

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИДАКТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ 3D МОДЕЛИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОСНОВАМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

© 2008 В.И. Иващенко

Самарский государственный аэрокосмический университет

Изложены результаты исследования дидактических свойств электронной модели, являющейся учебным проектным решением. Рассмотрена работа системы "студент – программа – модель". Предлагаемые подходы реализованы в многоуровневой графо-геометрической подготовке инженеров-механиков.

Графо-геометрическая подготовка. Педагогическая система. Электронная модель. Дидактические свойства. Проектное мышление

Быстрое развитие CALS технологий, методов и средств обработки электронных моделей обострило проблему эффективного и качественного обучения компьютерному геометрическому моделированию с сохранением традиционных стандартов в отношении умения анализировать явления в той или иной предметной области. Поэтому важной задачей процесса обучения становится создание необходимого запаса шаблонных схем, а также формирование умений оценивать их достоинства и недостатки, находить альтернативные решения и получать новое качество в результате модификации этих схем.

В процессе графо-геометрической подготовки в техническом вузе самостоятельная работа студентов в компьютерном классе приобретает особое значение. На занятиях по геометрическому моделированию происходит интеграция субъектно-личностных качеств обучаемого с ресурсами виртуальной учебной среды, реализованной в виде графического редактора. При этом в совместной деятельности человека и машины проявляются системообразующие признаки [1]. В системе "проектант – программа – электронная модель" второй элемент служит источником, приёмником и средством преобразования мощных информационных потоков, протекающих во внешнем и внутреннем по отношению к пользователю контурах. С другой стороны, редактор играет роль информационной среды, основной функцией которой становится "передача сигналов и распространение социальной информации, которая обучаемыми восстанавливается в знаниях, в программах принятия решения" [2].

На внешнем контуре информация от студента поступает в программную среду и реализуется её средствами в проектном решении. Потоки, определяющие уровень обратной связи, направлены к проектанту от геометрического редактора и от модели, которая визуализируется также средствами CAD/CAM программы. Возможности программно-технической среды предопределены используемой в учебном процессе версией, детерминированы инструктивно и инвариантно. Поэтому те особенности электронной модели, которые оказывают существенное влияние на эффективность формирования верных представлений о геометрии изделия, становятся наиболее важными с педагогической точки зрения. Таким образом, 2D и 3D модели обладают дидактическими свойствами.

В интересах решения конкретной учебно-методической задачи возможна имитация профессионального проектирования, регулируемая преподавателем. Вариативность ролевой функции студента проявляется в его стремлении методом проб и ошибок самостоятельно сформировать стратегию поиска проектного решения и получить ответы, которые нельзя найти в инструкции или в подсказках преподавателя. Креативный характер работы проявляется в том, что она связана с самостоятельными экспериментами, выработкой своих "фирменных" приёмов моделирования. Эвристическая составляющая в создании электронной модели присутствует, но не является доминирующей, поскольку стратегия моделирования рождается в ассоциативном потоке образов, который апелли-

рует к предшествующему опыту студента, хотя и не является прямым воспоминанием.

Потоки информации могут влиять друг на друга в том случае, если в информационной среде образуются контуры. Для одного контура необходимо наличие как минимум двух потоков, один из которых обеспечивает обратную связь. Если информация из одного контура индуцирует информацию в другом, то степень продуктивности информационной сессии возрастает. Наибольшим эффектом отличается переработка данных на внутреннем, рефлексивном уровне проектанта. Следовательно, форма и рекомендуемый алгоритм построения модели должны быть выбраны с учётом возможности самостоятельного анализа результата и выработки на его основе вариативной стратегии на каждом этапе работы обучаемого.

Актуализация накопленных учащимся данных зависит от того, какие ассоциативные стереотипы являются доминирующими при поиске проектного решения. Чисто конструктивное изображение, например, проекция – очерк на комплексном чертеже, – говорит только о форме, в то время как технологические изображения (например, эскиз перехода или профиль фасонного инструмента) несут информацию о форме будущей детали и о процессе обработки. "Парадокс первичности" составляет основное противоречие в выборе приоритетов для проработки автоматизированного проектирования. Кратко его можно сформулировать таким образом: если проектант хорошо овладел основами конструирования, то он манипулирует технологичными формами, а значит, опосредованно использует технологическую подготовку. Но, с другой стороны, если за основу принять знания о методах формообразования, то сами средства получения заданной геометрии конструктивны по определению, а "заданность" формы инструмента предполагает наличие образа будущего, уже изготовленного изделия.

Графо-геометрическая подготовка в техническом вузе играет роль интегрирующего межпредметного средства, посредством которого возможно выделение действительно базовых, основных инженерных знаний. При сближении позиций "чистого" конст-

руктора и технолога информационные поля, актуализирующиеся в сознании обучаемого и содержащие ассоциативные образцы (стереотипы), сближаются. При этом рождающееся проектное решение, несущее признаки одновременно конструктивного и технологического образца, будет оптимальным в гносеологическом смысле, так как отразит совершенство формы, соответствующее уровню подготовки и кругозору проектанта. Применяя метод дискретизации информационного пространства знаний, выделим единичную стратегию, направленную на решение частной (локальной) геометрической задачи. Стратегия содержит два компонента: инструктивный инвариант и креативную составляющую. Если первая часть стратегии приблизительно одинакова для всех студентов, успешно освоивших текущий раздел дисциплины, то вторая широко варьируется. Она интерпретируется кругом – полем креативности. Размер этого поля зависит от личного конструкторского и технологического опыта, приобретённого каждым проектантом к данному моменту.

Результаты исследования показали, что для повышения качества графо-геометрической подготовки необходимо создать многоуровневую систему обучения, в которой первый, довузовский, уровень будет посвящён не только основам геометрического моделирования, но и знакомству с автоматизированным производством изделий. В российских технических университетах для базовой графо-геометрической подготовки наибольшее распространение получили отечественные программы КОМПАС (АО АСКОН) и ADEM (Omega ADEM Technologies Ltd.). Изучение модулей САМ сдерживалось вследствие высокой стоимости оборудования – станков с ЧПУ, а также необходимости длительного изучения методов и средств автоматизированной обработки резанием. В последнее время успешное развитие CAD/CAM систем происходит в классе настольных фрезерных станков с ЧПУ, работающих под управлением программ – редакторов и соединяемых с обычным компьютером аналогично принтеру. Примером может служить станок Modela MDX-15, поставляемый вместе с программами 3D Engrave, Vir-

tual MODELA, MODELA Player и др. Станок и сравнительно простые редакторы разработаны фирмой Roland DG Corporation (Япония). Они доступны для освоения учащимися средней школы, позволяют выполнять профессиональное 3D моделирование художественных и технических изделий, автоматизированное проектирование технологических процессов изготовления, включая анимацию обработки материала, и получать готовые детали.

На кафедре инженерной графики СГАУ для обучения основам геометрического моделирования и инженерной компьютерной графики в течение многих лет успешно применяется программа ADEM. Пропедевтическое обучение основам автоматизированного проектирования и производства на базе программно-станочного комплекса Roland MODELA проводит в Технологическом центре ОПТ при МОУ средняя общеобразовательная школа № 42 с углубленным изучением отдельных предметов г. Самары [3].

Процесс создания плоской (2D) модели детали или сборочной единицы заключается в построении сложных изображений чертежа из элементарных геометрических фигур, которые называются в редакторе ADEM базовыми графическими элементами (БГЭ), а в редакторе КОМПАС-3D – инструментами. Объёмная (3D) модель детали в ADEM классифицируется как объёмный элемент (ОЭ), являющийся единичным базовым элементом формы (БЭФ) или совокупностью БЭФ, к которым применены булевы операции (объединение, вычитание, пересечение). Если 2D модель аналогична чертежу на твёрдом носителе (бумага), то к 3D модели предъявляются особые дидактические требования, так как, являясь трёхмерным объектом в виртуальном пространстве, она отображается на экран компьютера как на плоскость. Специфические особенности 3D модели обуславливают её способность быть воспринятой в качестве реальной детали. Для визуализации геометрической модели в модуле Adem3D предусмотрены специальные способы отображения аппроксимирующих поверхностей (микространей), для которых имитируются условия освещения и отражения света. Для каркасной модели освещённость и светотеневая характеристика теряют смысл. Но сту-

дент, тем не менее, и здесь может ощутить, что деталь не плоская, и пересекающиеся на экране линии каркаса на самом деле могут иметь разную глубину.

Для описания поверхностной модели информация о координатах вершин и сочетаниях рёбер дополняется данными о связях, существующих между поверхностями тела, а также о наличии граней. Наиболее полное представление трёхмерного предмета содержится в твёрдотельной модели, у которой различают внутреннюю и внешнюю поверхности (стороны). Появление дополнительных факторов отражается на том, что в процессе компьютерного моделирования необходимо обеспечивать такие свойства реального тела, как замкнутость, ограниченность в пространстве и невырожденность его поверхностей. Физический эксперимент и механическая обработка как его разновидность убеждают учащегося в том, что доступ к внутреннему пространству детали, "заполненному" материалом, возможен только при условии нарушения целостности границы, то есть поверхности тела. Второе свойство подтверждается наличием сферы конечного радиуса, которая может быть описана около любого, сколь угодно большого реально существующего предмета. Наконец, третье свойство связано с существованием пределов для изменения линейных размеров тела. Оно обусловлено невозможностью получения деталей с толщиной, которая меньше габаритного диаметра атомов материала, то есть исключает коллизии, проявляющиеся в соприкосновении ("слипание") внутренней и внешней сторон.

Сравнивая каркасную (edge model), поверхностную (surface model) и твёрдотельную, или просто объёмную, (solid model) электронные модели, можно выделить такие общие элементы, как ребро и вершина, в которой соединяются отдельные рёбра. Информационная модель тела, представленная в каркасном виде без учёта конструктивных и технологических атрибутов, является наиболее простой и компактной.

Дидактическое совершенство учебной модели определяется её воздействием на мыследеятельность обучаемого посредством инициализации механизма образно-

геометрических ассоциаций. Эффективность импринтинга в данном случае зависит, в первую очередь, от апперцептивного опыта обучаемого, который можно оценить размером поля креативности. Рассматривая целостно и системно генезис поля креативности, можно выделить следующие закономерности его формирования:

1) геометрическая форма на подсознательном уровне оценивается динамически, поскольку естественным побуждением для изучения (рассмотрения, разглядывания) является приближение и поворот предмета;

2) исследование сложной формы несёт в себе императив декомпозиции, что в диалектической противоположности реализуется в стратегию построения модели объединением элементов;

3) коллизии формы (пустоты, отверстия, разы, уступы и т.п.) естественным образом ассоциируются с удалёнными фрагментами материала, что указывает на технологическую природу формообразования;

4) обмен информацией на внешнем контуре ("студент – преподаватель", "студент – программа") предваряется мысленной реконструкцией, воображаемым изготовлением предмета с привлечением имеющегося жизненного и профессионального опыта;

5) сочетание приобретённого ранее опыта с ассоциативным представлением о новой стратегии приводит к возникновению нового знания о геометрической модели.

Другим важным фактором становится то, что модель, выбранная в качестве искомого результата проектирования, должна обладать такими свойствами, как контрастность признаков формы, выражающаяся в соединении легко опознаваемых геометрических фигур, и динамизм ассоциативного ряда, обусловленный межпредметными связями.

Рассмотрим начальные условия и результирующие характеристики графогеометрической подготовки в техническом университете на примере механических специальностей, в частности, связанных с проектированием и производством двигателей летательных аппаратов. Изучение современных методов проектирования и производства, составляющих суть CALS технологий и реализуемых в среде CAD/CAM/CAE про-

грамм, должно базироваться, по нашему мнению, на следующих концептуальных принципах.

1. Основу знаний составляет глубокое понимание физической природы процессов и их результатов, в частности, законов формообразования и свойств геометрической формы, являющейся обязательным атрибутом твёрдого тела.

2. В основе умений лежит уверенное владение электронными средствами моделирования в такой степени, чтобы на визуальном-тактильном уровне проектант мог, образно выражаясь, ощущать инструменты CAD/CAM программы как продолжение своих рук.

3. Навыки основываются на мышлении, оперирующем ассоциативными стереотипами, комбинация которых образует оптимальное, с позиций конкретной учебной задачи, проектное решение.

Поскольку навык отражает уровень приобретённых знаний и умений, то с его помощью можно оценить эффективность обучения решению таких теоретико-прикладных задач, как проектирование. В самом понятии навыка содержится компонент активного действия, готовность к которому формируется, закрепляется и проверяется упражнениями. Повторение целых операций и отдельных процедур, отработка алгоритма известной стратегии свидетельствуют о том, что в навыке присутствует элемент действия, доведённого до автоматизма, когда выбор осуществляется на интуитивно-подсознательном уровне. И.А. Зимняя приводит следующее мнение: "Правильно проводимое упражнение повторяет раз за разом не средство, используемое для решения данной двигательной задачи, а процесс решения этой задачи, от раза к разу изменяя и улучшая средства" [4].

Таким образом, процесс формирования навыка содержит компонент креативного мышления, когда приобретённый опыт и действительно понятая логика построения стратегии побуждают проектанта к экспериментированию, направленному на поиск нового алгоритма, новой технологии создания геометрической модели. Несмотря на очевидный риск, подсознательно, при любой

выявленной мотивации проектант стремится к получению лучшего конечного результата – проектного решения. В данном случае студент становится автором не просто хорошей конструкции или удачного процесса, обеспечивающего её получение, но и нового метода проектирования, даже если эта новизна сомнительна с точки зрения профессионала. Экспериментируя, учащийся (студент) приобретает средство, ценность которого больше, чем частный результат от его применения.

Отсюда следует вывод: графо-геометрическая подготовка специалистов по автоматизированному проектированию методологически должна быть построена на практическом освоении геометрических атрибутов формы, на умении манипулировать параметрами формы, обеспечивая нужные сочетания и, соответственно, свойства тела, на формировании чувства формы. Данные качества составляют суть профессиональной графо-геометрической компетенции, под которой здесь понимается практическое, операционное владение знаниями о геометрии изделия: "познать операционально – значит преобразовать, построить, переделать" [5].

Использование атрибутов геометрической фигуры свойственно человеку любого возраста, оно закладывается в раннем детстве и связано с генезисом математических знаний. Недостатки техники отображения пространственных фигур на плоскости, характерные для раннего детского возраста, послужили основанием для создания "интеллектуалистической" теории, согласно которой "ребёнок рисует то, что знает, а не то, что видит" [6]. Согласно этому утверждению, качество геометрической модели, её полнота, точность и совершенство образа должны были бы точно соответствовать знаниям о природе формы, накопленным человеком к текущему моменту. Однако при подобной постановке вопроса возникает противоречие: два субъекта с одинаковым жизненно-технологическим опытом могут получить всё-таки различные модели одного и того же оригинала, а с другой стороны, идентичность построенных ими моделей ничего не говорит в пользу равенства их жизненного опыта.

Наиболее важную роль в экспертной оценке компьютерной модели, визуально воспринимаемой как плоская картина на экране, играет, по нашему мнению, именно перцептивно-интуитивная идентификация формы. Критикуя "интеллектуалистическую теорию", Р. Арнхейм выводит закон дифференциации, в соответствии с которым "перцептивная особенность воспринимаемого объекта, пока она еще не дифференцирована, воспроизводится по возможности наипростейшим способом. Окружность – наиболее простая возможная форма, имеющаяся в распоряжении изобразительных средств" [6]. Действие данного закона, высказанного в отношении детей, можно экстраполировать на старший возраст, включая средний возраст студенчества.

В контексте метода, предложенного Ж. Пиаже, приобретение человеком навыков восприятия трёхмерной геометрической формы можно рассматривать как адаптацию. Изучая процесс формирования интеллекта, он выделяет ассимиляцию – "включение объектов в схемы поведения, которые сами являются не чем иным, как канвой действий, обладающих способностью активно воспроизводиться", и аккомодацию – обратное действие, которое оказывает на организм среда. В этой системе понятий адаптация определяется "как равновесие между ассимиляцией и аккомодацией, или, что, по существу, одно и то же, как равновесие во взаимодействиях субъектов и объектов" [7].

Опыт преподавания основ проекционного черчения в школах (лицеях) и на первом курсе технического университета свидетельствует о том, что демонстрация закономерностей, связанных с принадлежностью точки и линии (окружности) сфере, оказывает большое положительное влияние на восприятие любой поверхности вращения. Сотнося это с тем фактом, что теоретическое изучение соответствующего раздела начертательной геометрии начинается с более сложной для воображения поверхности вращения общего вида, следует признать, что для зарождающегося ассоциативно-образного мышления большое значение имеют задачи со сферой (шаром) в пространстве и окружностью на плоскости. Эволюционно-

гносеологический переход к плоскости и геометрии Евклида легко и естественно воспринимается учащимися в предположении, что радиус сферы увеличивается до величины, достаточной, чтобы считать рассматриваемый фрагмент сферы отсеком плоскости. Введение отрезка можно считать актом упорядочения, "зарегулирования" простейшей ассоциативной формы посредством введения метода измерения, выраженного в системе координат, и единицы измерения.

Геометрическая подготовка в общеобразовательной школе начинается с изучения фигур на плоскости, причём в самом начале внимание учащихся акцентируется на том, что многие геометрические фигуры (точка, отрезок, луч, угол, окружность, круг, треугольник и т. д.) уже знакомы им по урокам математики. Поэтому методологический аспект начального обучения геометрии с опорой на простейшие фигуры, заменяющие сложные или неизвестные, является очевидным. Проблема состоит в том, что графические навыки школьников не позволяют им отображать на плоскости (бумаге) те сложные формы, с которыми они успешно справляются на уровне зрительного восприятия в силу естественности этих форм.

Отсутствие третьего измерения в задачах планиметрии приводит к тому, что опознание формы, её "узнавание" основано на прямом воспоминании и не требует обращения к ассоциативным стереотипам. Более сложная проблема, встречаемая учащимися в целом ряде предметов (физика, химия и др.), обусловлена необходимостью решить обратную проекционную задачу: реконструировать форму по её графическому описанию. Оно может представлять собой 2D модель, аксонометрическую проекцию или коллаж - композицию чертежа и рисунка (фотографии). В любом случае результат – воображаемая форма предмета - получается более точным, если присутствуют следующие факторы:

- воображение учащегося развито достаточно хорошо, чтобы представить плоские фигуры чертежа в движении;

- в памяти учащегося хранятся достаточно примеров изготовления или функционирования деталей с аналогичной формой.

Таким образом, на начальном (довузовском, пропедевтическом) уровне графо-геометрической подготовки наличие в памяти обучающегося типа "помню, как делают" оказывается в смысле формирования ассоциативных стереотипов более значимым, чем знания типа "помню, как выглядит". Для методологии многоуровневой системы графических дисциплин здесь важно то, что эффективность учебного процесса можно повысить, если усилить межпредметные связи, согласовать учебные планы и рабочие программы геометрии, черчения, технологии и физики.

С другим важным фактором, по нашему мнению, связаны широчайшие учебно-методические возможности, которые предоставляются педагогу и учащемуся новыми программно-техническими средствами – CAD/CAM системами. Работая с графическим редактором в интерактивном режиме, "подсоединяясь" к программе и становясь элементом системы "проектант – программа – электронная модель", учащийся активно использует не только аппарат визуализации, но и сенсо-моторные реакции.

Рассматривая качество графо-геометрической подготовки с позиции оценки уровня развития интеллекта, можно опираться на вывод Ж. Пиаже: "Интеллект – это определённая форма равновесия, к которой тяготеют все структуры, образующиеся на базе восприятия, навыка и элементарных сенсо-моторных механизмов" [7]. Поскольку интеллект как основа социально реализующейся личности закладывается в раннем возрасте, то особое внимание необходимо уделять предметам, осваиваемым в сензитивный период. Повышение эффективности всего цикла обучения возможно посредством организации межпредметных связей, естественным образом сближающих отдельные предметы в аспекте их целей и задач. Дисциплиной, оказывающей интеграционное влияние на всю графо-геометрическую подготовку в общеобразовательной школе, может стать курс "Основы автоматизированного проектирования и производства изделий" на базе компьютерного геометрического моделирования. При изучении данной дисциплины наиболее гармонично первоначальные, естественно-бытовые представления учаще-

гося о форме и её отображении эволюционируют в систему знаний о свойствах геометрии предмета и закономерностях образования требуемой формы.

Для проектирования многоуровневой педагогической системы необходимо обеспечить сопряжение информационных образовательных подсистем. Такая задача может быть решена при выделении определённых параметров, оценивающих способность учащегося к оперированию ассоциативно-пространственными образами, которые реализуются через совокупность конструкторских и технологических представлений. Данное качество обучаемого может быть выражено количественно с помощью объёма конструкторских и технологических знаний. Кажущаяся исключённость геометрии устраняется тем обстоятельством, что в процессе обучения приобретаемые знания актуализируются через геометрические модели, которые документируются средствами 2D и 3D графики.

Представим, что типовые стратегии построения геометрических моделей усваиваются (накапливаются) в процессе обучения по закону, который описывается функцией $F(t)$, где F – интеграционная характеристика, отражающая совокупность компетентностных качеств; t – время обучения. Величину компетентностной характеристики будем интерпретировать как объём, ограниченный поверхностью, или, для контрольного среза, – площадь плоской фигуры, построенной в координатах "конструктивное качество – технологическое качество" (рис. 1). Каждая точка на плоскости отображает проектное решение, которое можно оценить в баллах некоторой экспертной шкалы. Область допустимых решений ограничена кривой, имеющей вид петли гистерезиса, и включает множество точек – вариантов сочетаний конструктивных образцов и технологических приемов их изготовления.

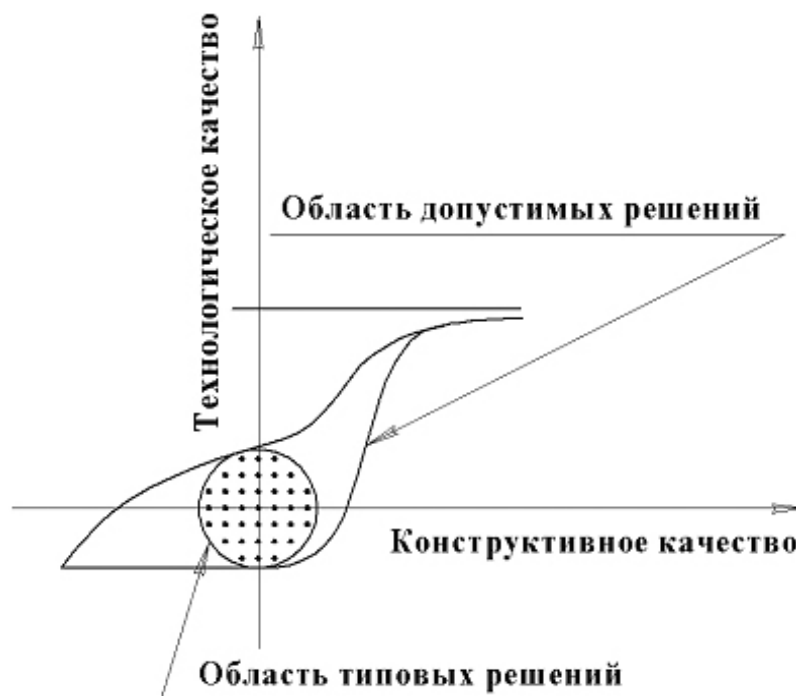


Рис. 1. Модель двумерной оценки учебного проектного решения

Область типовых решений объединяет знания и навыки, подлежащие изучению в соответствии с Государственными стандартами и рабочими программами. Её форма объясняется гносеологической анизотропией знаний.

Если начало координат поместить в точку наиболее распространённого решения, то анализ менее удачных вариантов может быть так же полезным, как и преферентивных.

Горизонтальная линия на рис. 1 отображает предельный высокий уровень технологических решений, достигнутый в настоящее время мировой наукой и техникой. Любые конструктивные улучшения объективно ограничиваются физическими свойствами применяемых материалов, что косвенно отражается на геометрической форме. Информация такого рода – необходимый компонент графо-геометрической подготовки в техническом вузе. Нижний горизонтальный отрезок контура отсекает заведомо неприемлемые по техническому совершенству технологии. График интеграционной компетентности построен для момента времени t_i , соответствующего завершению графо-геометрической подготовки. При этом на графике область типовых решений должна занимать возможно большую площадь, оставаясь внутри области решений допустимых.

На практике форма области типовых решений недетерминирована, но зависит от времени. Будем называть реализацией освоенный и воспроизводимый учащимся пример использования графо-геометрических знаний и навыков (готовая 2D/3D геометрическая модель, её фрагмент, в том числе и параметрический, или приём построения). Пусть в момент времени t_i багаж знаний учащегося содержит следующие множества:

$Cons\{x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni}\}$ – множество из n конструктивных реализаций графо-геометрической подготовки;

и $Tech\{x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi}\}$ – множество из m технологических реализаций графо-геометрической подготовки.

Введём множество $K\{x_i\}$, которое характеризует способность учащегося в текущий момент времени t_i применять графические знания и навыки. Поскольку $K\{x_i\}$ является интеграционной характеристикой, будем определять этот параметр как пересечение множеств:

$$K\{x_i\} = Cons\{x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni}\} \cap Tech\{x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi}\}.$$

Количественно параметр $K(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki})$ может быть вычислен как сочетание из k элементов множества по 2 элемента (один отражает конструкторский, а другой – технологический аспект) по известной формуле

$$C_k^2 = 0,5 \cdot k! / (k-1)!.$$

Принимая во внимание $K\{x_i\} = K(t)$, вычислим количество информации, являющейся результатом взаимодействия внешних и внутренних для учащегося информационных потоков, по формуле

$$F = \int_{t_1}^{t_2} K(t) dt,$$

где t_1 и t_2 – временные границы этапа обучения.

Пусть обучение на первом уровне (пропедевтика геометрического моделирования) заканчивается со значением $F_{1к}$, а на втором уровне (первый курс университета) педагогический процесс рассчитан на ожидаемый показатель учащегося $F_{2н}$. Тогда для наиболее эффективной работы двухуровневой системы желательно, чтобы в момент соединения уровней выполнялось соотношение

$$F_{1к} \geq F_{2н}.$$

Содержание множеств $Cons\{x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni}\}$ и $Tech\{x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi}\}$ подлежит конкретизации. Однако уже предварительный анализ показывает, что на стыке двух уровней графо-геометрической подготовки собственнo факт наличия определённых знаний и умений, устанавливаемый по системе тестов (для первокурсника, например, - это ЕГЭ), не отражает действительной предрасположенности учащегося к компьютерному моделированию. Данная область знаний требует, чтобы абитуриент обладал определённым складом мышления, которое можно сформировать при изучении основ автоматизированного конструирования и производства.

Специфические особенности автоматизированного проектирования обуславливают специальные требования к форме и содержанию учебного элемента, который представляет собой некоторую стратегию решения. 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. В этот период кроме знаний теории и стандартов не-

обходимо сформировать комплексное восприятие геометрической формы детали. Анализируя схему или чертёж, объёмную модель детали или электронную сборку, учащийся должен представлять функцию изделия и технологический метод изготовления. Таким образом, представление о геометрической форме увязывается в систему знаний о функциональном и технологическом генезисе формы.

Так, в частности, в заданиях на составление электронной документации на сборочную единицу могут быть использованы образцы реальных изделий. Чтение чертежа общего вида сборочной единицы, относящейся к такой сложной технике, как, например, авиакосмическая, дополняется мысленной реконструкцией схемы изделия, представлением о принципах его работы. Причём уже на этом этапе анализ конструктивных схем авиационных и ракетных двигателей свидетельствует о преобладании поверхностей вращения и поверхностей второго порядка. 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 зиговка, отбортовка кромок и закатка, выполняются на различном оборудовании, в том числе и на токарном станке.

Работая в среде CAD/CAM/CAE программы, студент должен учитывать как конструктивные, так и технологические свойства формы. На протяжении всего срока обучения в техническом университете информационная подсистема студента эволюционирует. Совершенствование профессиональных мыслительных функций является эффективным, если при проектировании учебной системы учитываются условия гармоничного соединения этапов и уровней обучения. Методологически это определяется правильным выбором задач и граничных условий. В качестве наиболее важных нами выделены следующие задачи и условия:

1) обучение средствам и методам геометрического моделирования на бумаге и в среде профессиональной CAD/CAM/CAE системы;

2) развитие образного графо-геометрического мышления на основе шаблонов конструктивных решений, используемых в курсах основ конструирования машин, конструкции двигателей летательных аппаратов, динамики и прочности;

3) развитие образного графо-геометрического мышления на основе типовых технологических приёмов, реализуемых через систему технологических понятий (базы, простановка размеров, качество поверхности и её нормирование заданием шероховатости, принципиальная возможность формообразования в технологических процессах литья, пластического деформирования и резания);

4) творческое осмысление полученных знаний и умений, из которого рождается системное конструкторское мировоззрение, основанное на глубоком понимании принципов формообразования в компьютерном моделировании и реальном процессе производства;

5) обеспечение энергетической подпитки информационной подсистемы для опережающего развития когнитивных компетенций и эвристических качеств мышления студентов в виде пропедевтического обучения в довузовский период и в виде научно-исследовательской работы в университете.

Логико-методической связью первой задачи со второй и третьей являются параметрические базы данных, которые должны стать частью единого информационного пространства (ЕИП) факультета. Их целесообразно наполнить моделями типовых и стандартных технологических изделий, например, элементов приспособлений для металлообрабатывающих станков. Использование графических данных потребует владения основами автоматизированного конструирования и умения синтезировать конструкцию, обеспечивающую целевую функцию.

Эволюционное развитие графических дисциплин в "обе стороны", то есть в сторону интеграции с выпускающими и специальными кафедрами и в сторону ранней начальной подготовки школьников, порождает специфические проблемы. Они связаны с созданием специального методического обеспечения, а также со всесторонней оценкой трудо-

ёмкости учебных заданий. Задача согласования трудоёмкости с возможностями данного уровня обучения является одной из наиболее сложных для педагога, который в основном работает с более подготовленными и взрослыми учащимися. Если условно выделить множества типовых задач, а, следовательно, множества типовых чертежей, моделей и схем, то теоретически можно оценить реальность инновационных курсов следующим образом.

Пусть T – множество типовых операций, подлежащих изучению в CAD/CAM программе; R – множество типовых задач, которые студентом освоены и самостоятельно выбираются в соответствии с локальной задачей; P – множество локальных задач текущего проекта. Тогда для реализации учебного проекта необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$T > R > P.$$

Знания и навыки, приобретаемые студентами в процессе графо-геометрической подготовки на младших курсах, объединены единой логикой эмпирического и эвристического поиска нового проектного решения. Показателем эффективности такой подготовки является способность студента самостоятельно решать творческие задачи с помощью электронных методов и средств так же эффективно, как и посредством традиционных. Формирование системного проектно-технологического мышления, позволяющего гармонично сочетать конструкторские и технологические аспекты проектирования, необходимо начинать на младших курсах при изучении геометрического моделирования и инженерной графики. Мощным благоприятствующим фактором в этой работе выступает пропедевтика в виде современного информационно-технологического курса в общеобразовательной школе. С другой стороны, учитывая непрерывный характер дополнения и углубления графо-геометрических знаний и навыков на всех технических кафедрах, следует считать обязательным условием непрерывность ("сквозность") этой подготовки.

Анализ результатов проведённых исследований позволяет сделать следующие выводы.

1. Выявленные дидактические свойства 3D модели свидетельствуют о важности технологического аспекта в развитии пространственного воображения.

2. Для формирования системного креативного мышления на основе ассоциативных геометрических образов необходимо применение пропедевтической подготовки в области автоматизированного проектирования и производства на основе, например, программно-станочного комплекса Roland Modela MDX-15.

Библиографический список

1. **Волков, А.М.** Основы структурно-функционального анализа операторской деятельности: Учебное пособие [текст] / А.М. Волков – М: МАИ, 1986.

2. **Нестеренко, В.М.** Проектирование учебно-технической среды профессионально-личностного саморазвития студентов технических вузов: Автореф. дисс. ... д.п.н. [текст] / В.М. Нестеренко – Тольятти, 2000.

3. **Иващенко, В.И.** Компьютерное моделирование и автоматизированное изготовление изделий. Методика преподавания CAD/CAM технологий: учебное пособие для учителей технологии старших классов школы и учреждений начального и среднего профессионального образования [текст] / В.И. Иващенко, А.Б. Бейлин, А.И. Фрадков – Самара: СНЦ РАН, 2005.

4. **Зимняя, И.А.** Педагогическая психология: Учебник для вузов. Изд. второе, доп., испр. и перераб. [текст] / И.А. Зимняя – М.: Логос, 2001.

5. **Мантанов, В.В.** Образ, знак, условность [текст] / В.В. Мантанов – М.: Высшая школа, 1980.

6. **Арнхейм, Р.** Искусство и визуальное восприятие [текст] / Р. Арнхейм, пер. с англ. В.Н. Самохина, общ. ред. В.П. Шестакова. – М.: Издательство "Прогресс", 1974.

7. **Пиаже, Ж.** Избранные психологические труды. Психология интеллекта. Генезис числа у ребенка. Логика и психология [текст] / Ж. Пиаже – М.: Просвещение, 1969.

Информация об авторе:

Иващенко Владимир Иванович; Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева, зав. кафедрой инженерной графики; к.т.н.; доцент; e-mail: ivashch@yandex.ru. Область научных интересов: педагогика профессионального образования, графо-геометрическая подготовка, геометрическое моделирование, автоматизированное проектирование и производство.