

УДК 681.3:658.011, 681.3.082.5

## **КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА СТУДЕНТА ПРИ ОБУЧЕНИИ ОСНОВАМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

© 2009 В. И. Иващенко, Л. В. Соловацкая

Самарский государственный аэрокосмический университет

Рассмотрены концептуальные вопросы, связанные с построением автоматизированного рабочего места студента, выполняющего задания на кафедре инженерной графики. Показано, что эффективность графо-геометрической подготовки можно повысить с помощью технологического сопровождения в форме автоматизированного моделирования и изготовления изделий на настольных станках с ЧПУ. Результаты исследования предназначены для применения на факультете «Двигатели летательных аппаратов» СГАУ.

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

Развитие средств автоматизированного проектирования приводит к необходимости пересмотра подходов к графо-геометрической подготовке, которая обеспечивает специалиста универсальным языком для передачи геометрической информации во всех технических науках и на производстве. На факультете двигателей летательных аппаратов СГАУ разработана и успешно внедрена инновационная многоуровневая система обучения геометрическому моделированию и компьютерной инженерной графике. Её особенностью является сквозная компьютеризация процесса документирования проектных решений на всех этапах обучения. Создание системы базируется на концепциях, учитывающих дидактические особенности работы учащихся с электронными моделями изделий. В концепции Л.А. Чемпинского [1] предусматривается активное использование 3D (объёмного) компьютерного моделирования в довузовской подготовке и на младших курсах, а также развитие библиотек параметрических геометрических моделей, используемых в курсовых работах студентов старших курсов. Концепция В.И. Иващенко основывается на гипотезе о возможности развития внутреннего информационного пространства учащегося с помощью технологической пропедевтики [2], которая обеспечивает повышение эффективности графической и геометрической подготовки в современных условиях.

В последнее время для высшего образования характерно сокращение количества часов аудиторных занятий, перенос акцентов на самостоятельную работу студентов и вне-

дрение новых методов обучения на основе электронных средств. Поэтому актуальной и важной становится задача организации рабочего места студента таким образом, чтобы обеспечить учащемуся максимальную доступность основной и вспомогательной информации для изучения предметной области и выполнения конкретного задания. Реализация инновационных программ обучения связана с построением единого информационного пространства в пределах учебного подразделения университета, например, факультета. Использование методик «сквозного» проектирования предполагает доступ студента к разнообразной учебной информации в электронной форме с рабочего места там, где он находится в данный момент.

Покажем, что при решении вопросов, связанных с созданием универсальной системы баз данных для всех кафедр факультета, важную роль играет методология проектирования, принятая на кафедре инженерной графики. Несмотря на то, что графо-геометрическая подготовка осуществляется на младших курсах, она оказывает существенное влияние на эффективность освоения всех общеинженерных и специальных дисциплин в силу универсальности средства передачи информации. В процессе дипломного проектирования у студента возникает ситуация, когда проектное решение, полученное в предметной области выпускающей кафедры, необходимо отобразить в форме, составляющей предмет изучения в инженерной графике или геометрическом моделировании. Проблема заключается в том, что справочная учебно-методическая среда, постро-

енная с позиций потребностей дипломника, обладает ограниченностью, обусловленной отсутствием системного взгляда на предметную область, которая охватывает методы отображения геометрических моделей и стандарты ЕСКД.

Если уровни учебной информации условно разделить на «верхний» и «нижний», то для организации поиска «сверху вниз» потребуются двойная систематизация: сначала в специальной предметной области, затем – в области инженерной графики. Отсюда следует, что построение информационно-справочной среды «от конечного потребителя» не позволит обеспечить необходимую универсальность данных. Эти задачи должны решать специалисты кафедры инженерной графики. Построение информационно-справочной среды должно выполняться «снизу-вверх», посредством структурирования информации на каждом этапе обучения и установления межуровневой связей.

Рассмотрим структуру и содержание электронных баз данных для автоматизированного рабочего места студента, выполняющего задание на кафедре инженерной графики, например, чертёж зубчатого колеса. После выбора графической работы в Базе данных 1 и индивидуального варианта в Базе 2 студент выбирает вид и типоразмер проектируемого изделия в Базе 3. Все указанные базы (библиотеки) необходимо наполнять электронными чертежами и объёмными моделями в параметрической форме. Санкционирование доступа не позволит студенту младшего курса воспользоваться излишней автоматизацией и упустить главное – содержательную часть геометрической модели. С учётом конкретных размеров производится анализ конструктивных и технологических элементов детали, после чего визуализируются примеры их реализации, хранящиеся в Базе 4. Далее выделяются и анализируются отдельные элементы. При необходимости типовые конструктивные элементы студенты могут просмотреть в Базах 4.1 «Типовые конструктивные элементы» и 4.2 «Типовые технологические элементы» колеса зубчатого.

После уточнения геометрической формы детали производится выбор количества и характера изображений (База данных 5). Ти-

повые и рациональные изображения выводятся на экран из Базы данных 6. Нормативно-справочную информацию – положения стандартов ЕСКД студенты могут извлечь из Базы данных 6.1. Простановку размеров выполняют после просмотра Базы данных 6.2 с учётом технологического метода получения заготовки (раздел 6.2.1), последующей механической обработки (раздел 6.2.2) и типовых размерных цепей (раздел 6.2.3). Обозначение шероховатости, составление технических требований и вставку других текстовых сведений выполняют с привлечением соответствующих Баз данных (6.3, 6.4 и т.д.). В отдельной базе должны содержаться видеоматериалы, поясняющие суть технологических приёмов изготовления, показывающие режущий инструмент, приспособления (оснастку) и схему обработки. Кроме режима, в котором работает студент, в системе предполагается режим «добавить/редактировать элемент (деталь, узел и т.п.)». Этот режим должен быть доступен только преподавателям или администратору.

Электронные информационные базы (библиотеки) связываются единой программой – оболочкой, которая будет разрабатываться с учётом специфики заданий кафедры инженерной графики и технического кругозора студентов, обучающихся на младших курсах университета. Однако развитие описанных баз представляет интерес для всех технических кафедр и студентов – старшекурсников, так как позволяет полностью использовать параметризацию и конфигурировать автоматизированное рабочее место студента для решения конкретных задач в узкой предметной области. Предлагаемая концепция построения учебной среды не исключает традиционные формы учебной работы с лекциями и методическими указаниями, которые могут быть выведены на экран в виде электронных дидактических средств. Система должна помочь студенту самостоятельно освоить те темы, которые он не понял или по каким-то причинам пропустил.

Как показывает опыт работы с первокурсниками, успешно осваивают электронное геометрическое моделирование и компьютерную инженерную графику студенты, которые в довузовский период изучали технологию, черчение и компьютерное 3D мо-

делирование. Однако наиболее эффективным средством для развития технической эрудиции и образного мышления является изучение методов и средств автоматизированного изготовления детали на станке с ЧПУ по предварительно сформированной объёмной модели этой детали. Для экономии учебного времени процесс обработки материала может быть визуализирован в форме анимации.

Возможность изучения основ CAD/CAM технологий и практической реализации в материале детали, для которой предварительно построена 3D модель, появилась в связи с широким распространением настольных станков с ЧПУ, подключаемых к персональному компьютеру. В качестве примера можно указать фрезерные станки Opti BF20 Vario и Roland Modela MDX-15. Положительным фактором является простота программ, их доступность для понимания учащимися старших классов общеобразовательной школы и младших курсов университета.

Рассмотрим возможности применения технологических аспектов в организации автоматизированного рабочего места студентов младших курсов. Знакомство с металлорежущим оборудованием и инструментами обогащает кругозор учащихся в отношении многообразия геометрических форм. Изложение теории пространственного перемещения инструмента отличается дидактической особенностью. Рассматриваемое оборудование имеет комбинированное числовое программное управление, совмещающее свойства позиционного и контурного. В психолого-дидактическом аспекте рассмотренные факторы, связанные с сугубо материальной, овеществленной деятельностью, начинают оказывать воздействие на подсознание учащегося. Суть этого влияния состоит в том, что феноменальное поле, которое должен анализировать и удерживать в памяти школьник, является многоплановым пространством. В нем происходит реальное движение элементов станка и виртуальное, воображаемое движение математических линий и поверхностей. Несмотря на очевидную сложность специальных профессиональных знаний, сопоставление движений на феноменальном поле позволяет учащемуся понять основную мысль, принцип электронного мо-

делирования. Другим достоинством рассматриваемой концепции является наличие межпредметных связей, закрепление знаний, которые уже были получены ранее при изучении других предметов, но в курсе основ САПР проявились в новом виде.

В качестве графической основы при создании объёмного рельефа используется совокупность контуров, для которых задаётся характер изменения в направлении высоты. Создание объёмной модели детали начинают с базового элемента. Его получают «выдавливанием» контура основания. При этом задают начальный уровень и высоту подъёма или глубину спуска, если базовый элемент – впадина. Следующий элемент «приклеивают выдавливанием» к базовому или «вырезают выдавливанием» из базового. Результат операции становится базой для продолжения работы. В программе 3D Engrave для станка Modela MDX-15 действие «приклеить» выполняется как формирование выпуклого рельефа, а действие «вырезать» – вогнутого. Однако программа воспринимает и полутоновые импортированные изображения, например, рисунок, относящиеся к книжно-журнальным иллюстрациям. Как цветные, так и чёрно-белые изображения отличаются большим разнообразием в том, что касается цветовой гаммы, контрастности, наличия мелких деталей, толщины линий и штрихов и т. п. Поэтому анализ рисунка и предположительная оценка внешнего вида рельефа, подготовленной для изготовления в программно-станочном комплексе Roland, является эффективным дидактическим приёмом.

Наблюдая движение фрезы в окне программы Virtual Modela, учащиеся проводят исследование скорости формообразования, которая зависит от типа интерполяции. Развитию образного мышления способствует решение задач, включающих сопоставление диаметра фрезы, длины траектории, периметра и площади обрабатываемого контура и времени обработки. В частности, по-разному обрабатывается прямоугольная канавка и круглая, которую теоретически можно получить сворачиванием отрезка прямой (прямоугольника) в кольцо. Важно отметить, что геометрический кругозор, т. е. база накопленных образов, типовых технологических

приёмов и примеров конструктивных решений рассматривается системно. Поэтому приобретаемые знания и навыки имеют признаки системы, а пространственное воображение несёт черты технологического системного мышления.

На текущем этапе учащиеся уже способны качественно оценить влияние отдельных факторов и настроек на продолжительность обработки. В ходе работы внимание обращается на то, что материал заготовки удаляется не только над рельефом, но и вокруг него. Около рельефа образуется полоса, на фрезерование которой затрачивается время. Учебно-методическая задача заключается в том, чтобы путём экспериментального моделирования определить характеристики модели и процесса фрезерования, которые способствуют сокращению времени изготовления детали. Мотивация изучения курса значительно повышается, если учащиеся успевают не только провести моделирование на компьютере, но и получить готовую деталь. Для того чтобы изготовление стало реальным, следует стремиться к следующему:

- форма рельефа – цилиндрическая без скругления;
- в многоугольниках преобладают стороны, расположенные горизонтально или вертикально;
- приняты минимально допустимые размеры чертежа и высота рельефа;
- размеры области обработки равны габаритным размерам детали;
- для заготовки используется сравнительно мягкий материал (имеются исключения);
- установлена фреза с возможно большим диаметром (при этом по шероховатости поверхность становится более грубой);
- установлен режим грубой (предварительной) обработки.

Для сборочной единицы большое значение имеет качество исполнения размеров поверхностей, которые образуют гладкое цилиндрическое соединение. Возможности изучаемого программно-станочного комплекса характерны для изделий художественного назначения и не позволяют обеспечить точность, принятую для размерной обработки деталей на машиностроительном предприятии. Однако создание изделий по

размерам, заданным на чертеже, вполне возможно, в том числе и деталей, образующих сборочную единицу. Например, при двухсторонней обработке точное позиционирование на втором установе обеспечивается применением простейшего приспособления с центрирующим пальцем (штифтом). Решение такой дополнительной задачи расширяет кругозор учащихся и дополняет пространство геометрических образов изделий фигурами, образующими технологическую инфраструктуру.

Важным вопросом является демонстрация вариативности методов формообразования. При изготовлении полых деталей (типа «медальон») круглое углубление создавалось в процессе фрезерования (глубокого гравирования). В то же время известно, что тела вращения логичнее и удобнее обрабатывать на токарном станке. Однако для художественных работ важнее разнообразие получаемых поверхностей, а не производительность. Например, полость медальона может иметь не круглую, а произвольную криволинейную форму, пригодную для размещения миниатюрного фонарика, музыкальной шкатулки или радиоприёмника. Рассматривая проект в более широком плане, педагог в решении конструкторских и технологических задач может перенести внимание на вопросы, касающиеся эстетики и межпредметных связей.

Расширение представлений учащихся о возможностях автоматизированного проектирования происходит в процессе знакомства с основами интеграции программных продуктов на примере работы с программой MODEL A Player. В этот редактор импортируется объёмная модель, созданная в САД «КОМПАС 3D» и записанная в файл типа stl. Пропедевтический курс завершается знакомством с технологией «чтения» геометрической формы. Для этого используется специальный шпиндель, оснащённый сенсорным щупом. Получив электронную модель существующей детали-прототипа, учащиеся загружают информацию из файла типа рix в редактор 3D Engrave и производят модернизацию рельефа.

Таким образом, возможность адаптации сложного высокотехнологического методического аппарата к широкому спектру

возможностей учащихся, по нашему мнению, следует рассматривать как обязательное условие организации предварительной графо-геометрической подготовки. В этом смысле методика изучения CAD/CAM технологий на базе программно-станочного комплекса даёт возможность оптантам с разным стартовым уровнем пройти путь от замысла до окончательного изготовления готовой детали. Совокупность свойств педагогической системы, определяющих её пригодность для обучения проектантов с большим разбросом начальных показателей, а также свойств, определяющих возможности саморегулирования системы, составляют суть адаптивной функции технологической учебной среды. Необходимость наличия адаптивной функции обосновывается тем, что с её помощью формируется комфортная образовательная среда для эффективного развития креативного пространственного мышления, необходимого для перехода от стадии оптанта к стадии адепта в области инженерной геометрии и графики.

В процессе обучения автоматизированному проектированию адаптивная функция учебной среды проявляется в возможности использовать интеграцию различных программ для более глубокого понимания особенностей геометрии проектируемой детали. Рассмотрим интеграционные задачи на примере работы с комплексом программ к станку Modela MDX-15.

В программе 3D Engrave чертёж и объёмную модель сохраняют в формате 3de. Чертёж или его фрагмент импортируют в программу 3D Engrave из bmp-файла, а объёмную модель, полученную сканированием детали - прототипа, – из файла типа pix. В последнем случае считывается горизонтальная проекция объёмной модели (плоское изображение), но с информацией о высоте рельефа. Рисунок с записью в формате \*.bmp создают в любом графическом редакторе, например, Microsoft Paint, Adobe Photoshop и др.

Объёмные модели из редактора 3D Engrave могут быть экспортированы с помощью следующих форматов: в программу технологической подготовки изготовления MODELA Player – stl и dxf; в программу AutoCAD – dxf. Из программы сканирования

Dr.PICZA модель экспортируется посредством записи в форматы: в программу 3D Engrave – \*.pix, в AutoCAD – \*.dxf, в ADEM – \*.stl. Объёмная модель, предназначенная для проектирования процесса обработки и изготовления детали на станке, импортируется в программу MODELA Player с записью в следующих форматах: из 3D Engrave – dxf или stl, AutoCAD, КОМПАС-3D и ADEM – stl. Несмотря на широкие возможности привлечения любых доступных программ, в кратком варианте курса можно ограничиться моделированием процесса фрезерования, без реального изготовления детали в материале.

Программа Virtual MODELA для визуализации движения инструмента запускается индивидуально или из среды программ 3D Engrave, Dr.PICZA и MODELA Player. Если условия учебного процесса позволяют реализовать проект полностью, то любой из указанных продуктов предоставляет возможность управления станком.

Дополнение базового курса, построенного на программах Roland, элементами объёмного моделирования в профессиональных CAD/CAM системах позволяет повысить качество учебного процесса за счёт следующих факторов.

1. Профессиональный CAD редактор и станок MODELA MDX-15 объединяются в конструкторско-технологическую систему. Вследствие этого учащиеся смогут изучать автоматизированное изготовление сложных поверхностей на сравнительно простом и доступном оборудовании.

2. Арсенал средств объёмного моделирования в профессиональном CAD редакторе обогащается за счёт моделей – прототипов, полученных сканированием деталей с натуры.

3. Объёмная модель, сформированная в профессиональной CAD/CAM системе, может служить прототипом для создания изделия с помощью программно-станочного комплекса Roland.

Рассмотрим варианты автоматизированного проектирования изделий и процессов их изготовления на станке MODELA MDX-15, демонстрирующие возможности редактирования моделей в разных программах. По первому (основному) варианту в среде 3D Engrave выполняется чертёж дета-

ли. Его основой служит круг, на котором расположен рисунок, импортированный через формат bmp из коллекции (галереи) текстового редактора. Далее создается объёмная модель–рельеф и формируется пространственная траектория фрезы. После выбора материала заготовки и установки параметров режима резания данные отправляются на станок или в программу виртуальной обработки Virtual MODELA.

Второй вариант предполагает, что объёмная модель, созданная в программе 3D Engrave, записывается в экспортном формате dxf или stl. Затем она загружается в программу MODELA Player. После редактирования параметров процесса обработки запускаются механизмы станка или визуализируется виртуальная обработка. При выборе типа записи следует учитывать не только интеграцию программ, но и размеры получаемого файла. Например, размер dxf-файла с записью модели рельефа приблизительно в 4 раза меньше, чем stl-файла. На экране увеличение количества информации и, следовательно, занимаемого на диске пространства отображается более густой каркасной сеткой. Излишне большое количество линий каркаса затрудняет визуальный анализ поверхности. Например, если stl-модель рассматривать в таком же масштабе, как и dxf-модель, то контуры первого изображения сливаются. Кроме того, бóльшая информация дольше обрабатывается, а это может стать главным аргументом против использования импорта и экспорта на коротких (1 академический час) занятиях.

Заключение о размере записи делается на основании сообщения программы 3D Engrave. Например, поверхность рельефа с диаметром в основании шарового сегмента 40 мм и общей высотой 6 мм при записи в формате dxf представляется как 40401 плоская фигура, а в формате stl – как 80802 фигуры. Характерно, что размер файла не пропорционален степени аппроксимации поверхности. Сравнение изображений готовых деталей не выявило заметных преимуществ stl-формата. Поэтому в учебной практике следует отдавать предпочтение более компактной записи или руководствоваться результатами пробной обработки.

По третьему варианту объёмная модель из файла типа dxf загружается в программу AutoCAD. Здесь модель редактируется и используется в соответствии с учебно-методическими задачами, которые решаются в среде данного программного продукта. В предлагаемом курсе, построенном на программах Roland, изучение систем AutoCAD, КОМПАС и ADEM не предусматривалось. Поэтому демонстрировалась только принципиальная возможность чтения модели из dxf-файла в среду программы AutoCAD 2002.

В соответствии с четвёртым вариантом объёмная модель детали формируется в результате сканирования детали – прототипа в программе сканирования Dr.PICZA. Далее рельеф переносят через файл типа pic в программу 3D Engrave и работают по первому варианту.

Следующий, пятый, вариант отличается от предыдущего тем, что в программе Dr.PICZA выбирается экспортный формат dxf или stl. Затем модель экспортируется в MODELA Player, и сценарий занятия продолжается по второму варианту. Интересен тот факт, что при записи в программе Dr.PICZA размер dxf-файла оказывается больше, чем у stl-файла.

По шестому варианту объёмная модель, сохранённая в программе Dr.PICZA в формате dxf, читается в среде AutoCAD. Модель той же детали из stl-файла копируется в среду ADEM. После этого можно решать учебно-методические задачи, касающиеся редактирования моделей и сравнения функциональных возможностей программ.

Седьмой вариант начинается с построения объёмной модели детали средствами профессионального CAD редактора: КОМПАС-3D, ADEM, AutoCAD. Подготовленная к экспорту модель записывается в файл типа \*.stl. Учебная практика показала, что это наиболее надёжный формат, с помощью которого геометрические модели из профессиональных программ можно передавать в программные продукты Roland. Далее модель считывают в программу MODELA Player и, выполнив необходимые настройки, производят механическую обработку заготовки.

Завершает перечень вариантов восьмой, имеющий, более теоретическое и поэтому важное для методологии значение. Средства создания и редактирования объёмных моделей программы 3D Engrave значительно проще, чем в профессиональных CAD/CAM – системах. Поэтому трудно представить себе производственную задачу, когда 3D модель, сформированную в CAD-редакторе, нужно было бы поправлять инструментами 3D Engrave. Задача о передаче данных, например, из AutoCAD в 3D Engrave или о замыкании потока информации (AutoCAD - 3D Engrave - AutoCAD) интересна в философско-идеологическом плане. С этой целью модель, подготовленная в редакторе КОМПАС-3D, ADEM или AutoCAD, сохраняется в формате stl. Далее она загружается в среду MODELA Player и здесь обрабатывается до получения управляющей программы для станка. После реального изготовления на станке MODELA MDX-15 готовая деталь сканируется с помощью программы Dr.PICZA. Полученная модель сохраняется в форматах dxf или stl. После этого объёмная модель может быть загружена в среду 3D Engrave, ADEM, или AutoCAD.

Таким образом, исследование развития пространственного воображения посредством активизации образной интуиции и ассоциативного мышления дало возможность разработать концепцию использования среды профессиональной или адаптированной CAD/CAM программы для развития проектно-технологического мышления в процессе графо-геометрической подготовки инженеров-механиков.

На основе концепции пропедевтического изучения технологии для формирования пространственного мышления учащегося разработана методика преподавания курса по основам CAD/CAM систем, в которой предлагается решить следующие учебные задачи:

– получить представление о современных технологиях проектирования и производства изделий;

– освоить методы решения простых конструкторских, технологических и художественных задач;

– отработать практически все этапы компьютерного объёмного моделирования, в том числе и получение готового изделия на станке с ЧПУ;

– сформировать основы системного проектного мышления учащихся.

Концепция организации рабочего места студента при обучении автоматизированному проектированию предусматривает широкое использование технологической информации при выполнении конструкторских документов. Положительный эффект от насыщения графо-геометрической подготовки технологическими элементами подтверждается тем, что выполнение лабораторных работ по компьютерному моделированию изготовления деталей в довузовский период приводит к повышению абсолютной успеваемости по графическим дисциплинам в начальный период обучения в вузе на 10...16%.

#### **Библиографический список**

1. Чемпинский, Л.А. Основы геометрического моделирования: Учеб. пособие. – Самара: СГАУ, 2005. – 190 с.

2. Иващенко, В.И. Компьютерное моделирование и автоматизированное изготовление изделий. Практикум по CAD/CAM – технологиям: учебное пособие для учащихся старших классов общеобразовательных школ и учреждений среднего профессионального образования / В.И. Иващенко, А.Б. Бейлин, А.И. Фрадков. – М.: Вентана-Граф, 2006. – 176 с.

#### **References**

1. Chempinskiy, L.A. Geometric modeling bases. – Samara: Samara State Aerospace University Publ., 2005. – 190 p.

2. Ivashchenko, V.I. Computer modeling and automated manufacturing. Practical work for CAD/CAM technologies / V.I. Ivaschenko, A.B. Beylin, A.I. Fradkov. – M.: Ventana-Graf, 2006. – 176 p.

## CONCEPTION OF THE STUDENT WORK PLACE ARRENGEMENT FOR THE COMPUTER AIDED DESIGN BASE TEACHING

© 2009 V. I. Ivashchenko, L. V. Solovatskaya

Samara State Aerospace University

Conceptual questions, connected with automated student work place arrangement, for the engineer drawing sub-faculty tasks are considered. It's shown that graphic and geometry training efficiency may be raised by means of technological providing with automated modeling and manufacturing by CNC desk tool. The investigation results are intended for using 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 авторах

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

**Соловацкая Людмила Владимировна**, аспирант, ассистент кафедры инженерной графики Самарского государственного аэрокосмического университета. E – mail: [solovackaya@mail.ru](mailto:solovackaya@mail.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](mailto:ivashch@yandex.ru). Area of research: drawing and geometric training, geometry modeling, CAD/CAM technologies, CAD professional education pedagogy.

**Solovackaya Ljudmila Vladimirovna**, post-graduate, assistant lecturer of engineer drawing sub-faculty of Samara State Aerospace University. E-mail: [solovackaya@mail.ru](mailto:solovackaya@mail.ru). Area of research: drawing and geometric training, geometry modeling, CAD/CAM technologies, CAD professional education pedagogy.