

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К УЧЕБНОЙ CAD/CAM ПРОГРАММЕ

© 2006 А.И. Белоусов, В.И. Иващенко¹

Рассмотрена зависимость эффективности графо-геометрической подготовки студентов технического вуза от характеристик CAD/CAM системы. Составлены требования к дидактическим и эргономическим свойствам учебных программ-редакторов. Полученные результаты нашли практическое применение в учебном процессе на факультете "Двигатели летательных аппаратов" СГАУ.

Развитие электронных технологий проектирования и производства изделий привело к тому, что в учебных планах технических университетов появились дисциплины, связанные с компьютерным геометрическим моделированием. Построение плоской (2D) или объемной (3D) модели, являющейся проектным решением, студент выполняет в среде CAD/CAM программы. Практическое занятие как одна из важнейших форм учебного процесса представляется сеансом работы системы "проектант — программа — электронная модель". В этой системе второй элемент дополняет и при определенных условиях, например в самостоятельной работе, заочном обучении, заменяет педагога. Поэтому при выборе CAD/CAM программы для учебной дисциплины необходимо руководствоваться определенными дидактическими и эргономическими требованиями.

Рассмотрим педагогические требования к CAD/CAM программе в контексте поиска единого подхода общеинженерной и выпускающей кафедр к базовой графо-геометрической подготовке студентов технического университета. В этой ситуации при выборе программного продукта необходимо учитывать широкий спектр факторов, составленный на условиях компромиссного сочетания желаемого и возможностей учебного процесса. Несмотря на абсолютно верное в идейном плане стремление приравнять или хотя бы приблизить учебный проект к реальному, задачи, решаемые студентом-проектантом и инженером-конструктором (или технологом), отличаются принципиально. При наличии одной и той же цели — построить геометрическую модель изделия — основная задача студента состоит в освоении методов и средств проектирования.

Процесс обучения, развивающийся в направлении от передачи знаний к формированию навыков самостоятельной работы, оказывается для будущего специалиста куда более плодотворным и ценным, чем создание графических документов, формально подтверждающих некоторый уровень его квалификации на данный момент. Отсюда следует концептуальный вывод: требования специалиста-инженера и неспециалиста-студента к характеристикам и свойствам CAD/CAM программы

¹Белоусов Анатолий Иванович (aibelousov@mail.ru), Иващенко Владимир Иванович (ivashch@yandex.ru) Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

не могут быть одинаковыми по определению характера их деятельности. Поэтому совершенство инструментального оснащения и развитость пользовательских функций, а тем более новизна не являются основополагающими критериями при выборе программного продукта для изучения основ CAD/CAM технологий.

Аналогично отмеченному, подходы к решению геометрических задач на младших и старших курсах имеют значительные отличия. Поэтому поиск межпредметных связей, благотворно влияющих на учебный процесс, остается актуальной задачей. Сформулируем следующие свойства CAD/CAM программы, которые, по нашему мнению, являются наиболее важными для графо-геометрической подготовки учащихся:

- 1) простота и надежность инсталляции программы на платформе любой операционной системы;
- 2) совместимость (бесконфликтность) с другими программными продуктами, в том числе CAD/CAM системами, а также более поздними версиями данной программы;
- 3) наличие инструментальных средств, обеспечивающих решение всех учебно-методических задач дисциплины;
- 4) возможность 2D (плоского) и 3D (объемного) моделирования в среде одной программы без конвертирования данных для передачи в другие графо-геометрические редакторы;
- 5) возможность получения твердых копий документов на принтерах и плоттерах распространенных типов и марок, отсутствие потребности в сложных настройках параметров редактора печати и драйверов;
- 6) наличие встроенной системы помощи, простых инструкций, а также возможности для быстрого написания и переработки методических указаний;
- 7) наличие средств создания и использования геометрических баз данных (библиотек);
- 8) наличие средств параметризации геометрических моделей, как минимум, 2D (чертежей);
- 9) понятные названия команд и пиктографические обозначения функций, обеспечивающие возможность интуитивно-апперцептивного прогнозирования стратегии построения модели и открывающие возможности для самостоятельного освоения редактора;
- 10) удобное, эргономически целесообразное расположение элементов программного окна, которое обуславливает рациональные движения курсора, обеспечивающие высокую скорость и точность моделирования.

Практически во всех современных универсальных САПР меню, экранные кнопки, окна параметров, диалоговые панели и другие элементы управления скомпонованы по единым логико-эргономическим правилам. Поэтому и система, выбранная для изучения основ геометрического моделирования и инженерной графики, должна демонстрировать стилевое единство с аналогичными профессиональными программами. Исполнение данного пожелания обеспечит высокую скорость адаптации студента к новым программным средам на выпускающих кафедрах. Кроме того, необходимо использовать преемственность форматов записи данных. Благодаря этому студенты на старших курсах при изучении других учебных и профессиональных CAD/CAM/CAE систем будут использовать модели, созданные в начальный период графо-геометрической подготовки.

Анализ выявленных факторов показывает, что свойства 1, 2, 4, 5 и 10 определяют в большей степени эргономические показатели CAD/CAM программы, а свойства 3, 6, 7, 8 и 9 характеризуют ее "педагогические" способности. Однако удобство и рациональный стиль работы студента-проектанта самым непосредственным образом сказываются не столько на качестве проектного решения, сколько на формировании правильных представлений о геометрической модели изделия. Эти представления составляют суть графической культуры современного специалиста-инженера и служат базой для формирования системного проектно-конструкторского мировоззрения.

На младших курсах студентам доступны только конвергентные методы проектирования, при использовании которых разработчик выбирает решение из готовых образцов, дорабатывает шаблон или модифицирует комбинацию известных решений [1]. Основной учебной задачей в этот период обучения является освоение методов моделирования поверхности на плоскости (проецирование, построение и чтение чертежа) и в пространстве (создание компьютерных объемных моделей). Здесь, кроме знания теории и стандартов, необходимо сформировать целостное, интегрированное восприятие геометрической формы детали. Анализируя схему или чертеж, объемную модель детали или электронную сборку, студент должен представлять функцию изделия и технологический метод изготовления. Например, анализ конструктивных схем турбонасосного агрегата жидкостного ракетного двигателя свидетельствует о преобладании поверхностей вращения и поверхностей второго порядка [2]. Подобная форма деталей рациональна не только по условиям динамической прочности, но и с точки зрения технологии. Для оболочек и других деталей типа тел вращения применяется штамповка (гибка или вытяжка), а такие операции, как закатка, отбортовка кромок и закатка, выполняются на различном оборудовании, в том числе и на токарном станке.

Использование графических данных требует владения основами автоматизированного конструирования и умения синтезировать конструкцию, обеспечивающую целевую функцию. Активное сотрудничество выпускающих кафедр и общинженерных, в частности инженерной графики, которое, естественно, должно соответствовать действующим стандартам специальностей, учебным планам и рабочим программам, будет способствовать зарождению системного мышления у студента.

Формирование системного проектно-конструкторского мировоззрения необходимо начинать на младших курсах. В этот период обучения компьютерной графике и геометрическому моделированию критичным параметром следует считать размер просматриваемой области чертежа или объемной модели. Действительные размеры изображения оказываются больше габаритов программного окна уже при использовании формата A3, причем на мониторе с диагональю не менее 17". Анализ целого чертежа становится невозможным ввиду его сжатия. Для просмотра мелких элементов приходится применять увеличение (приближение).

При этом большая часть изображения, содержащего рассматриваемые элементы, и все другие виды, разрезы, сечения оказываются вне поля зрения. Отрицательный эффект данной ситуации особенно ощутим вследствие того, что начальные навыки мысленной реконструкции пространственной фигуры по ее отображениям формируются как раз при сопоставлении отдельных проекций, которые должны рассматриваться в совокупности, т. е. одновременно, а не последовательно. Проблема достаточно быстро снимается благодаря обострению и развитию зрительной памяти, позволяющей удерживать скрытые за пределами экрана образы.

Процесс адаптации ускоряется при своевременном обучении таким функциям, как "Приблизить", "Отдалить", "Переместить", "Масштаб" и "Работа с фиксированными окнами".

Принимая во внимание, что свободное поле используется для вспомогательных построений, предварительного вывода (чтения) модели из библиотеки, будем считать его запас важным для процесса обучения. Для сравнения разных редакторов в полноэкранном режиме эксплуатации введем параметр — относительное рабочее пространство S_{wrk} , вычисляемый по формуле

$$S_{wrk} = S_{doc}/S_{win},$$

где S_{doc} и S_{win} — площади окна документа и программного окна, соответственно.

В качестве мощного средства для редактирования 2D и 3D моделей современные CAD/CAM системы получили "Дерево построений", оформленное в виде отдельного окна. В нем фиксируются все операции построения и редактирования, которые при необходимости можно перемещать, изменяя последовательность выполнения команд, временно отключать и удалять. Значительно расширяя арсенал возможностей опытного проектировщика, "Дерево построений" занимает часть программного окна и тем самым сокращает размер окна документа. Для начального этапа обучения геометрическому моделированию применение данного инструмента не является обязательным, а его отсутствие не следует считать недостатком программного продукта.

Мыследеятельность студента актуализируется в процессе выработки стратегии формирования модели, причем отсутствие длительного ожидания в интерактивном общении с инструментальным аппаратом усиливает положительный эффект от этого диалога. Приобретенные знания, навыки и умения закрепляются при сопоставлении вариантов стратегии и возможных модификаций решения. Набор инструментов входит в ассоциативное соответствие с определенной задачей моделирования, а в целом указанные факторы способствуют зарождению системного проектно-конструкторского мышления будущего специалиста по автоматизированному проектированию и производству.

Поток информации от программного окна содержит как фоновый компонент образ элементов управления: меню, команды, экранные кнопки, окна параметров, информационную и диалоговую строки. Во многих CAD/CAM программах набор экранных кнопок на панели управления можно изменять, а панель инструментов (инструментальная панель, панель инструментальных страниц) — переносить в соответствии с личными пристрастиями пользователя. В учебном процессе, проходящем в компьютерных классах общего пользования, данный сервис совершенно бесполезен и даже вреден, так как провоцирует студентов на непрерывные регулировки (каждый для себя). Многолетний опыт использования CAD/CAM программ подтверждает тезис о том, что редактор должен играть роль постоянно исправного, заточенного и настроенного инструмента, универсально удобного, нейтрального по отношению к среднему студенту, который не имеет возможности терять время на личное обустройство.

Как показывают исследования ученых, на решение стратегических вопросов, определяющих комплексное решение проектной мегазадачи, большое влияние оказывает информация, хорошо заученная и хранящаяся продолжительное время. С другой стороны, решение текущих микрозадач, выполняемое проектантом в интерактивном режиме в процессе создания геометрической модели в среде CAD/CAM редактора, требует развитой кратковременной (оперативной) памяти. Время на извлечение данных из долговременной памяти уменьшается, если они (данные) уже

участвовали в предыдущем опыте проектанта, имеют высокую вероятность появления и высокий уровень релевантности. Что касается оперативной памяти, то наибольшее количество удерживаемой информации составляет от 4 до 15 единиц [3]. Например, в программе ADEM модель детали является объемным элементом (ОЭ), который состоит из единичного базового элемента формы (БЭФ) или содержит некоторое количество БЭФ, обработанных с помощью булевых операций (объединение, вычитание, пересечение). При построении объемной модели за единицу информации принимается один БЭФ или ОЭ, одна команда (функция) меню или операция, включаемая экранной кнопкой.

Количество инструментов (инструментальных кнопок), дублирующих команды разных меню, необходимо ограничить оптимальным набором, включающим только функции, используемые для решения проектных графо-геометрических задач текущего курса. В целом загруженность занятия фоновой инструментальной информацией можно оценить отношением количества экранных кнопок к числу командных (функциональных) меню. Обоснованием для такого предложения служит то обстоятельство, что все меню отличаются текстовыми заголовками, а экранные кнопки имеют пиктографическое оформление, дополняемое подсказкой, которая выводится после паузы. Отметим, что увеличение количества кнопок в любом редакторе неизбежно приводит к необходимости уменьшения их размеров. На начальном этапе обучения это приводит к повышению вероятности ошибки при выборе команды.

По нашему мнению, конструктивное свойство CAD/CAM среды, выражающееся в быстром освоении пользователем цепочки операций и надежном их применении, можно оценить эргономичностью траектории курсора — условным параметром, который определяется частотой пересечения рабочего поля окна документа при выполнении двух-трех типовых операций. При уменьшении амплитуды перемещения курсора увеличивается точность переключения функций и возрастает общая скорость построения. Для обеспечения этого требования элементы окна, относящиеся к родственным функциям, должны располагаться группами. В программе КОМПАС-3D подобная идея реализована в виде инструментальных страниц [4], а в более простой ADEM v. 3.03 — логичной компоновкой экранных кнопок [5].

В последнее время на рынке CAD/CAM систем появились и успешно развиваются программно-станочные комплексы. Основой комплекса служит настольный фрезерный станок с ЧПУ, соединяемый с обычным компьютером аналогично принтеру. Вместе со станком поставляется комплект простых программ-редакторов для создания 3D модели изделия, автоматизированного проектирования технологического процесса резания и моделирования (анимации) непосредственно процесса обработки заготовки. Примером такого комплекса может служить станок Modela MDX-15 и редакторы 3D Engrave, Virtual MODELA, MODELA Player и др., выпускаемые фирмой Roland DG Corporation (Япония). В совокупности они представляют собой современный профессиональный инструмент гравера, ювелира, художника малых форм, дизайнера, но в то же время доступны для освоения даже учащимися средней школы, начиная с 8-9 классов [6].

В течение сеанса работы проектант стремится располагать модель в центре окна документа. Изображение на экране динамично, в процессе создания и редактирования претерпевает непрерывные изменения. На каждом текущем шаге проектант представляет себе следующее действие и вызываемый им эффект. Если

траектория движения курсора пересекает изображение, то в поток информации, обуславливающий обратную связь, вносятся помехи.

На эффективность обучения компьютерному моделированию большое влияние оказывает также степень вложенности команд, оцениваемая количеством уровней меню. Для студента, осваивающего редактор, запоминание места положения нескольких команд, находящихся в разных меню, причем вложенных, и на разных уровнях вложенности, оказывается чрезвычайно трудной задачей. Поэтому открытость функций, реализованная, например в ADEM, в виде кнопок, расположенных вокруг экрана, следует считать достоинством программы.

Подводя итоги проведенного исследования, можно сделать следующие выводы.

1. Наиболее важными требованиями к CAD/CAM программе в контексте обеспечения межпредметных связей и развития системного проектного мышления являются: символьные обозначения инструментов и команд, активизирующие интуитивно-апперцептивную мыследеятельность студента, и благоприятная эргономика, обеспечивающая рациональность движений курсора и точную визуализацию модели.

2. Сравнение рассмотренных свойств наиболее распространенных программ позволяет рекомендовать программу ADEM v. 3.03 для базовой графо-геометрической подготовки, а комплекс технолого-дидактических средств Roland MODELA — для пропедевтического конструкторско-технологического обучения.

Литература

- [1] Джонс, Дж.К. Методы проектирования / Дж.К. Джонс; пер. с англ. 2-е изд., доп. М.: Мир, 1986. 326 с.
- [2] Белоусов, А.И. Конструктивные и силовые схемы турбомашин двигателей летательных аппаратов: учеб. пособие / А.И. Белоусов. Куйбышев: КуАИ, 1988. 92 с.
- [3] Венда, В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации / В.Ф. Венда. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1982. 344 с.
- [4] Иващенко, В.И. Объемное моделирование деталей и сборочных единиц в среде КОМПАС-3D: метод. указания / В.И. Иващенко. Самара: СГАУ, 2005. 62 с.
- [5] Чемпинский, Л.А. Основы геометрического моделирования: учеб. пособие / Л.А. Чемпинский. Самара: СГАУ, 2005. 190 с.
- [6] Иващенко, В.И. Компьютерное моделирование и автоматизированное изготовление изделий. Практикум по CAD/CAM технологиям: Учеб. пособие для учащихся старших классов школы и учреждений среднего профессионального образования / В.И. Иващенко, А.Б. Бейлин, А.И. Фрадков. Самара: СНЦ РАН, 2005. 149 с.

Поступила в редакцию 6/IV/2006;
в окончательном варианте — 6/IV/2006.

PEDAGOGICAL REQUIREMENTS FOR CAD/CAM EDUCATIONAL PROGRAMME

© 2006 A.I. Belousov, V.I. Ivashchenko²

In the paper the results of examination the CAD/CAM dependency on system properties and the efficiency of geometrical engineering education of students at technical institutes of higher education are presented. The requirements are given for refining teaching and ergonomic characteristics of training programs. The obtained results are implemented in educational process at the "Aircraft Engines" department of Samara State Aerospace University.

Paper received 6/IV/2006.

Paper accepted 6/IV/2006.

²Beloysov Anatoly Ivanovich, Ivaschenko Vldimir Ivanovich, Samara State Aerospace University, Samara, 443086, Russia.