

## АНАЛИЗ ОПЫТА И МЕТОДОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ЦЕЛЕВОГО ПЕРСОНАЛА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ САПР НА БАЗЕ ЦЕНТРА КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

© 2011 А. А. Черепашков

Самарский государственный технический университет

В статье обсуждаются проблемы обучения автоматизированному проектированию изделий машиностроения. Анализируется и обобщается опыт деятельности центра компьютерного проектирования СамГТУ и созданного на его базе учебно-научного виртуального предприятия.

*САПР, Автоматизированное проектирование, компетенции, подготовка кадров, машиностроение.*

Повышение качества и конкурентоспособности машиностроения, развитие которого в настоящее время напрямую связывается с внедрением в проектирование и производство новых информационных технологий, существенно сдерживается из-за нехватки инженерно-технических кадров, обладающих современной компьютерной квалификацией, необходимой для создания и внедрения инноваций. Для решения этой важной для российской промышленности проблемы в ряде ведущих технических вузов страны создаются специализированные учебно-производственные компьютерные центры (УПКЦ) по подготовке и переподготовке специалистов в области промышленной информатики [1].

В отличие от ординарных учебных компьютерных классов или вычислительных центров общего назначения компьютерный центр проектно - производственного назначения должен быть оснащен не только высокопроизводительными ЭВМ и совершенными компьютерными сетями, но и специальным оборудованием. Для автоматизации проектных работ требуется крупноформатная графическая техника, а также цифровая контрольно-измерительная аппаратура, средства быстрого прототипирования и образцы производственного оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ). Значительная роль в оснащении таких центров отводится прикладному программному обеспечению. Современные машиностроительные САПР комплектуются сложнейшими программно методическими комплексами, преимущественно фирменного производства, коммерческая цена которых многократно превосходит стоимость технических средств.

Нельзя не упомянуть о первоочередной роли преподавателей и учебно-вспомогательного персонала, работающих в УПКЦ. Эффективная и качественная реализация учебного потенциала, сосредоточенных в специализированном центре аппаратных и программных ресурсов требует от преподавателей и сотрудников не только глубоких общекомпьютерных знаний и навыков, но и совершенного овладения специальной техникой и новейшим прикладным программным обеспечением (ПО). Кроме этого для организации регулярных и массовых учебных занятий требуется провести колоссальную методическую работу по оснащению центра рабочими программами и лабораторными практикумами, иллюстративными материалами, сборниками заданий, пособиями, справочниками и учебниками.

Приведенный выше краткий перечень задач, стоящих при формировании УПКЦ, показывает всю сложность и длительность процесса создания эффективно действующих учебно-производственных компьютерных центров. Можно привести целый ряд примеров серьезных проблем и неудач, постигших организаторов подобных структурных подразделений, недооценивших потребный для этого объем материальных, интеллектуальных и иных ресурсов.

Созданный в СамГТУ на факультете машиностроения и автомобильного транспорта (ФМиАТ) центр компьютерного проектирования (ЦКП ТМ ФМиАТ) выполняет функцию материальной базы для организации массового учебного процесса.

Проблема приобретения профессионального программного обеспечения для ЦКП ТМ ФМиАТ решена посредством организации авторизованных учебных цент-

ров, действующих при СамГТУ по договорам с ведущими фирмами производителями ПО САПР [2]. Программные авторизованные центры не имеют выделенных помещений и самостоятельной материальной базы и носят, в основном, статусный характер. Сертификат, выданный известной софтверной фирмой, подтверждает высокий учебно-методический уровень ЦКП, а преданные вузу программные лицензии и методическое обеспечение позволяют студентам осваивать компьютерные технологии разработки машиностроительных изделий с использованием систем, лидирующих на отечественном и зарубежных рынках программного обеспечения.

В компьютерных лабораториях ЦКП ТМ ФМиАТ установлены наиболее востребованные на машиностроительных предприятиях региона учебные и промышленные версии автоматизированных систем. Учебная деятельность центра сертифицирована и авторизована фирмами АСКОН (Россия) и Delcam (Великобритания). Активно используется для моделирования технологической оснастки CAD-система SolidWorks фирмы Dassault. Внедрено в учебный процесс магистерской подготовки программное обеспечение САПР тяжелого уровня Unigraphics NX, переданное в центр фирмой SPLMS. Ведутся переговоры об авторизации центра фирмой PTC (Pro-Engineer).

Следует особо отметить наличие созданных ранее на базе ФМиАТ производственно-технических центров, логически продолжающих линию комплексной автоматизации проектно - производственных этапов жизненного цикла изделий (ЖЦИ) машиностроения [1]. В отличие от программного обеспечения для действующего обрабатывающего оборудования необходимы помещения производственного типа, соответствующие энергетические мощности и, конечно, новейшие и дорогостоящие станки. Такие ресурсы СамГТУ смог привлечь, наладив сотрудничество с ведущими в регионе промышленными предприятиями и представительствами станкостроительных фирм. Станочные центры, которые выпускают реальную продукцию и проводят шеф-обслуживание фирменного оборудования, не предназначены для массовой учебной работы, но они существенно дополняют возможности ЦКП ТМ ФМиАТ, выполняя функцию центров компетенции

САМ - технологий и соответствующей ресурсной базы при выполнении комплексных проектов, и производственной практики.

Для организации результативного учебного процесса по освоению новых компьютерных технологий необходимо иметь не только самые современные программы и технические средства промышленного назначения, но и соответствующее их уровню методическое обеспечение. За последние несколько лет автором выпущен ряд учебных и методических пособий, покрывающих основные разделы базового курса по САПР, которые послужили основой учебника по прикладным компьютерным технологиям [1].

Учебник, получивший гриф учебно-методического объединения вузов по автоматизированному машиностроению (УМО АМ), представляет собой комплексное учебно-научное издание по сквозному циклу компьютерных дисциплин. Наряду с теоретическими разделами в книге акцентируется внимание на практическом применении автоматизированных систем и компьютерных технологий при производстве инновационной продукции.

С прикладной и научной точек зрения обучение САПР предполагает освоение сложного междисциплинарного конгломерата знаний, умений и навыков. В английском языке не нашлось для этого понятия отдельного слова, и область действия автоматизации проектирования обозначается цепочкой аббревиатур CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/... Учебник включает в себя основные темы, важные для понимания задач и проблем автоматизации проектирования и производства, которые связаны между собой не только содержательно, но и в методическом плане.

Комплексный характер книги соответствует содержанию и определенной последовательности учебных курсов в цепочке непрерывной компьютерной подготовки инженеров-машиностроителей в техническом вузе, что дает возможность постепенно и логично сформировать у студента базовый комплекс представлений и знаний. Авторы постарались с позиции комплексного применения прикладных методов моделирования рассмотреть цели и задачи компьютерных технологий промышленного назначения, дать обобщающую классификацию и упорядочить основные

термины и определения, а также обсудить практические аспекты создания внедрения и использования систем автоматизированного проектирования и управления жизненным циклом изделий машиностроения.

Как показывает многолетняя практика автора по обучению пользователей САПР прикладным компьютерным технологиям, задача подготовки и переподготовки специалистов, использующих отдельные подсистемы и процедуры САПР на своих локальных рабочих, может быть успешно решена в специализированном компьютерном классе, оснащённом соответствующими подсистемами промышленных САПР. Например, хорошо отработаны локальные методики обучения инженерному анализу, компьютерному черчению, геометрическому моделированию, программированию цифрового оборудования и станков с ЧПУ.

Но в проектах внедрения комплексных автоматизированных систем, активно начинаемых на ведущих промышленных предприятиях, курсы обучения, проведенные с использованием существующих методик и средств, не дают ожидаемых результатов. Этому способствует целый ряд объективных причин и особенностей организации работы пользователей в интегрированной информационной среде.

Для обеспечения целенаправленной деятельности персонала в среде сложной организационно-технической системы требуются не только знания и умения по управлению техническими и программными средствами на своём конкретном рабочем месте. Необходимо достаточно глубокое осознание каждым участником своей роли в организационно-технической системе, ясное понимание принципов функционирования всего комплекса средств автоматизации, развитые навыки владения методами и средствами коллективной работы над проектом. Для формирования качественно новых умений и навыков практической работы в интегрированной информационной среде (ИИС) комплексных САПР требуются новые методики и соответствующие средства обеспечения. Автором была предложена концепция создания в компьютерных учебно-производственных центрах вузов специализированных учебных виртуальных предприятий (ВП), которые позволяют целенаправленно развивать у студентов и специалистов, проходящих переподготовку, профессиональ-

ные компетенции, необходимые для внедрения и использования современных интегрированных САПР.

Наличие соответствующего комплекса материальных, программных и образовательных ресурсов позволило реализовать в СамГТУ экспериментальную версию такого виртуального учебно-научного предприятия (УНВП) [3,5], включенного в структуру центра компьютерного проектирования ФМиАТ.

УНВП представляет собой специализированную обучающую PLM - систему, функционирующую на базе компьютерных и производственных лабораторий учебного заведения, имитирующую интегрированную информационную среду (ИИС) производственного предприятия и предназначенную для апробации информационных технологий в проектах внедрения и развития умений и навыков практической работы персонала интегрированных САПР.

В данной статье представляются новые результаты исследования процесса обучения студентов, проходящих плановую подготовку автоматизированному проектированию в среде УНВП, проведенные в прошедшем учебном году. В исследовании были задействованы несколько групп студентов старшего курса, имеющих стандартную общетехническую и компьютерную подготовку. Результаты автоматизированного проектирования, полученные студентами, прошедшими обучение компьютерным технологиям в интегрированной информационной среде, сравнивались с собранными ранее данными по решению аналогичных проектных задач студентами, прошедшими курс подготовки с использованием локальных подсистем и результатами неавтоматизированного (ручного) проектирования.

При проведении сравнительного анализа проблематичным стал уже сам выбор критерия эффективности учебной проектной деятельности. Поскольку выпуск товарной продукции не является главной целью учебного предприятия, поэтому не представляется целесообразным использовать для оценки эффективности обучения автоматизированному проектированию такие универсальные показатели, как цена и стоимость изделий, принципиально важные для экономических деловых игр или коммерческих производственных предприятий.

Для оценки эффективности учебного автоматизированного проектирования был использован интегральный критерий, вытекающий из определения проектирования как информационного процесса, приводящего к созданию полного электронного определения (full definition), соответствующего уровню знаний об изделии (Knowledge about product), достаточному для его изготовления и эксплуатации. Такой подход оценки эффективности технологий автоматизированного проектирования нашел практическое применение у ведущих разработчиков САПР. Например, на графиках (рис.1), показывающих влияние различных методик автоматизированного проектирования на сроки выполнения проектов, приведенных фирмой SPLMS, по оси ординат отложены такие показатели как «Знание о конструкции» и «Свобода конструирования» [4].

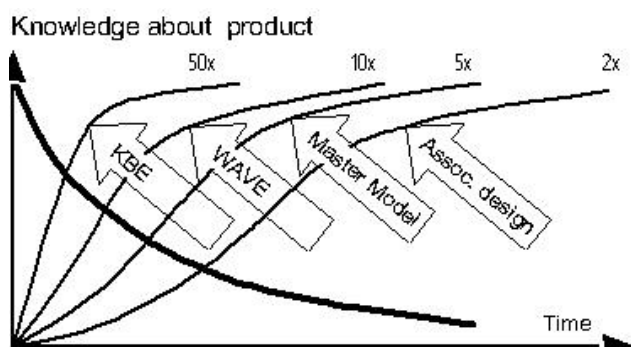


Рис. 1. Графики SPLMS, отражающие влияние различных компьютерных технологий на накопления знаний об изделии в процессе автоматизированного проектирования

Преподавателями проектирования также давно замечено, что совершенство предложенных проектных решений напрямую коррелируется с уровнем знаний проектировщиков об объекте и методах проектирования.

В проведенном эксперименте были получены близко совпадающие по виду графики, отражающие влияние используемых методик учебного автоматизированного проектирования на процесс накопления знаний при решении комплексных учебных проектных задач (рис. 2).

Под знанием об изделии мы будем понимать не механическую сумму переработанных данных, а только тот логически упорядоченный объем информации, связанный с системой знаний проектировщика, который результативно использован и

включен в итоговый проект. В отличие от промышленности для выполнения учебного задания в УНВП начинающему проектировщику необходимо не только сформировать достаточное для изготовления описание объекта, но и освоить (или закрепить) новые для него методы и средства проектирования, что отражается в пояснительной записке при обосновании принятых обучаемых проектных решений.

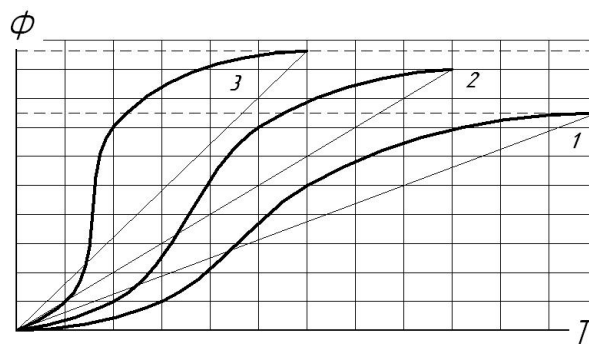


Рис. 2. «Траектории» формирования знаний в процессе учебного проектирования:  
1- традиционная технология; 2 – автоматизированное проектирование в локальных системах; 3 – автоматизированное проектирование в интегрированной информационной среде

Все студенты получали однотипные задания, связанные с проектированием силовых узлов машиностроительных конструкций. Комплекс работ учебного проектирования предусматривал проведение обучаемыми информационного и патентно-лицензионного поиска, составление технического задания, а также выполнение всех основных стадий КТПП, включая эскизный, технический и рабочий проекты изделия, а также проектных процедур технологической подготовки производства детали. На этапе эскизного проектирования в автоматизированном варианте работ использовался инженерный анализ для оптимизации структуры изделия.

По оси ординат на рис. 2 отложен интегральный критерий, отражающий объем и эффективность использования полученных в процессе учебного проектирования знаний  $\Phi$ , включающий как оценку полноты проработки проекта, так и достигнутый при этом уровень эффективности конструкции. Информационная полнота проекта  $\Omega$ , достигающая максимума при завершении учебного проектирования, оценивалась нарастающим итогом по сумме баллов от всех выполненных обучаемым проектных

процедур. В качестве критерия функциональной эффективности конструкции, определяющего уровень глубины знаний об объекте, использовался показатель «Силовой фактор»  $G$ , отражающий потребную по прочности материалоемкость изделия, зависящую от совершенства его конструктивно-силовой схемы (КСС) [5]. Оценочные расчеты вариантов КСС показывают, что для задач, предложенных испытуемым, разница в эффективности конструкторских решений может достигать 25-30%.

В идеализированном случае, когда предполагается, что все проектные процедуры вносят одинаковый вклад в формирование знаний об изделии, траектория обучения должна быть линейной, как показано тонкими линиями на рис. 2. Однако в реальном проектировании скорость формирования знаний существенно меняется на различных стадиях проектных работ. На начальных стадиях прирост знаний об изделии минимален - идёт накопление информации, её переработка и осмысление. На завершающих стадиях проектирования прирост знаний также замедляется, поскольку интеллектуальные ресурсы тратятся на рутинные операции оформления принятых ранее проектных решений.

В случае неавтоматизированного проектирования траектория накопления знаний получается более пологой и растянутой во времени. Полнота проекта при этом не страдает, но существенно снижен показатель эффективности решений по сравнению с автоматизированным проектированием. Эффективность проектных решений в случае автоматизированного проектирования заметно выше за счет использования более точных расчетных схем и компьютерных моделей, а также применения оптимизации и увеличения вариантности проектирования. При этом как минимум на 20-30% сокращается время выполнения учебных проектов.

Как показало исследование, уровень эффективности проектов, полученных с использованием локальных методик автоматизированного проектирования, оказался схожим с проектами, выполненными в ИИС. Отмечено, что существенное влияние на эффективность проектирования оказывают креативные возможности выбранной методики выполнения автоматизированной проектной процедуры и ее место в комплексе работ,

а не показатель интегрированности компонент САПР. В обсуждаемом случае прирост эффективности конструкторских решений был достигнут за счет использования инженерного анализа и оптимизации на ранних стадиях проектных работ, когда большая свобода конструирования позволяет наилучшим образом использовать преимущества автоматизированного проектирования.

Выполнение учебного проектирования в ИИС показало существенный эффект сокращения временных затрат на обучение. По сравнению с неавтоматизированным проектированием аналогичный результат достигался обучаемым за более чем в два раза меньший период. По сравнению с локальными методиками при работе в ИИС наблюдается положительный эффект ускорения обучения до 50%. Эти показатели достаточно легко объясняются поскольку информационные технологии обеспечивают многократное сокращение издержек и временных потерь при выполнении процедур поиска, обработки, обмена и хранения проектных данных. Некоторое увеличение осредненного показателя эффективности проектов, выполненных в ИИС, можно объяснить более удобным доступом к методическим и справочным материалам, выложенным в PDM в легкодоступной электронной форме, а также уменьшением числа расчетных ошибок при использовании выверенных и непротиворечивых корпоративных справочников и библиотек стандартных изделий в клиент-серверной базе данных.

В среде УНВП была реализована электронная (безбумажная) методика организации проектных работ, начиная с выдачи проектных заданий и управления учебным проектированием с помощью технологии Work Flow и использования PDM в качестве рабочей среды. Для выполнения всех проектных процедур применялись бесшовно интегрированные между собой CAD/CAM/CAE/CAPP - подсистемы.

В качестве программной базы реализации PLM-решения УНВП СамГТУ-2011 был использован комплекс АСКОН (CAD система КОМПАС -3D; САПР-ТП ВЕРТИКАЛЬ; PDM ЛОЦМАН с набором корпоративных справочников и библиотек) [6]. В клиентские приложения PDM

интегрированы разработанные автором компоненты учебной САПР силовых конструкций, а также тестирующая подсистема АОС для проведения текущего контроля знаний обучаемых.

Специально для УНВП была разработана специфическая структура информационного обеспечения [3]. Методическое обеспечение УНВП, включая сборники заданий, инструкции по выполнению проектных процедур, справочники, учебные пособия, конвертированы и представлены в электронной форме.

Данное исследование не претендует на глубину проработки педагогической науки, что должно стать предметом отдельной работы. Но, опираясь на анализ полученных данных, можно сделать выводы о положительном и осязаемом учебном эффекте использования рассмотренных в работе новых методов и средств обучения автоматизированному проектированию. Кроме того, в процессе сквозной компьютерной подготовки в среде УНВП студенты не только осваивают методы и средства автоматизированного проектирования изделий машиностроения, но и приобретают компетенции, необходимые для профессиональной деятельности работы в интегрированной информационной среде.

### **Библиографический список**

1. Черепашков, А.А. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.А. Черепашков, Н.В. Носов. – Гриф УМО АМ, Ин-фолио.- 2009. – 650 с.
2. Черепашков, А.А. Обучение автоматизированному проектированию в авторизованном учебном центре технического вуза [Текст] / А.А. Черепашков // САПР и графика. - 2009. - №12.. С 88- 91.
3. Черепашков, А.А. Моделирование процессов КТПП машиностроительного завода в среде учебно-научного виртуального предприятия [Текст] / А.А. Черепашков // Известия Самарского научного центра РАН, Самара, 2010. - №12. - С.619-622.
4. [www.plm.automation.siemens.com](http://www.plm.automation.siemens.com)
5. Комаров, В.А. Компьютерные тренажеры для конструкторов [Текст] / В.А. Комаров, А.А. Черепашков // Полёт. - 1999. - №8. - С. 31-36.
6. Черепашков, А.А. Учебное виртуальное предприятие на платформе АСКОН [Текст] / А.А. Черепашков // Применение программных продуктов КОМПАС в высшем образовании - Изд-во Гриф и К. -Тула. – 2005. - С. 10-13.

## **ANALYSIS OF THE EXPERIENCE OF PREPARING THE USERS MACHINE-BUILDING CAD IN CENTRE OF THE COMPUTER DESIGNING**

© 2011 A. A. Cherepashkov

Samara State Technical University

In article are discussed the problems of training to designing of mechanical engineering products. Systems and methods of computer aided design which are used in the school of mechanical engineering of the Samara technical university (SSTU) are analyzed. Experience of creation the CAD/CAM/PLM/ -center are described.

*Training, Designing, CAD/CAM/CAE/PLM –systems.*

### **Информация об авторах**

**Черепашков Андрей Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» Самарского государственного технического университета. E-mail: [Cher-mail@mail.ru](mailto:Cher-mail@mail.ru). Область научных интересов: компьютерные технологии, автоматизация проектирования, CALS/ИППИ/PLM - технологии, обучение САПР.

**Cherepashkov Andrey Alexandrovich**, Candidate of Technical Sciences, associate Professor at the “Machine Building Technology” Department of Samara State Technical University. E-mail: [Cher-mail@mail.ru](mailto:Cher-mail@mail.ru). Area of research: interests: introduction of CAD / CAM / CAE / PLM - systems and training users.