

**В.А. ОБУХОВЕЦ, профессор
Южный федеральный
университет**

САПР как инструмент освоения высокотехнологичных дисциплин

Рассмотрены вопросы применения систем автоматизированного проектирования в образовательном процессе в высшей школе. Показано, что учебное проектирование с использованием САПР дает целый ряд положительных эффектов, способствующих усвоению наиболее сложных учебных дисциплин. Самостоятельная работа с САПР включает в себя элементы нескольких прогрессивных методов обучения и обеспечивает формирование у студентов наиболее сложных профессиональных компетенций.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, профессиональные компетенции, проектный метод обучения, высокие технологии, компьютерное моделирование

Введение

Несколько последних десятилетий в мире ознаменовались не только бурным развитием компьютерной техники, но и зарождением на ее основе и последующим стремительным развитием новой отрасли знаний, которую сегодня принято называть ИТ-технологиями. В высшей школе ИТ-технологии широко применяются в учебном процессе: это электронные учебники, мультимедиа-системы, компьютерные программы, системы контроля знаний, системы дистанционного обучения и многое другое. Наряду с перечисленными средствами для целей учебного проектирования все чаще применяют так называемые *системы автоматизированного проектирования* (САПР), представляющие собой пакет прикладных проблемно-ориентированных программ. Вопросы их применения в образовательном процессе заслуживают пристального внимания, поскольку в производстве результаты внедрения новейших технологий на основе САПР в проектирование наиболее сложных изделий давно доказали свои преимущества перед традиционными методами.

Сегодня ни одна важная разработка в машиностроении, энергетике, электронике и т.п. не обходится без использования систем автоматизированного проектирования.

Сам термин «САПР» стал синонимом таких характеристик, как высокая точность и высокая скорость проектирования. В этих условиях представляется очевидной необходимость некоторой корректировки вузовских образовательных программ. В настоящее время государственными образовательными стандартами к числу важнейших компетенций выпускников вузов инженерных специальностей и направлений подготовки (см., например, [1]) отнесены умения использовать пакеты прикладных программ анализа и синтеза устройств и систем (ПК-2).

На пути решения этой проблемы большинство вузов сегодня встречают ряд серьезных затруднений, связанных с недостаточной материальной базой (нехватка мощных компьютеров, высокая стоимость лицензионного программного продукта и т.п.). Правда, ряд крупных компаний – разработчиков САПР – предлагают (бесплатно) «урезанные» студенческие версии САПР, которые могут оказать значительную помощь в обучении.

Изучение современных САПР и приобретение навыков в работе с ними, безусловно, будет способствовать повышению качества подготовки инженерных кадров, значительно сократит период времени, необходимый для адаптации молодого специ-

алиста на рабочем месте после окончания вуза, существенно повысит его востребованность со стороны работодателя. Кроме того, использование в учебном процессе систем автоматизированного проектирования, наряду с решением основной, сформулированной выше задачи, дает ряд дополнительных образовательных эффектов, суммарное действие которых многократно улучшает результаты обучения. Рассмотрим некоторые отличительные особенности САПР, оказывающие положительные воздействия на результативность подготовки современного специалиста.

Система для проектирования систем. Согласно определению [2; 3] САПР – это совокупность средств и методов осуществления *автоматизированного проектирования*. Она включает несколько составных частей (подсистем), называемых техническим, математическим, программным, лингвистическим, информационным, методическим и организационным обеспечением. Важно отметить, что САПР – это человеко-машинная система. Коллектив разработчиков является составной частью системы проектирования, выполняющей проектные работы во взаимодействии с ЭВМ. Указанная особенность САПР наиболее естественным образом способствует развитию у студентов *навыков работы в коллективе*, что является одним из важнейших требований образовательных стандартов.

Очень важно, что все САПР предназначены для проектирования не отдельных деталей или узлов, а всей системы в целом. Таким образом, студент, приступая к работе с САПР, с первого шага получает представление о сложнейшем производственном процессе *проектирования*. Он учится составлять техническое задание, знакомится с конструктивными особенностями будущей системы, выполняет чертежи, выбирает материалы и элементы для ее реализации и т.п. САПР позволяют моделировать работу аппаратуры и обладают средствами

анализа процессов, происходящих в модели. Это обеспечивает студенту возможность в интерактивном режиме анализировать получаемые результаты, сопоставлять с техническим заданием, при необходимости вносить коррективы в исходные данные. Студент при этом занят настоящим творческим инженерным делом. Промежуточные и итоговые результаты САПР вычисляет с учетом взаимодействия отдельных элементов проектируемой системы, тем самым способствуя важнейшему процессу *синтеза знаний*, полученных студентом на более ранних этапах обучения. Синтез разрозненных знаний прививает столь необходимый для разработчика сложной техники *системный подход*.

Проектное обучение. При правильном подходе САПР может послужить прекрасной основой для внедрения в образовательный процесс так называемого *проектного метода обучения* [4]. Суть его заключается в том, что преподаватель задает исходные данные и формулирует планируемые результаты учебной задачи. Студенты же сами намечают промежуточные задачи, ищут пути их решения, а выполняя проект, сравнивают полученные результаты с требуемыми, при необходимости корректируют регулируемые параметры [5]. В итоге они приобретают навыки самостоятельно «добывать» новые знания, учатся применять их к решению практических задач, получают первый опыт исследовательской работы.

Роль педагога в такой ситуации сводится к направляющей, консультационной и корректирующей деятельности. При этом требования к квалификации преподавателя при работе по проектному методу чрезвычайно высоки. Теперь от преподавателя уже недостаточно требовать наличия багажа знаний и опыта работы с САПР, умения выступить в роли «играющего тренера». Его роль значительно сложнее. Дело в том, что подобный метод обучения допускает нарушение традиционной последовательности

изучения дидактических единиц курса. Студент имеет возможность самостоятельно формулировать для себя учебные задачи в соответствии с особенностями проекта, планировать и решать их в той последовательности, которая требуется для его выполнения. При этом возникает опасность «пропусков» в изучении важных разделов курса. Есть и другие риски. Например, недопустимой является ситуация, когда студент достаточно успешно осваивает правила пользования САПР, не заботясь об изучении методов проектирования, запрограммированных в системе. Подчеркнем еще раз: внедрение проектного метода обучения, опирающегося на использование современных САПР, может дать прогрессивный результат, но требует очень взвешенного подхода и участия преподавателей весьма высокой квалификации.

Математические модели и возможности САПР. При изучении физических или инженерных дисциплин математическое описание процессов очень часто наталкивается на значительные трудности восприятия полученных результатов и физического толкования выражений и формул. В этих случаях на помощь приходит численное (компьютерное) моделирование. Модель позволяет не только выполнять расчетную часть, но и правильно трактовать полученные результаты, глубже вникать в изучаемые процессы. С образовательной точки зрения сам процесс создания подобных математических (получение формул, разработка алгоритмов) и компьютерных (написание и отладка программ) моделей представляет собой один из важнейших и эффективнейших этапов изучения дисциплины. К сожалению, сформулировать задание студенту с поручением разработать серьезную модель удастся редко, поскольку учебным планом далеко не всегда предусмотрено необходимое число часов на эту работу. Преподавателю, избравшему такой подход, приходится идти на вынужденные меры, сокращая задание, применяя прибли-

женные методы решения проблемы. В этих случаях целесообразно рассмотреть возможность использования покупного программного продукта в виде САПР. Работа с ней не потребует затрат усилий на разработку модели, студенту предстоит лишь освоить правила работы. Это позволит сосредоточиться на процессе проектирования, на изучении и анализе полученных результатов и, возможно, на процедуре оптимизации полученного решения.

Вместе с тем работа с САПР имеет и свою «теневую» сторону. Не принимая непосредственного участия в создании математической модели, студент получает лишь приблизительное представление о ее особенностях и методах решения. Как правило, его часть работы сводится к правильному описанию (компьютерному вычерчиванию) проектируемого устройства. После этого необходимые операции САПР выполняет «самостоятельно» в автоматическом режиме. В результате появляется опасность поверхностного освоения теоретических основ дисциплины. Правда, сэкономленные на создании модели затраты усилий позволяют значительно дальше продвинуться по пути создания проекта.

Анализируя возможности применения САПР в образовательном процессе, нелишне напомнить, что первые попытки автоматизировать процессы проектирования зачастую наталкивались на труднопреодолимые препятствия, связанные с недостаточными вычислительными ресурсами (невысокая скорость вычислений, малые объемы оперативной памяти компьютеров, примитивный интерфейс, слабые графические возможности системы и т.п.). Эти ограничения заставляли разработчиков САПР создавать системы, основанные на более примитивных моделях, использующих приближенные методы описания проектируемых устройств. Вот почему на первых порах такие системы не очень сильно отличались от учебных моделей.

Бурные темпы развития вычислитель-

ной техники постепенно (чаще эволюционным, а иногда и революционным путем) позволяли снимать ограничения на степень автоматизации проектирования. Увеличение быстродействия, повышение «мощности» систем автоматизированного проектирования и расширение их возможностей – это не единственный и не самый главный результат прогресса в области ИТ-технологий. Значительно более важным итогом явилась возможность перехода к созданию САПР, базирующихся на более совершенных математических моделях, более адекватно описывающих сложные физические процессы с учетом многочисленных связей, свойств материалов и их изменений в процессе работы, влияния внешней среды и т.п. Как следствие, совершенствование моделей и САПР на их основе привело к повышению достоверности результатов проектирования, а разработка средств анализа и оптимизации полученных результатов, а также создание удобных интерфейсов резко повысили эффективность труда проектировщиков.

Решение вопроса о том, как лучше организовать учебное проектирование – с использованием САПР или на основе упрощенных моделей, создаваемых студентом, – должна принимать кафедра. Это решение требует взвешенного подхода, учета всех «за» и «против» и предъявляет высокие требования к квалификации преподавательского состава.

Возвращаясь к процессу обучения, следует подчеркнуть, что работа с САПР позволяет студенту окунуться в атмосферу, приближенную к условиям будущей работы на реальном производстве. Результатами его проекта станут не просто некие абстрактные структурные схемы, формулы и цифры, а конкретные конструкции приборов, изготовленные из *реальных* элементов и материалов. САПР дает студенту возможность оценить поведение характеристик спроектированного им прибора в реальных условиях, в том числе и при изменении

параметров внешней среды, оценить необходимые затраты на его производство и т.п. Это серьезный шаг в деле подготовки специалиста с учетом требований современного производства. Сближение учебных задач с потребностями и возможностями производства в настоящее время – очень актуальная проблема. По этому поводу весьма образно высказался главный инженер одного из предприятий радиотехнической отрасли: «Сегодня жизнь нас заставляет при разработке больших антенн учитывать даже марку песка, на основе которого будет изготовлен бетон для фундамента при монтаже антенны».

В процессе проектирования студент имеет возможность проводить небольшие собственные исследования, направленные на получение решения, оптимального, например, по стоимости либо по совокупности технических параметров.

Работа с САПР как когнитивный процесс. Учебное проектирование при использовании САПР существенно расширяет познавательные возможности. Этому способствуют заложенные в них механизмы проектирования и отображения полученных результатов. Практически все современные системы автоматизированного проектирования позволяют визуализировать сложные физические процессы, не наблюдаемые в обычных условиях. Наиболее яркими примерами могут служить картины распределения электромагнитных или акустических полей, распределения напряжений в деталях механических конструкций, карты распределения температур и давлений и т.п. Как правило, подобные физические процессы представляют собой наиболее трудно усваиваемые разделы курса. Визуализация процесса дает студенту возможность не только сформировать верное представление о его природе, но и тесно «увязать» происходящие процессы с конкретной схемой или конструкцией проектируемого прибора [6].

Следует отметить, что все САПР позво-

ляют после создания пространственной компьютерной модели всесторонне ее рассмотреть, увидеть «невидимую» сторону, изучить детали и узлы, находящиеся внутри блока, лучше понять их взаимное расположение. Иными словами, система проектирования формирует адекватный детализированный образ создаваемого изделия.

Компьютерное интерактивное моделирование на основе САПР в качестве виртуальной лабораторной работы. Переход к новым образовательным стандартам потребовал пересмотра соотношения часов аудиторной и самостоятельной работы студентов в пользу последней. При этом очевидно, что снижение количества лабораторных занятий по большинству дисциплин отрицательно скажется на качестве подготовки. Некоторым компромиссом может стать выполнение виртуальных аналогов лабораторных работ, в которых заложено компьютерное моделирование [7]. САПР и в этом случае может оказаться очень полезным инструментом и составить основу создания лабораторной работы. Важно отметить, что ее выполнение можно организовать дистанционно, что избавит от необходимости устанавливать САПР на компьютер каждого студента.

Средство повышения мотивации к обучению. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» предписывает преподавателям «развивать у обучающихся самостоятельность, инициативу, творческие способности». Это непростая задача. Одним из главнейших условий ее выполнения является повышение мотивации студентов к обучению по выбранному направлению. Опыт организации образовательного процесса как для бакалавров, так и для магистров свидетельствует о положительной роли САПР в повышении заинтересованности студента в изучении предмета. Работа с компьютером, с «умной» программой автоматизированного проектирования в режиме диалога с первых шагов вовлекает студента в интереснейший про-

цесс созидания. Эту психологическую особенность приходится учитывать не только в школьном возрасте. Не случайно за рубежом родился и становится все более популярным специальный термин *edutainment*, означающий получение знаний через игру. Такая «взрослая игра» в абсолютном большинстве случаев способствует повышению интереса студента к будущей профессии.

Обширные возможности САПР придают студенту уверенность в том, что он способен выполнить серьезные проекты. И действительно, опыт передовых вузов свидетельствует об успешности достаточно широкого вовлечения студентов в выполнение заказов предприятий по разработке новой техники. При этом студент ощущает себя равноправным исполнителем научно-исследовательской или опытно-конструкторской разработки, проводимой вузом. У многих учащихся пробуждается потребность в творчестве, в реализации собственных идей и создании своих разработок. В ряде университетов США существует система поддержки подобных инициативных разработок студентов и продвижения их на рынок. Интеллектуальная собственность в этом случае принадлежит студенту и университету; доход от продажи таких разработок составляет значительную долю в бюджете университета. Примечательно, что ведущие вузы России тоже начинают идти по пути внедрения подобных подходов (см., например, [4]).

Заключение

Рассмотренный анализ особенностей применения систем автоматизированного проектирования в образовательном процессе основан на реальном опыте преподавания ряда технических дисциплин, которые по современной терминологии могут быть отнесены к сфере высоких технологий. Приведенные результаты наблюдения, хотя и не являются исчерпывающими, но убедительно доказывают целый ряд положительных эффектов. Наиболее ценным в

них представляется ответ на вопрос, как, каким образом можно обеспечить формирование у будущих бакалавров и магистров целого ряда важнейших профессиональных компетенций, причем как компетенций, сформулированных в российских образовательных стандартах, так и критериев качества инженерного образования, изложенных в требованиях зарубежных и международных аккредитационных организаций [8].

Литература

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 210700 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (квалификация (степень) «бакалавр»), утвержденный приказом Минобрнауки РФ 22.12.2009 г. № 785.
2. Малух В.Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. М.: ДМК Пресс, 2010. 192 с.
3. Воскресенский Д.И., Кременецкий С.Д., Гринев А.Ю., Котов Ю.В. Автоматизированное проектирование антенн и устройств СВЧ. М.: Радио и связь, 1988. 240 с.
4. Пахмурин Д.О. Роль группового проектного обучения в коммерциализации научно-технических разработок студентов ТУСУР // Современное образование: новые методы и технологии в организации образовательного процесса: Материалы международной научно-методической конференции, 31 января – 1 февраля 2013 г. Россия. Томск. Томск: Изд-во ТУСУР, 2013. С. 258–259.
5. Гузев В.В. Планирование результатов образования и образовательная технология. М.: Народное образование, 2000. 240 с.
6. Банков С.Е., Гутцайт Э.М., Курушин А.А. Решение оптических и СВЧ задач с помощью HFSS. М.: Оркада, 2012. 240 с.
7. Федосов В.П., Цветков Ф.А. Сочетание реального и виртуального в подготовке бакалавров, специалистов и магистров по направлению «Радиотехника» // Открытое образование. 2009. № 5. С. 6–18.
8. Чучалин А.И. Качество инженерного образования. Томск: Изд-во ТПУ, 2011. 123 с.

Автор:

ОБУХОВЕЦ Виктор Александрович – д. техн. н., профессор, директор телерадиоцентра, Южный федеральный университет, vao@tgn.sfedu.ru

ОБУКHOVETS V.A. COMPUTER AIDED DESIGN SYSTEMS AS AN EFFECTIVE INSTRUMENT FOR ENGINEERING STUDENTS TRAINING ON HIGH-TECH COURSES

Abstract. The article discusses the application of CAD systems in technical students' training. Design procedure by means of CAD have a number of advantages as it gets students the possibility to understand much more better the complicated physical processes that take place in designed device or system. This CAD project method of students training promotes the formation of system method of thinking and allows making the education process more effective. The student's designing problem may be more complicated because of powerful possibilities of CAD. That makes student's project closer with industry requests. So CAD application in education process assists to form the necessary professional competences.

Keywords: student's training process, project method, computer aided design, CAD systems, education process, professional competences

References

1. Federal state educational standard of higher education in the direction of preparation 210700 «Information and Communication Technologies and Communication System» (degree «Bachelor»), approved by order of the Ministry of Education of the Russian Federation of 22.12.2009 , No 785.
2. Malukh V.N. (2010) *Vvedenie v sovremennyye SAPR: kurs lektsiy* [Introduction to Modern CAD: Lectures]. Moscow: DMC Press Publ.

3. Voskresenskiy D.I., Kremenetskiy S.D., Grinev A.Yu., Kotov Yu.V. (1988) *Avtomatizirovanoe proektirovanie antenn i ustroystv SVCh* [Automated antennas and microwave devices designing]. Moscow: Radio i svyaz' Publ., 240 p.
4. Pakhmurin D.O. [The role of the group project-based learning in the commercialization of scientific and technological developments of TUSUR students]. *Sovremennoe obrazovanie: novye metody i tekhnologii v organizatsii obrazovatel' nogo protsessa. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii* [Modern education: new methods and technologies in the organization of the educational process. Proc. Sci. and Method. Int. Conf., Jan 31 – Feb 1, 2013. Russia, Tomsk]. Tomsk: TUSUR Publ., 2013, pp. 258–259.
5. Guzeev V.V. (2000) *Planirovanie rezultatov obrazovaniya i obrazovatel'naya tekhnologiya* [Planning of educational outcomes and educational technology]. Moscow: Narodnoe obrazovanie Publ., 240 p.
6. Bankov S.E., Guttsayt E.M., Kurushin A.A. (2012) *Reshenie opticheskikh i SVCh zadach s pomoshch'yu HFSS* [Solution optical and microwave tasks using HFSS]. Moscow: Orkada Publ., 240 p.
7. Fedosov V.P., Tsvetkov F.A. (2009) [The combination of real and virtual in the preparation of bachelors and masters in «Radio-engineering»]. *Otkrytoe obrazovanie* [Open Education]. Vol. 5, pp. 6-18.
8. Chuchalin A.I. (2011) *Kachestvo inzhenerenogo obrazovaniya* [Quality of engineering education]. Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publ., 123 p.

Author:

OBUKHOVETS Victor A. – Dr. Sci. (Technical), Prof., Head of TV&Radio Center, Southern Federal University, Taganrog, Russia, vao@tgn.sfedu.ru

**И.Г. ИГНАТОВА, проректор
по учебной работе**

А.Г. БАЛАШОВ, декан

Н.Ю. СОКОЛОВА, доцент

**Национальный исследовательский
университет «МИЭТ»**

**Междисциплинарные
проекты как способ
формирования
компетенций
при реализации
образовательных программ**

В статье рассмотрен опыт подготовки методических документов по внедрению компетентностного подхода как образовательной технологии при реализации междисциплинарных учебных проектов в Национальном исследовательском университете «МИЭТ». Приведен рекомендуемый перечень методических структурных элементов для реализации такого учебного проекта, а также содержание этапов подготовки методического обеспечения. В заключение рассмотрен пример реализации цепочки дисциплин.

Ключевые слова: формирование компетенций, федеральные государственные образовательные стандарты, компетенции, междисциплинарный проект, результаты образовательных программ

Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) предусматривает реализацию компетентностного подхода к содержанию обучения для получения главного результата – формирования у студентов по окончании образовательной

программы необходимых компетенций¹. Как правило, конкретная выходная компетенция не может быть сформирована при обучении по одной дисциплине. Процесс

¹ <http://fgosvo.ru/fgosvpo/7/6/1>