

ВАРИАТИВНОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОПЕДЕВТИКЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ГРАФИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ

© 2015 В.И.Иващенко

Самарский государственный аэрокосмический университет

Статья поступила в редакцию 10.12.2014

В статье обоснована необходимость производственной технологизации графических дисциплин в техническом университете. Рассмотрены возможности вариативного построения учебного процесса для обучения электронному геометрическому моделированию. Предложена технология технологической пропедевтики для общеобразовательных школ. Представлен пример вариативного изучения методов объёмного моделирования изделия.

Ключевые слова: геометро-графическая подготовка, профессионально-графические компетенции, геометрическое моделирование, CAD/CAM программы, технологическая пропедевтика.

Развитие средств и методов автоматизированного проектирования и производства изделий приводит к необходимости постоянного совершенствования системы геометро-графической подготовки в технических вузах. Основные недостатки применяемых методик состоят в том, что имеет место рассогласование между педагогической моделью современного инженера, принятой в том или ином университете, и социальным заказом предприятия, которое подчас не может чётко сформировать «репертуар навыков» молодого специалиста. Появился разрыв между необходимым стартовым уровнем компетенций в университете и знаниями выпускников общеобразовательных учебных заведений. Значительно сузился технический кругозор школьников, что отрицательно сказывается на освоении методов отображения поверхностей. Уровень пространственного воображения выпускников вуза не вполне соответствует потребностям пользователя, необходимым для работы в виртуальном пространстве CAD (Computer-Aided Design) и CAM (Computer-Aided Manufacturing) программ¹. При этом геометро-графическая подготовка на кафедре инженерной графики имеет слабую связь с графическими задачами, которые встречаются в специальных дисциплинах на выпускающих кафедрах.

Одним из средств повышения эффективности формирования профессионально-графических компетенций в вузе является производственная технологизация графических дисциплин. Содержание концепции производственной технологизации заключается в насыщении геометро-графических дидактических единиц технологическими компонентами, применении технологических аналогий, формировании технологических ассоциаций и интерпретации электронного геометрического моделирования с позиций реальной обработки материалов. Для успешного усвоения учебного материала первокурсниками необходимо наличие у них определенного запаса конструкторских и технологических знаний в виде типовых конструктивных и технологических примеров. Такой запас может быть создан при организации в учреждениях общего и дополнительного образования пропедевтического обучения основам технологии. В курсе технологической пропедевтики должны быть собраны в единое предметное поле знания из геометрии, технологии и информатики. В последнее время для этого появились эффективные средства, образующие программно-станочные комплексы. Один из них - Roland MODELA (Roland DG Corporation, Япония) состоит из вертикально-фрезерного станка с ЧПУ MDX-15 и программ геометрического моделирования изделий и обработки (3D Engrave, Virtual MODELA, MODELA Player и др.). Этот современный профессиональный инструмент гравёра, ювелира, художника малых

⁰ Иващенко Владимир Иванович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой инженерной графики. E-mail: ivashch@yandex.ru

¹ Черепашков, А.А. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений / А.А.Черепашков, Н.В.Носов. – Волгоград: Изд. Дом «Ин-Фолио», 2009. – 640 с.

форм и дизайнера доступен для освоения учащимися средней школы, начиная с 5 – 6 классов².

Сформулируем перечень задач, которые подлежат решению в курсе технологической пропедевтики: 1) дать в доступной форме широкий обзор приёмов, характерных для современных технологий проектирования и производства изделий; 2) научить методам решения простых конструкторских, технологических и художественных задач; 3) изложить метод фрезерования как один из методов механической обработки резанием; 4) преподать устройство и принцип работы сравнительно простого станочного оборудования, основные сведения о режущем инструменте и режимах резания; 5) отработать все основные этапы компьютерного моделирования, в том числе построение электронной модели, генерацию управляющей программы для станка с ЧПУ и получение готового изделия.

Знакомство с программно-станочным оборудованием формирует широкий спектр начальных знаний о станках, инструментах, роли совместного движения заготовки и инструмента в создании формы, технологических и художественно-эстетических свойствах материала, CALS технологиях, CAD/CAM программах и т.д. Здесь возрастные особенности учащегося не позволяют форсировать накопление специальных знаний. Наоборот, при чрезмерном высоком темпе и обилии информации затрудняется не только изучение следующего раздела, но замедляется темп текущих занятий. Оптимальной последовательностью изложения материала будет такая, которая позволяет решить весь комплекс педагогических задач: образовательных, воспитательных, культурологических, социальных и узкопрофессиональных.

Система формирования профессионально-графических компетенций, построенная на принципах технологической пропедевтики, содержит признаки разных обучающих систем. Для операционно-комплексной системы обучения характерно наличие двух этапов. Сначала осваиваются технологические приёмы, формируются навыки применения инструментов и приспособлений, затем отдельных операций и комплексов операций, объединённых в технологический процесс. Поэтому в курсе технологической пропедевтики значительное внимание необходимо уделять

тщательному изучению отдельных операций. Это связано с относительно высоким уровнем сложности программно-станочного комплекса, а также с тем, что качество выполнения каждого этапа влияет на результаты всей работы.

Проблемно-логическая система обучения известна и успешно применяется для преподавания технологических дисциплин³. Для неё характерно то, что в трудовом процессе выделяются проблемные ситуации, связанные с управлением оборудованием, и мыслительные операции, направленные на решение технологических задач. Сначала учащиеся знакомятся с типовыми приёмами решения отдельных производственных проблем. Далее ими осваивается технологический процесс в целом как совокупность проблемных ситуаций.

В этом смысле фиксируется непосредственная связь компьютерного моделирования и изготовления детали с анализом всех компонентов технологического процесса. Учащийся должен обеспечить технологичность конструкции, правильно выбрать размеры заготовки, материал, инструмент, режимы резания и т.д. Поэтому система обучения в предлагаемом пропедевтическом курсе может быть квалифицирована как развивающая операционно-логическая.

Разработанный курс «Компьютерное моделирование и автоматизированное изготовление изделий»⁴ вариативен, в первую очередь, в смысле разнообразия средств представления геометрической формы. В программе Roland 3D Engrave учащиеся создают 3D модели (объёмные гравюры и рельефы) изделий на основе плоских изображений – проекций и формируют траекторию инструмента и заготовки. В программе Roland Virtual MODELA выполняется просмотр виртуального процесса обработки и оценка качества поверхно-

³ Бешенков, А.К. Технология. Методика обучения технологии. 5÷9 кл.: метод. пособие / А.К.Бешенков, А.В.Бычков, В.М.Казакевич, С.Э.Маркуцкая. – М.: Дрофа, 2003. – 324 с.; Кругликов, Г.И. Методика преподавания технологии с практикумом: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Г.И.Кругликов. – М.: Изд. центр «Академия», 2002. – 480 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., ил.; Бейлин, А.Б. Информационно-технологическая подготовка школьников в рамках элективного курса «Компьютерное моделирование и автоматизированное изготовление изделий» / А.И.Белоусов, В.И.Иващенко, А.И.Фрадков // Информатика и образование. – 2009. – № 7. – С. 90 – 93.

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.

сти будущего изделия с учётом фактуры материала и освещения.

Уточним термины, определяющие тип изделий. Гравюрой называется деталь, изготовленная из листового материала (пластины), в котором прорезаны канавки, образующие заданный рисунок. Объёмный рельеф характерен для детали, форма которой является совокупностью различных пространственных фигур с плавными переходами.

Под моделью детали в редакторе 3D Engrave понимается совокупность одного или нескольких объектов, причём в одном файле могут храниться: 1) только плоский чертёж детали (2D – модель), состоящий из контуров, которые являются проекциями отдельных элементов объёмного рельефа; 2) чертёж и собственно 3D модель – объёмный рельеф; 3) только объёмный рельеф; 4) чертёж, объёмный рельеф и пространственная траектория движения инструмента; 5) объёмный рельеф и пространственная траектория.

Обобщённая профионограмма прохождения курса «Компьютерное моделирование и автоматизированное изготовление изделий» отражает психофизиологические, социальные, профессиональные и общие когнитивные свойства личности, развивающиеся в процессе освоения CAD/CAM технологий. Качество приобретаемых компетенций в школьном возрасте в значительной степени зависит от мотивации, определяемой в том числе личностными свойствами учащегося⁵. В течение года личность учащегося изменяется в социальном аспекте: от знакомства с профессией (в смысле предметной области) в первом разделе к расширению представлений о геометрических образах во втором, далее к формированию основ профессионального пространственного воображения в третьем и развитию творческой инициативы в четвёртом разделах.

В профессиональном плане сначала происходит расширение технического кругозора, затем, по мере формирования заинтересованности в приложении новых знаний, – активизируется творческий потенциал. Приобретение первого практического опыта и переработка информации способствуют развитию знаний о поверхности рельефа и далее получению навыков работы с электронными геометрическими моделями. Когнитивные свойства личности начинают активно развиваться при закреплении фундаментальных геометрических знаний, совершенствуются в процессе коллективной работы и способствуют

самоутверждению личности в социальной группе. Далее происходит активизация когнитивных качеств за счёт приобретения специальных профессиональных умений работы в CAD/CAM программе. Завершатся курс тем, что в когнитивном аспекте учащийся осознанно выбирает свою профессию и (или) направление для продолжения обучения (получения образования)⁶. Для обсуждения результатов работы, сравнения вариантов, выполненных разными учениками, анализа необычных ситуаций требуется дополнительное время, которое предусмотрено для факультативной и кружковой работы. Приобщение к реальному производству на уроках технологии при отсутствии каких-либо ограничений в творчестве формирует позитивную и устойчивую мотивацию, которая не подвергается сомнению даже в случае неполной реализации проекта в материале.

В ходе урока важно сделать акцент на конкретизацию цели каждого занятия и на умение школьников выделять учебную задачу в конкретном задании. Цель каждого занятия состоит в решении учебной задачи. Она, в свою очередь, заключается не в механическом повторении инструкций, а в освоении технологических приёмов, которые учащийся может осознанно и самостоятельно применить. Исходя из этого, создание конкретной гравюры с интересным сюжетом является целью рассматриваемых занятий только формально. Важнее решить учебную задачу: выяснить на самом общем уровне стратегию, последовательность этапов, которые позволяют в пределах отведенного времени смоделировать изделие – гравюру (далее объёмный рельеф) и технологический процесс ее изготовления, включая элементы творчества.

Фактура материала может усилить эмоциональное воздействие гравюры. Самостоятельную художественную ценность имеют не только рельефы, вырезанные на линолеуме, дереве или металле, но и оттиски на бумаге. Учащиеся убеждаются в том, что автоматизация изготовления не означает абсолютной идентичности изделий. Поскольку основой чертежа служит авторский рисунок, то каждое выпускаемое изделие несет потенциал эксклюзивности.

⁵ Климов, Е.А. Введение в психологию труда: учеб. для вузов / Е.А.Климов. – М.: Культура и спорт, ЮНИТИ, 1998. – 350 с.

⁶ Бейлин, А.Б. Концепция изучения CAD/CAM технологий в контексте инклюзивного образования детей с особыми нуждами / А.Б.Бейлин, В.И.Иващенко, А.И.Фрадков // Актуальные проблемы инклюзивного образования: сб. материалов Всерос. научно-практ. конф. – Армавир: ИП Шурыгин В.Е., 2007. – С. 20 – 23; Иващенко, В.И. Развитие проектного мышления на основе технологического сопровождения графо-геометрической подготовки / В.И.Иващенко // Среднее профессиональное образование. – 2009. – № 5. – С. 61 – 62.

Развитию профессионально-графических компетенций способствует решение задач, включающих сопоставление диаметра фрезы, длины траектории, периметра и площади обрабатываемого контура и времени обработки. В частности, при одинаковой площади удаляемого материала по-разному обрабатывается прямоугольная канавка, имеющая контур – прямоугольник, и круглая, для которой контур можно получить из того же прямоугольника, свёрнутого в кольцо. Основная причина этого явления заключается в том, что при гравировании наклонного, а тем более криволинейного профиля, траектория фрезы состоит из прямолинейных отрезков, образующих ступеньки (линейная интерполяция). Их суммарная длина значительно превышает величину участка, соединяющего начальную и конечную точку контура. При этом уменьшается также и средняя скорость фрезы из-за периодов набора скорости и торможения на каждом элементарном участке.

Как показывает практика, в начальный период изучения программно-станочного комплекса учащийся испытывает большие затруднения, когда ему приходится сравнивать взаимное положение четырёх объектов: рисунка, области обработки, заготовки и стола станка. Для первых проектов следует вырезать заготовку «с запасом», с размерами, равными размерам стола станка. Это позволяет отождествлять заготовку и стол, а главное – компенсировать возможные ошибки, допущенные при выборе расположения области обработки относительно стола. Установка нулевого уровня высоты производится в момент закрепления инструмента при выполнении условия: торец фрезы соприкасается с поверхностью заготовки. Сопоставление двух координатных систем: программы-редактора и станка, способствует развитию пространственного воображения и такого компетентностного качества, как способность анализировать свойства пространственных фигур без их непосредственного наблюдения.

Мотивация изучения курса значительно повышается, если учащиеся успевают не только провести моделирование на компьютере, но и получить готовую деталь. Чтобы учащиеся успели не только смоделировать рельеф, но и получить реальное изделие, хотя бы из дерева, следует стремиться к выполнению следующих рекомендаций: 1) используйте цилиндрическую без скругления форму рельефа; 2) стороны многоугольников располагайте параллельно осям рабочего стола (горизонтально или вертикально); 3) задавайте минимально допустимые размеры проекции рельефа и его высоты (габариты рельефа); 4) задавайте размеры области обработки, равные габаритным размерам детали; 5) используйте для

заготовки сравнительно мягкий материал; 6) используйте фрезу с возможно большим диаметром (при этом шероховатость поверхности становится более грубой); 7) устанавливайте режим грубой (предварительной) обработки.

Отметим, что применение крупноразмерной фрезы и установка режима грубой обработки может привести к потере мелких элементов рельефа и сильному искажению формы детали. Поэтому для качественной обработки рассматриваемых изделий применялись фрезы с диаметром $0,8 \div 1$ мм и режим чистового (окончательного) фрезерования.

При последовательном и дозированном освоении настроек программно-станочного комплекса отсутствует этап ожидания, когда учащийся подробно изучает все команды и долгое время не может выполнить ни одного, даже простого проекта. Методически важно показать, что небольшой набор освоенных функций и настроек уже позволяет решать реальные творческие задачи с постепенным увеличением сложности рельефа. Положительную мотивацию учащихся усиливают экспериментальные исследования. Поэтому часть занятий рекомендуется проводить в форме исследовательских лабораторных работ, когда необходимо последовательно выполнить виртуальную обработку в программе MODELА Virtual с разными параметрами рельефа или технологическими параметрами и сформулировать наблюдаемую закономерность.

Рассмотрим вариативность моделирования сравнительно сложных рельефов на примере сборочной единицы «Медальон». Для изготовления круглого и фигурного медальонов учащиеся должны познакомиться с проблемой двусторонней обработки и специальными вопросами базирования (обработка с двумя установками). Однако объёмное моделирование по известным алгоритмам в программе 3D Engrave, как показала практика, не вызывает больших затруднений. Рассмотрим вариативное моделирование корпуса сборочной единицы. Чертёж медальона в сборе, чертёж (с размерами) и объёмная модель корпуса приведены на рис. 1.

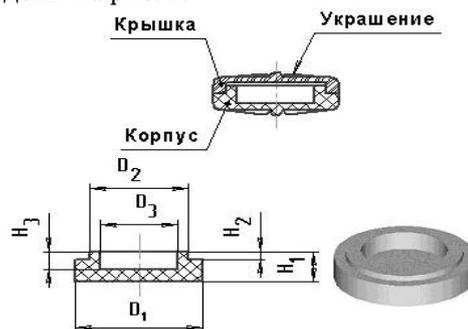


Рис. 1. Корпус медальона

Корпус и крышка обрабатываются с двух сторон, причем рельеф одной стороны фрезеруется на отдельном установе. Если инструмент не заменяется, т.е. вся обработка производится одной и той же фрезой, то переходы не выделяются. Например, на первом установе фрезеруется наружный профиль корпуса, выполняется верхний цилиндрический бурт (выступ) и полость. Затем заготовку переворачивают и укладывают буртом на рабочий стол (предохранительную пластину). Новое положение является вторым установом, на котором фрезеруют рельеф, украшающий нижнюю сторону детали. Технологический анализ формообразования проводится в двух аспектах: моделирования и реального изготовления. При формировании объёмного рельефа возможно использование различных исходных контуров.

На рис. 2 представлен первый вариант моделирования корпуса и соответствующие контуры чертежа гравюры для первого установа. Ниже для наглядности показаны элементы рельефа, которые являются компонентами целостной, единой формы и в процессе моделирования не визуализируются. В первом варианте объём корпуса разбивается на три элемента, подлежащие объединению. Круг с габаритным диаметром детали образует выпуклый рельеф с высотой, равной толщине доннышка.

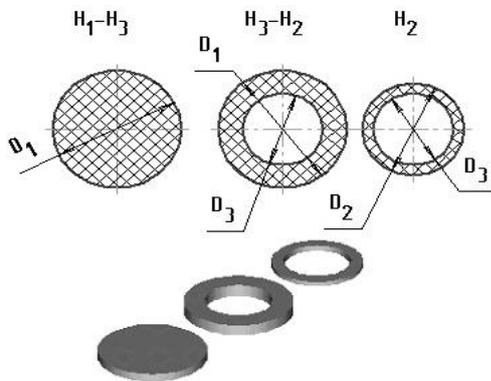


Рис. 2. Моделирование наращиванием слоёв

На основе двух колец образуются пустотелые цилиндры: один является продолжением доннышка, а другой – буртом. Внутренние отверстия этих цилиндров составляют полость корпуса. Обратим внимание на то, что речь идёт о создании модели, а не об изготовлении детали. Обработка резанием, например, фрезерование, всегда сопровождается удалением материала заготовки.

Второй вариант, показанный на рис. 3, отличается тем, что сначала объединяются, или «склеиваются» два выпуклых цилиндрических рельефа. Их длины равняются высоте корпуса без бурта и высоте бурта. Далее создается вогнутый цилиндрический рельеф, соответствующий внутренней

полости. Данная операция характеризуется как логическое вычитание и в некоторых редакторах носит технологическое название «вырезать».

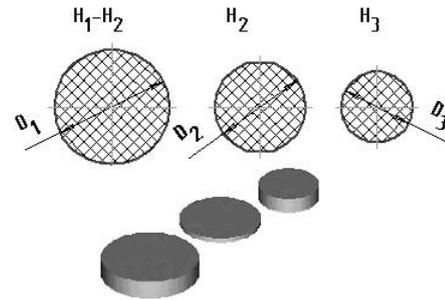


Рис. 3. Моделирование с выполнением Отверстия

По третьему варианту (рис. 4) применяется только операция «вырезать». Из цилиндра, который является основанием корпуса имеет длину, равную габаритной высоте детали, удаляется объём полого цилиндра, построенного на кольцевом контуре. Из полученного ступенчатого цилиндра вырезается цилиндрический объём, в результате чего образуется внутренняя полость.

В ходе анализа формообразования адаптивная роль программного средства проявляется в том, что учащиеся накапливают запас образов «плоская фигура – объёмная фигура» в системной связи с технологическими приемами. При этом обеспечивается гуманность учебной работы за счёт стимулирования самостоятельности и творчества. 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.

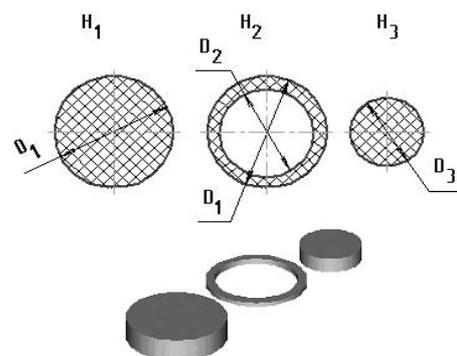


Рис. 4 Моделирование с выполнением отверстия и уступа удалением материала

Например, точное позиционирование на втором установе обеспечивается применением простейшего приспособления с центрирующим пальцем (штифтом). Данное конструирование расширяет кругозор учащихся и дополняет пространство геометрических образов изделий фигурами, образующими технологическую инфраструктуру.

Накопление учащимися первичных профессионально-графических компетенций, как правило, не связанных с какой-либо определённой специальностью, происходит в процессе прохождения курса непрерывно, «конвейерным» способом. Каждая программа комплекса Roland является в этом смысле полезной, причём даже в случае, когда изготовление детали по 3D модели не выполняется в материале, а моделируется виртуально.

Курс технологической пропедевтики должен стать первым уровнем в системе формирования профессионально-графических компетенций. Индивидуальные особенности учащихся, различия в потребностях и возможностях для их реализации приводят к необходимости адаптированной подачи материала, установления обратной связи и введения корректирующих действий. При

моделировании в среде CAD/CAM программы развитие графических компетенций происходит в процессе сопоставления движения фрезы и образующегося рельефа. В целом, ассоциативные связи в памяти учащегося формируются по схеме: линии чертежа – контуры рельефа модели – производящие линии инструмента – линии-траектории механизмов станка (главное и вспомогательное движения) – изменение формы заготовки. Кроме того, в учебном задании по моделированию во многих CAD программах присутствует эстетический компонент в виде средств закрашки модели, имитирующей различные материалы и освещённость.

Разработанная педагогическая технология пропедевтики предусматривает развивающее обучение, основанное на использовании метода проектов, проведении элементарных научных исследований и решении творческих задач. Таким образом, изучение геометрического моделирования с использованием программно-станочного комплекса создаёт необходимую мотивацию, развивает креативные способности, обеспечивает адаптацию учащихся к формированию профессионально-графических компетенций в вузе.

GEOMETRIC MODELING VARIABILITY IN TECHNOLOGY PROPAEDEUTICS FOR THE PROFESSIONAL GRAPHICS COMPETENCIES FORMATION

© 2015 V.I.Ivashchenko^o

Samara State Aerospace University

In the article the necessity of production technologizing of graphic disciplines in technical university is considered. There are possibilities to vary the construction of the learning process for electronic geometric modeling training. A technology of technological propedeutics for secondary schools is created. An example of a variable study of the 3D modeling methods is included.

Key words: drawing and geometry training, professional graphic competence, geometric modeling, CAD / CAM programs, technological propedeutics.

^o Vladimir Ivanovich Ivashchenko, Candidate of technical sciences, Associate professor, Head of Department of engineer drawing. E-mail: ivashch@yandex.ru