

МЕТОДОЛОГИЯ АДАПТИВНОЙ ГРАФО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРИ ОБУЧЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

© 2009 В. И. Иващенко

Самарский государственный аэрокосмический университет

Рассмотрены методологические вопросы проектирования учебной среды для многоуровневой системы графо-геометрической подготовки. Показано, что работа с электронными моделями является эффективным средством для формирования проектно-технологического мышления пользователей CAD/CAM программ. Исследованы необходимые условия для обеспечения адаптивной функции учебной среды. Предлагаемые подходы применяются на факультете «Двигатели летательных аппаратов» СГАУ.

Автоматизированное проектирование, педагогическая система, графо-геометрическая подготовка, CAD/CAM программа, геометрическая модель, проектно-технологическое мышление

В процессе обучения автоматизированному проектированию одним из наиболее важных моментов является освоение методов и средств документирования проектных решений. Необходимость коренной модернизации традиционной системы графо-геометрической подготовки и построения инновационных систем обусловлена следующими феноменологическими факторами:

1) современные технологии проектирования и производства используют в качестве информационной основы при описании изделия его электронную геометрическую модель изделия [1];

2) выпускающие кафедры технических университетов применяют в учебном процессе компьютерные программы для моделирования процессов изготовления и функционирования изделия. При этом технологии построения 3D модели – электронного аналога детали или устройства, а также 2D модели, используемой для документирования проектного решения, выходят за границы предметных областей для старших курсов;

3) геометрическая подготовка в современной общеобразовательной школе не ориентирована на то, что выпускник продолжит образование в высшем техническом учебном заведении.

Задача проведённого научного исследования была сформулирована следующим образом: необходимо создать методологию проектирования системы графо-геометрической подготовки специалистов по САПР с ориентацией на изделия авиационной и космической отраслей, а также с учётом противоречия между нестабильными компетент-

ностными показателями учащихся на входе и постоянным расширением информационного поля предметной области.

В графо-геометрической подготовке можно выделить конструкторско-технологическое ядро, обеспечивающее базовый уровень для работы с 2D и 3D моделями. Геометрические модели, запоминаемые в качестве образов, служат компонентами внутренней информационной подсистемы учащегося. В процессе обучения дуализм электронной модели проявляется в том, что она выступает в качестве не только результата учебного проектирования, но и средства для развития качеств проектанта, определяющих возможность получения проектного решения. В этом смысле важна предыстория пространственного мышления учащегося, которая может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на формирование новых представлений о геометрии изделий. Наиболее сильно данный феномен проявляется у студентов заочной формы обучения. Анализ ситуации позволил высказать предположение о влиянии апперцептивных факторов на мотивацию и рефлексивные установки учащихся.

Таким образом, педагогическая система для графо-геометрической подготовки должна содержать несколько уровней, причем на каждом уровне необходимо предусмотреть средства саморегулирования, обеспечивающие адаптацию компонентов системы «проектант – программа – электронная модель» на основе обратной связи. В процессе обучения должна происходить их автоматическая настройка, являющейся внеш-

ней по отношению к внутренней подсистеме представлений учащегося, и самоорганизация его собственной подсистемы. Взаимосвязь и синхронное трансформирование общего информационного пространства отражает действие закона единства учебной и обучающей деятельности [2].

В качестве феноменологического центра в проектируемой системе выступает электронная модель изделия. Её роль многогранна в том смысле, что раскрывается через сущности цели и средства. Если геометрическая модель рассматривается как результат учебной работы и форма проектного решения, то она демонстрирует динамическое свойство устойчивости, в котором проявляется самоорганизация образовательной системы.

С другой стороны, модель влияет на развитие такой психической функции, как пространственное воображение. Здесь преобладают переходные процессы, которые для сравнительно взрослого оптанта (по классификации Е.А. Климова [3]) обеспечивают в ускоренном режиме эволюцию предметно-ориентированного мышления от свёртывания динамических операций, направленных на реконструкцию геометрической формы, до погружения. Анализ гносеологических свойств модели и практический опыт по внедрению инновационных графических дисциплин показал, что взаимосвязь компонентов графо-геометрической подготовки соответствует общим закономерностям функционирования систем.

Рассмотрим начальные условия задачи о проектировании системы графо-геометрической подготовки и концептуальные подходы к её решению. Будем исходить из того, что инструментальное средство, независимо от его характера, обладает ограниченным диапазоном возможностей. При этом комбинация двух и более средств может дать не только положительный, но и отрицательный эффект, который усугубляется отсутствием соответствующей организации и элементов управления системой.

От современного специалиста требуется глубокое понимание связи геометрической формы изделия с особенностями технологического процесса формообразования и функциональными характеристиками. Уча-

щийся на стадии адепта [3] должен изучить все аспекты технического графического языка в современном его понимании. На этапе накопления начальных знаний и умений главными являются три компонента:

- знания о предметной области, отражающиеся в геометрических свойствах конкретного изделия;
- знания о правилах оформления документов и условиях, регламентированных стандартами;
- навыки применения современных средств и методов геометрического моделирования изделий, позволяющих создавать и редактировать плоские и объёмные модели в среде САД программы и далее использовать их в среде САМ и САЕ программ.

Дуализм электронной модели определяет специфику построения курсов графических дисциплин. Принципиально важным становится не механический перевод изображений с бумаги на экран, а осмысление новых методов работы с электронными аналогами реальных изделий. Для этого процесса требуются новые педагогические технологии, направленные на развитие новых аспектов восприятия формы. Результатом работы педагогической системы должен стать уровень проектно-технологического мышления, актуализирующийся в эффективных проектных решениях специалиста по САПР.

Эволюция сущности формы в процессе обучения определяет преемственность знаний и умений и может быть экстраполирована на завершающий период обучения в университете и на довузовский период. Таким образом, графо-геометрическая подготовка при обучении автоматизированному проектированию реализуется в многоуровневой системе. Хронологическое распределение задач, решение которых должно стать целью разрабатываемой педагогической системы, представлено в табл. 1.

В диапазоне известных стадий [3] нами предложена схема уровней развития пространственных представлений и связанных с ними ведущих дидактических задач. Анализ задач позволил установить, что специфика мыслительных операций, выполняемых с объектами геометрического информационного пространства, обусловлена следующи-

Таблица 1 - Хронология изучения задач геометрического моделирования

Стадии по Е.А. Климову	Уровень развития пространственных представлений	Характер задач, решаемых с целью развития пространственного мышления
Оптации	Конкретно - изобразительный (рисование)	Простое отображение
		Исследование свойств геометрических фигур
	Абстрактно - изобразительный (черчение)	Регламентированное отображение
		Исследование причинно-следственных связей в отображениях
	Предметно - реализуемый (технология)	Производственное отображение
		Моделирование изделия на плоскости и в виртуальном пространстве
Адепта	Теоретико - шаблонный (базовая подготовка)	Систематика отображений в предметной области
		Размерное и параметрическое моделирование
	Аналитико - прогностический (общетехническая подготовка)	Систематика конструкторско-технологических моделей
		Моделирование типовых изделий и процессов
	Креативный (специальная профессиональная подготовка)	Систематика проектно-технологического мышления
		Моделирование изделий и объектов для реального производства

ми особенностями электронного моделирования:

- CAD/CAM/CAE программы обеспечены развитым инструментарием для анализа формы;

- в процессе синтеза большое значение имеют перцептивные свойства проектанта, в частности уровень организации внутреннего информационного пространства;

- геометрические образы информационного пространства отражают одновременно функциональную, конструкторскую и технологическую сущности проектного решения;

- развитие мыслительных способностей и повышение эффективности операций с геометрическими моделями возможно посредством усиления технологической составляющей в графо-геометрической подготовке проектанта.

Принципиальная новизна подхода к построению многоуровневой педагогической среды отражена в концепции формирования подсистемы геометрических образов на технологической основе. Суть концепции состоит в связывании свойств геометрической формы с методом её изготовления. Педагогическая технология работы с подобными

образами реализуется в компьютерном объёмном моделировании изделий и процессов их изготовления на простых настольных станках с ЧПУ [4]. При этом понимание связи пространственной формы с её плоским отображением строится на технологических ассоциациях.

Адаптационная сущность такого приёма проявляется в расширении диапазона ассоциативных связей, формирование которых обусловлено личным опытом учащегося. В учебном процессе усилению адаптационного эффекта способствуют:

- использование метода аппликации при построении чертежа сборочной единицы из отдельных изображений составных частей этого изделия;

- подготовка подложек и технология создания окон в непрозрачных контурах;

- создание комплексов и дифференцированная работа с группами 2D и 3D моделей;

- варианты параметризации геометрических моделей;

- создание, редактирование и применение библиотеки геометрических моделей с предварительной параметризацией или без неё;

- использование сечений и пересечений БЭФ при построении сложной 3D модели детали;

- построение оригинальных БЭФ – инструментов высокой сложности, вычитание которых позволяет ускорить построение 3D модели детали.

Педагогическая система называется адаптивной, если в ней с целью достижения заданных параметров качества обучения обеспечивается необходимое соответствие сложности учебных задач и возможностей учащихся для их решения. В понятии «адаптивность» отражается необходимость выравнивания степени подготовленности обучаемых в переходные периоды. Переходные периоды характеризуются следующими изменениями в потребном уровне развития пространственных представлений (табл. 1):

- от конкретного к абстрактно-изобразительному – переход плавный;
- от абстрактно-изобразительного к предметно-реализуемому – переход резкий;
- от предметно-реализуемого к теоретико-шаблонному – переход резкий критический;
- от теоретико-шаблонного к аналитико-прогностическому – переход резкий;
- от аналитико-прогностического к креативному – переход плавный.

Поскольку в данном списке преобладают резкие переходы, многоуровневая система графо-геометрической подготовки специалистов по САПР не может не быть адаптивной. Содержание функции адаптивности не ограничивается созданием условий для быстрой адаптации учащихся. При многоуровневой подготовке процесс обучения растягивается на значительный временной период. Некоторые задачи, поставленные при проектировании педагогической системы, через несколько лет теряют актуальность и заменяются новыми, обусловленными потребностями более высоких уровней. Предусмотреть безошибочное распределение всего объема знаний и умений по возрастным этапам сразу не представляется возможным. Поэтому в самой системе должен присутствовать механизм автоматического регулирования. Согласно выдвинутой автором гипотезе, в графо-геометрической подготовке специалистов по САПР механизм автомати-

ческого регулирования может быть построен именно на основе технологического компонента предметной области.

Наиболее резко диссонанс внутреннего информационного пространства и внешней учебной среды проявляется на рубеже «школа – вуз». Стадия оптации завершается формированием предметно-реализуемых пространственных представлений. Учащиеся способны решать конкретные практические задачи, применять свои знания, но репродуктивно. Несмотря на кажущееся разнообразие приложений, творчество ограничено инструктивным характером действий. Учащийся приобрёл некоторый кругозор, диапазон задач широк, однако набор образов во внутреннем контуре сознания недостаточно организован. В данный момент отсутствуют необходимые иерархические связи, структурированность внутреннего информационного пространства.

В то же время освоение нового, университетского стиля учебной работы означает переход к теоретико-шаблонному уровню пространственных представлений. Начинается активное насыщение памяти стереотипами конструктивных и технологических решений, актуализирующихся в геометрических моделях. Формирующееся проектное мышление приобретает признаки системного, вследствие действия теоретического аппарата, который всегда является системой знаний. Значительная часть абитуриентов входят в стадию адепта, не обладая необходимыми личностными качествами: волей, мотивацией, объективным видением своих способностей.

Таким образом, можно выделить две стороны наблюдаемого противоречия. Во-первых, это противоречие «объективное», заключающееся в том, что школа вроде бы подготовила учащегося к продолжению образования, а он много не знает и не умеет. Во-вторых, проявляется «субъективное» противоречие, обусловленное неготовностью учащегося настроиться на стиль учебной работы в университете, принять правила и требования новой учебной среды. В результате указанных несоответствий замедляется процесс интериоризации, определяющий формирование и совершенствование внутреннего информационного пространства. По-

сколькo внутренние представления всё равно имеют деятельностное выражение [5], учащийся в данный период затрудняется принять решение, выбрать стратегию проектирования даже при наличии достаточного запаса типовых образов.

Известно, что «управлять формированием образов можно только через посредство действий» [5]. Развивая эту мысль, укажем на важность моделирования, проработки учащимся этапов анализа и синтеза формы в виде типовых приёмов. В рассматриваемый период обучения важно, чтобы решение задачи обязательно заканчивалось результатом – целостным образом изделия или процесса. Практические занятия необходимо проектировать по принципу достаточности имеющихся стереотипов с учётом варьирования их комбинаций. С другой стороны, процесс адаптации будет носить неустойчивый характер, если информационное пространство расширяется «на перспективу». Получение результата на внешнем для проектанта контуре усиливает яркость образов на внутреннем. При этом происходит активное запоминание и прошивка внутреннего информационного пространства логико-ассоциативными связями.

Правильность этой гипотезы подтверждается значительным увеличением скорости манипуляций (моторики), отражающей появление автоматических действий. Практика преподавания геометрического моделирования в старших классах лицея также свидетельствует о пользе нацеленности учащихся на конечный результат – проект, а не на приёмы оперирования с фигурами. Для обеспечения адаптации электронные модели в проектируемой системе графо-геометрической подготовки должны обладать такими свойствами, как:

- точность в смысле типажа фигур;
- трансформируемость, выражающаяся в обратимости 2D и 3D моделей;
- универсальность, заключающаяся в интеграции программных средств и реализации функций экспорта и импорта информации;
- наглядность (образность);
- доступность, простота чтения (восприимчивость);

– открытость, предполагающая отсутствие ограничений по редактированию;

– парциальность, т. е. кратность времени создания академическому часу.

Следующие этапы, требующие адаптивной реакции системы, связаны с переходом от абстрактно-изобразительного восприятия к предметно-реализуемому и от теоретико-шаблонного к аналитико-прогностическому. В последнее время в старших классах общеобразовательной школы такие предметы, как черчение и технология, подчас отсутствуют. Поэтому первый переход фактически соединяется с периодом поступления в университет, т. е. подчиняется закономерностям рассмотренного выше феномена.

Основная когнитивная проблема, вызывающая необходимость адаптации в период перехода от общетехнической подготовки к специальной профессиональной, раскрывается в следующем противоречии. Современные методы проектирования предполагают свободное владение параметрическими моделями и геометрическими базами данных. Внимание проектанта переключается на использование, применение электронных аналогов реальных изделий. При этом качество модели во многом определяет конечный результат проектирования изделия или процесса. Важность технологического компонента проявляется в том, что исследование процесса само по себе деятельностно. В мышлении наблюдается локальная личностная адаптация. Учащийся мысленно упрощает задачу настолько, чтобы имеющихся знаний хватило для преодоления неопределённости. Идеализация схемы, подсознательная забывчивость по отношению к тем исходным данным, которые непонятны и не соответствуют типовому представлению, составляют суть адаптации, играющей в данной ситуации роль самоорганизации внутренней информационной подсистемы учащегося.

Таким образом, свойства педагогической системы, обеспечивающие благоприятную учебную среду, дополняются настройкой внутреннего информационного пространства проектанта. Эта настройка состоит в том, что в условиях неопределённости пространственные представления преобразуются в эвристические проектные решения. Наличие инсайта и творческое осмысление со-

стояния информационного пространства составляют суть зарождающегося системного проектно-технологического мышления.

Постулируя наличие двух видов адаптации, будем использовать подход, предложенный Ж. Пиаже [6]. Если включение учащегося в работу среды признать «ассимиляцией», то действие среды, направленное на повышение эффективности ее воздействия на учащегося, следует называть «аккомодацией». В этом случае «равновесие между ассимиляцией и аккомодацией» составляет суть адаптации, непосредственно отражается на качестве проектного решения и проявляется (индицируется) в увеличении темпа работы.

Наличие успехов и возможность прогрессивной модификации системы позволяет задействовать специфический режим графо-геометрической подготовки. Он предполагает работу с одаренными учащимися, или «элитную подготовку». Если проектант может приобрести больше знаний и освоить более технологичные приемы моделирования, то проектируемая система должна обладать необходимой адаптацией и в этом направлении. Однако в начале стадии адепта насыщение информационного пространства геометрическими стереотипами происходит быстрее, чем формирование внутренней структуры логического и ассоциативного управления этими образами.

В связи с этим, опережение в освоении конструкторских и технологических стереотипов без должного осмысления их взаимодействия не способствует повышению качества проектных решений, а значит и графо-геометрической подготовки на данном этапе. Более продуктивным, по мнению автора, следует считать углублённое изучение методов применения уже известных проектанту геометрических образов, а также свойств, порождаемых разнообразными сочетаниями элементов. Проектное мышление необходимо формировать как систему типовых приемов с ассоциативно-интуитивным предугадыванием свойств и параметров ожидаемого результата. Компьютерное моделирование в этом смысле предоставляет разработчикам педагогической системы самые широкие

возможности для перехода от экстенсивному накопления знаний к интенсивному их применению.

Рассмотрим далее условия, необходимые и достаточные для реализации адаптации. Они зависят от ряда факторов, образующих организационное, методическое, техническое, программное и кадровое обеспечение учебной среды. Первым и основным признаком неготовности учащегося к усвоению учебного материала является нарушение расчётного графика проектирования. Особенность ситуации в том, что проектант может иметь достаточный (для выполнения данного задания) опыт работы в виртуальном пространстве моделей, ему известен интуитивный императив, но стратегия решения не рождается. Для оценки когнитивного процесса выделим два критерия: насыщенность внутренней информационной подсистемы и развитость психолого-организационной структуры для его использования. Возможные флуктуации в формировании системного проектно-технологического мышления должна и способна компенсировать педагогическая система с адаптивными свойствами. Схема реагирования системы на когнитивную ситуацию показана на рис. 1.

Уровень насыщенности внутренней информационной подсистемы, как и степень развитости психолого-организационной структуры, может принимать два значения: низкий и высокий. Поэтому возможны четыре варианта (случая) сочетания этих критериев:

- 1) высокая насыщенность информационного пространства и высокий уровень развития психолого-организационной структуры;
- 2) низкая насыщенность информационного пространства и высокий уровень развития психолого-организационной структуры;
- 3) высокая насыщенность информационного пространства и низкий уровень развития психолого-организационной структуры;
- 4) слабая насыщенность информационного пространства и низкий уровень развития психолого-организационной структуры.

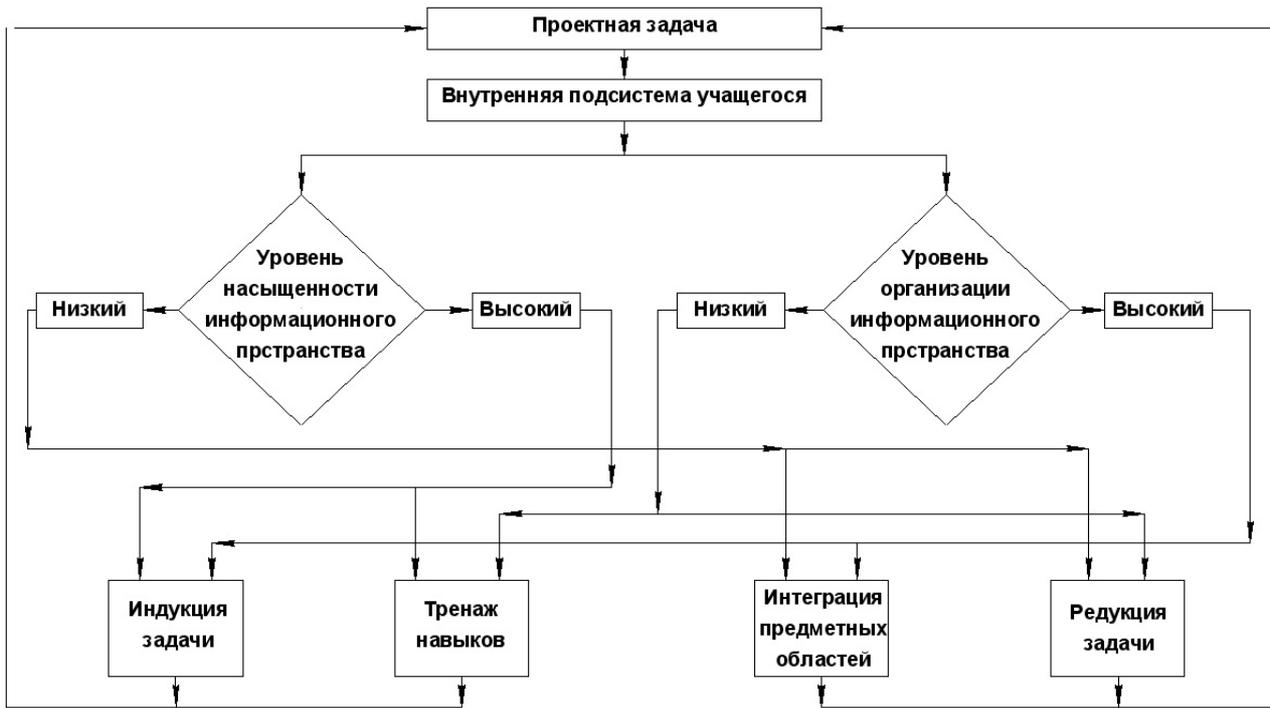


Рис. 1. Реакция педагогической системы на когнитивные характеристики проектанта

Первый случай характеризуется высоким уровнем самоорганизации учащегося. Его внутренняя информационная система находится под действием положительной обратной связи, которая обусловлена стабильной мотивацией и обеспечивает автоколебательный характер воспроизведения стратегий. Однако необходимость проявления системой своих адаптивных функций вызывает сомнения вследствие того, что для этого потребуется анализ состояния подготовки всех учащихся, занимающихся в штатном режиме.

Если учащийся запомнил достаточное количество геометрических образов и одновременно освоил технологические приемы манипулирования этими образами (декомпозиция при анализе, регенерация элементов, вариативный синтез и др.), то проблема адаптации относится не к учащемуся, а к педагогической системе. Проектант является камертоном, задающим потребный уровень подготовки, на который должна настроиться система после своей модификации.

Второе сочетание отличается тем, что информационное пространство нуждается в наполнении, но учащийся обладает начальными навыками пространственного мышления и своей инициативностью демонстрирует наличие креативного склада характера.

Адаптивная функция системы должна проявиться в предоставлении учащемуся условий для расширения своего технико-технологического кругозора. Используя интеграцию программных сред, проектировщик педагогической системы как бы поднимает точку обзора, обеспечивая более широкий взгляд на предметную область.

В третьей ситуации наблюдается удовлетворительная геометрическая эрудированность, достаточный высокий уровень пространственных представлений, но отсутствие навыков манипулирования, т. е. выполнения мысленных операций с геометрическими образами. Адаптивная функция системы обеспечивает мониторинг подготовки такого учащегося с введением специально разработанных, корректирующих заданий, связанных с контролем знаний. Важную роль здесь играет формирование мотивации к самостоятельной работе, экспериментированию и формированию зачатков креативного мышления.

Четвёртое сочетание критериев сигнализирует о серьёзных проблемах в педагогической системе, обуславливающих невозможность решать учебные задачи в штатном режиме. В этом случае малый объём внутреннего информационного пространства учащегося не позволяет решать даже инст-

руктивные задачи на репродуктивном уровне. Отсутствие навыков пространственного осмысления условия задачи не может быть компенсировано только коррекцией мотивации и индивидуальным подходом. Адаптивная функция педагогической системы будет проявляться в том, что произойдет отступление на предыдущий этап подготовки, на котором активное использование технологических аспектов в изучении геометрических стереотипов послужит катализатором для ускоренного развития пространственных представлений.

В многоуровневой системе графо-геометрической подготовки адаптационная функция является обязательным атрибутом. Для доказательства этого достаточно сопоставить уровни развития мышления учащихся на разных этапах и длительность этих этапов. На развитие личности, в целом, и пространственного воображения, в частности, оказывает влияние целый комплекс факторов, значительная часть которых находится вне учебной среды.

Адаптация необходима там и в той степени, где и насколько внутренняя информационная подсистема учащегося и организация его мышления не соответствуют уровню решаемых проектных задач. Необходимость обеспечения устойчивости системы графо-геометрической подготовки обуславливает использование при её построении принципов самоорганизации.

Библиографический список

1. Хокс, Б. Автоматизированное проектирование и производство / Б. Хокс / Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 296 с.
2. Архангельский, С.И. Учебный процесс в высшей школе, его закономерные основы и методы: учеб. - метод. пособие / С.И.

Архангельский. – М.: Высш. школа, 1980. – 368 с.

3. Климов, Е.А. Введение в психологию труда: учеб. для вузов / Е.А. Климов. – М.: Культура и спорт, ЮНИТИ, 1998. – 350 с.

4. Иващенко, В.И. Компьютерное моделирование и автоматизированное изготовление изделий. Методика преподавания CAD/CAM – технологий / В.И. Иващенко, А.Б. Бейлин, А.И. Фрадков. – М.: Вентана-Граф, 2006. – 192 с.

5. Талызина, Н.Ф. Управление процессом усвоения знаний / Н.Ф. Талызина. – М.: Изд. Моск. ун-та, 1975. – 343 с.

6. Пиаже, Ж. Избранные психологические труды. Психология интеллекта. Генезис числа у ребенка. Логика и психология / Ж. Пиаже. – М.: Просвещение, 1969. – 659 с.

References

1. Hawkes B. The Cadcam Process. – Moscow: Mir, 1991. – 296 p.

2. Archangelski S.I. Study process in university, its appropriate bases and methods. – Moscow: Vyssh. shkola, 1980. – 368 p.

3. Klimov, E.A. Introduction to psychology of the labour: – Moscow: Culture and sport, YUNITI, 1998. – 350 p.

4. Ivaschenko, V.I. Computer modeling and automated manufacturing. Methods of the CAD/CAM – technology teaching / V.I. Ivaschenko, A.B. Beylin, A.I. Fradkov. – Moscow: Ventana-Graf, 2006. – 192 p.

5. Talyzina N.F. Management process assimilations of the knowledges. – Moscow: Mosk. State University Publ., 1975. – 343 p.

6. Piaget J. Selected psychological works. Psychology of the intellect. Number genesis of the infants. Logic and psychology. – Moscow: Prosveshchenie, 1969. – 659 p.

METHODOLOGY OF THE ADAPTIVE GRAPHIC AND GEOMETRIC TRAINING FOR THE COMPUTER AIDED DESIGN TEACHING

© 2009 V. I. Ivashchenko

Samara State Aerospace University

The methodological problems of the study environment design for the many-level graphic and geometric training system are considered. Presented that work with electronic model is an effective means for forming of the design-technological thinking of the CAD/CAM programs users. The necessary conditions for adaptive function ensuring of

the study environment are explored. The proposed approaches are used at «Aircraft engines» faculty of Samara state aerospace university (SSAU).

The Computer aided design, pedagogical system, graphic and geometric training, CAD/CAM program, geometric model, design-technological thinking

Информация об авторе

Ивашченко Владимир Иванович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой инженерной графики Самарского государственного аэрокосмического университета. E-mail: ivashch@yandex.ru. Область научных интересов: графо-геометрическая подготовка, геометрическое моделирование, автоматизированное проектирование и производство, педагогика профессионального образования.

Ivashchenko Vladimir Ivanovich, Candidate of science, senior lecturer, head of engineer drawing sub-faculty of Samara State Aerospace University. E-mail: ivashch@yandex.ru. Area of research: drawing and geometric training, geometry modeling, CAD/CAM technologies, CAD professional education pedagogy.