степени готовности к внедрению на малом предприятии, организованном членами рабочей группы, на предприятии заказчика или в технико-внедренческой зоне региона. Для отработки технологичности проектных решений в техническом вузе может функционировать технологический бизнес-инкубатор, содержащий современный парк станков и оборудования для изготовления опытных образцов изделий. В технологическом бизнес-инкубаторе окончательно «отсеиваются» виртуальные и нетехнологичные решения, являющиеся следствием «детских болезней» разработанных конструкций. Финансирование деятельности бизнес-инкубаторов осуществляется за счёт накладных расходов от выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, грантов, хоздоговорных работ и других внебюджетных источников доходов вуза.

### **Организация выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР) по реальным проектам, выполняемым в вузе и на базовых предприятиях с внедрением результатов и демонстрацией на защите макетных и опытных образцов**

Рассмотренные выше дидактические методы решения проблемы виртуальности практически обеспечивают условия для высокого уровня организации выполнения ВКР с использованием системной технологии, разработанной нами и рассмотренной в [4]. Основной особенностью этой технологии является гарантированная степень новизны объектов проектирования, обусловленная критикой аналогов и прототипа, а также применением современных методов научно-технического творчества. Наличие современной производственной базы в технологическом бизнес-инкубаторе позволяет вузу не зависеть от условий производства заказчиков проектных работ в части изготовления макетных и опытных образцов изделий, разрабатываемых в рамках дипломного проектирования. Защита ВКР, сопровождаемая демонстрацией изделия, разработанного выпускником и изготовленного по документации, разработанной им, всегда вызывает повышенный интерес со стороны членов Государственной экзаменационной комиссии и присутствующих. Нами предложена традиция оставлять действующие образцы изделий на кафедре в лаборатории ГПО, а в дальнейшем – в музее кафедры для использования в учебном процессе в качестве наглядных пособий. Таким образом, следующие поколения студентов обучаются на изделиях, разработанных их предшественниками.

## Выводы

1. Сформулирована актуальная проблема виртуальности инженерного образования, возникающая при широком использовании информационных технологий и компьютерного моделирования в учебном процессе.
2. Предложена и апробирована модель развития технического вуза на основе дидактических и организационных методов преодоления виртуальности образования.
3. Рассмотрены основы организации группового проектного обучения в техническом вузе и способы взаимодействия его с бизнес-инкубаторами.

## Ссылки на источники

1. Алексеев В. П., Озёркин Д. В. Основы научных исследований и патентование: учеб. пособие. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2003. – 180 с.
2. Алексеев В. П., Озёркин Д. В. Системный анализ и методы научно-технического творчества: учеб. пособие. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2003. – 304 с.
3. Московченко А. Д., Алексеев В. П. Методологические и методические основы формирования групп проектного обучения: монография. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2010. – 134 с.
4. Степаньян В. В., Алексеев В. П. Системная технология выполнения выпускных квалификационных работ технического профиля // Концепт. – 2014. – № 09 (сентябрь). – URL: <http://e-koncept.ru/2014/14228.htm>. – ISSN 2304-120X.

**Valery Alexeev,**

*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, International Innovative University, Sochi*  
[alekseev.valeri@yandex.ru](mailto:alekseev.valeri@yandex.ru)

**Vladimir Stepanian,**

*Student, Economics and Technology Department, International Innovative University, Sochi*  
[step.wo@mail.ru](mailto:step.wo@mail.ru)

## Virtual problem in engineering education and its solutions for increase of quality of education

**Abstract.** The paper is devoted the problem of virtuality in engineering education in the widespread use of information technologies. The use of computer simulation in educational process allows speeding up the learning process and reducing the cost of education. However, the problem of virtuality of acquired knowledge appears since learning is not held on real physical objects, but on their computer models. The survey among students aims to show virtuality level of their knowledge. The authors offers specific system solutions of virtuality of acquired knowledge in learning process.

**Key words:** virtuality problem, engineering education, educational system, information technology, computer model, questionnaire, fundamental education, test experiment, group project training, business incubator.

## References

1. Alekseev, V. P. & Ozjorkin, D. V. (2003) *Osnovy nauchnyh issledovaniy i patentovedenie*: ucheb. posobie, Izd-vo IOA SO RAN, Tomsk, 180 p. (in Russian)
2. Alekseev, V. P. & Ozjorkin, D. V. (2003) *Sistemnyj analiz i metody nauchno-tehnicheskogo tvorchestva*: ucheb. posobie, Izd-vo IOA SO RAN, Tomsk, 304 p. (in Russian).
4. Moskovchenko, A. D. & Alekseev, V. P. (2010) *Metodologicheskie i metodicheskie osnovy formirovaniya grupp proektnogo obuchenija*: monografija, Izd-vo Tomsk. gos. un-ta sistem upravlenija i radiojelektroniki, Tomsk, 134 p. (in Russian).
5. Stepan'jan, V. V. & Alekseev, V. P. (2014) *Sistemnaja tehnologija vypolnenija vypusknih kvalifikacionnyh rabot tehnicheskogo profilja*, *Koncept*, № 09 (sentjabr'). Available at: <http://e-koncept.ru/2014/14228.htm>, ISSN 2304-120X (in Russian).

## Рекомендовано к публикации:

Горевым П. М., кандидатом педагогических наук,  
 главным редактором журнала «Концепт»

|   |          |  |          |
|---|----------|--|----------|
| Поступила в редакцию<br><i>Received</i>                 | 23.03.15 | Получена положительная рецензия<br><i>Received a positive review</i> | 26.03.15 |
| Принята к публикации<br><i>Accepted for publication</i> | 26.03.15 | Опубликована<br><i>Published</i>                                     | 27.06.15 |



[www.e-koncept.ru](http://www.e-koncept.ru)