

ИНФОРМАЦИОННАЯ КУЛЬТУРА КАК КОМПОНЕНТ ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРА

Сторожилов А.И.

БНТУ, г. Минск, РБ, Aleksey_Storozhilov@mail.ru

Геометро-графическая подготовка специалиста в области производства, как известно, традиционно основана на изучении дисциплины “Инженерная графика”. Преподавание курса “Инженерная графика” ведется во всех технических вузах и безусловно является одной из основных учебных дисциплин в подготовке кадров высшей квалификации как, главным образом, инженерных специальностей, так и других специальностей, ориентированных на использование в областях производства материальных ценностей, сферах управления, образования и других. Кроме того, инженерная графика является “азбукой” для освоения технических дисциплин, а один из известных педагогических принципов – принцип политехнизма в образовании и сегодня не утратил своей актуальности.

Начертательная геометрия, как теоретическая основа традиционной инженерной графики издавна считается студентами одной из наиболее трудоемких и трудно усваиваемых дисциплин. Изучается она на первом – самом трудном для студентов курсе, так как является основой технической грамотности, “языком техники”, средством и условием дальнейшего обучения. Предшествующая обучению в вузе геометро-графическая подготовка школьников, по мнению абсолютного большинства преподавателей вузов, недостаточна. Это подтверждается отменой и последующим возвращением предмета “Черчение” в средней школе. Не меньшей проблемой в школе является и снижение внимания к изучению школьниками геометрии, особенно раздела “Стереометрия”, что не способствует развитию у них пространственного мышления, воображения, способностей к творчеству.

Бурное развитие в последние десятилетия компьютерных средств и методов обработки информации привело к созданию множества игровых, обучающих, профессиональных программных продуктов и технологий. Это не могло не отразиться на тех изменениях в области образования, которые мы видим сейчас. Однако, в полной ли мере используются у нас возможности, а главное преимущества, предоставляемые компьютерными технологиями? Очевидно нет. Современные средства компьютерной геометрии и графики позволяют полностью перейти на компьютерные методы изучения инженерной геометрии и графики на основе трехмерного компьютерного геометро-графического моделирования (КГГМ).

Безусловно, на этом пути еще существует множество проблем, трудностей, которые необходимо преодолеть. Проблемы эти очевидны.

Проблема первая – недостаточное материально-техническое обеспечение. Общеизвестно, что сегодня в нашей Республике уровень оснащения компьютерами в большинстве вузов составляет не более 1 компьютера на 5 студентов, что безусловно недостаточно. Это приводит к тому, что студенты первых курсов на компьютерах изучают, как правило, только основы информационных технологий (хотя большинство осваивают их уже в школе). Неодинаковый уровень подготовленности по информатике оправдывает такую необходимость. Но, только ли эта причина лежит в основе указанной проблемы?

В результате проведенных опросов выявлено, что сами студенты и их родители безусловно заинтересованы в том, чтобы образование, полученное студентами соответствовало современному мировому уровню. Поэтому, если еще десять лет назад в ответ на наш вопрос о том, кто из студентов в группе имеет возможность использовать собственный компьютер для самообразования, руку поднимали меньше половины, то

сегодня все. Нельзя считать нормальным обучение устаревшим методам решения сложных учебных задач и переучивания потом современным технологиям решения этих же задач уже на производстве, несмотря на признание того, что в ряде случаев смена технологий уже происходит быстрее, чем готовятся специалисты.

Компьютерная инженерная графика уже полностью вытеснила традиционные методы проектирования на предприятиях и в организациях. Все большее развитие получают технологии проектирования новых изделий на основе трехмерного компьютерного моделирования, отхода от традиционных “бумажных” технологий. Производство также ориентируется на самые современные технологии использования оборудования с программным управлением, оборудования для изготовления деталей методом стереолитографии (в том числе 3D принтеры), лазерное оборудование и т.д.

Таким образом, для решения первой из рассматриваемых проблем совершенствования геометро-графической подготовки будущих специалистов с использованием информационных технологий есть возможности.

Проблема развития информационной культуры будущих специалистов в целом внешне решается достаточно успешно. Уровень готовности школьников к использованию информационных технологий как в процессе получения высшего образования, так и в профессиональной деятельности постоянно растет и получает соответствующую поддержку в вузах. Однако это справедливо только в целом и только при рассмотрении направления развития образования. Если же рассматривать проблему с точки зрения обеспечения информационной культуры в области геометро-графической подготовки современных специалистов для промышленности, то здесь дело обстоит значительно хуже.

Проблема вторая – отсутствие готовности профессорско-преподавательского состава вузов к освоению и использованию новых методов решения инженерных и управленческих задач, основанных на новой информационной культуре КГТМ и обучению студентов этим методам.

Сегодня, в лучшем случае, речь идет о компьютерной реализации представления условий задач и графической интерпретации их решения традиционными методами. О разработке новых методов решения учебных и профессиональных задач, основанных на трехмерном КГТМ можно будет говорить только при достижении преподавателями-профессионалами необходимого для этого уровня информационной культуры.

Чем же можно охарактеризовать такой уровень и как его достигнуть? Прежде всего следует сказать об общем уровне информационной культуре, который сегодня попросту необходим каждому человеку как элементарный образовательный уровень независимо от вида деятельности и социального положения. Умения получать, обрабатывать и передавать необходимую информацию с помощью компьютера, даже на бытовом уровне уже стали необходимостью. Что же касается профессиональной деятельности, то произошел, на наш взгляд, серьезный разрыв между уровнями общей и специальной (инженерной) информационной культуры. Специальная (инженерная) информационная культура в нашем обществе осталась на уровне прошлого столетия, не способствуя ускорению развития науки, техники и технологии, а подстраиваясь под существующее ее состояние. Образование, в этой части, перестало выполнять свою основную функцию – генератора и транслятора новых знаний от науки к производству.

Очевидно, что для решения проблемы необходимо резко и существенно поднять престиж, значимость и статус преподавателя высшей школы. Создать стимулы и условия для быстрого формирования тенденций роста профессиональной информационной культуры в реализации новых методов решения научных, производственных и педагогических задач.

Проблема третья – теоретическая и практическая проработка методов решения научных, производственных и педагогических задач на основе совершенствования и развития информационной культуры специалистов в области техники и технологий. Речь идет о разработке и использовании принципиально новых технологий решения всего комплекса инженерных и управленческих задач, основанных на трехмерном КГГМ, значительно повышающем эффективность и качество решения, снижающем трудоемкость выполняемых процедур, обеспечивающем неразрывность последовательности как процессов обучения в вузах, так и проектно-производственного цикла на предприятиях, перехода к “безбумажным” и “безлюдным” технологиям в перспективе. Это глобальная и наиболее важная из рассматриваемых проблема.

Впервые в Республике исследование возможностей применения трехмерного КГГМ в обучении и проектировании было проведено в 2000 году [1]. Был проведен анализ историко-методологического процесса развития геометрии как науки, выявлены и обоснованы перспективы его закономерного развития на основе использования информационных технологий, определены направления этого развития. Дальнейшие исследования и практическое обоснование целесообразности использования трехмерного КГГМ в геометрографической подготовке будущих инженеров [2], показали безусловную эффективность разработанной методики. Однако широкое распространение в образовании получили пока лишь ее фрагменты.

Первые две из указанных выше проблем, непроработанность третьей, а также недостаточная востребованность производством, вследствие относительно медленного его развития, все еще сдерживают переход инженерного образования в новое качество.

Вернемся к сущности трехмерного КГГМ и методики его использования в преподавании *инженерной геометрии и компьютерной графики*. Так, кстати, сегодня называется новая специальность второй ступени высшего образования (магистратуры) для которой нами был разработан типовой учебный план и образовательный стандарт, но подготовка специалистов пока еще не ведется.

Итак, сущность нового уровня информационной культуры в освоении инженерной геометрии и компьютерной графики заключается прежде всего в осознании существования и преимуществ трехмерной виртуальной геометрии по сравнению с геометрией традиционной (аналитической и начертательной), рассматривающей все абстрактные и реальные объекты и предметы в аналитической форме или в виде их проекций на заданную плоскость.

С появлением геометрии вычислительной, т.е. компьютерных методов обработки графической информации, стало возможным описывать, отображать на экране компьютера, выполнять любые построения и геометрические преобразования пространственных объектов. На смену бытовавшему утверждению о том, что в природе не существует инструментов, способных оставлять след непосредственно в трехмерном пространстве, появилось трехмерное КГГМ, с возможностями значительно превышающими возможности традиционных методов выполнения геометрических расчетов и построений. Сегодня с уверенностью можно сказать о том, что настала эпоха объединения всех ветвей геометрии в одну общую науку – геометрическое моделирование, теоретическая основа которой должна развиваться в плане совершенствования методов решения задач в контексте информационных технологий.

В чем же заключаются особенности и преимущества КГГМ? Для того, чтобы ответить на этот вопрос, нужно прежде всего изучить возможности одной из систем трехмерной компьютерной графики инженерного типа, например, наиболее доступной и распространенной в Мире системы Автокад, отбросив споры о том какая из известных более чем 150 лучшая.

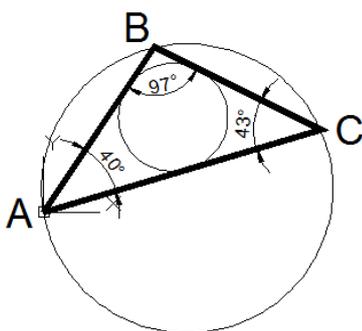
Итак, рассмотрим для начала возможности и преимущества моделирования на плоскости. Пусть, по условию задачи 1, требуется:

построить треугольник ABC по заданным координатам угловых точек, например:

A(0,0); B(20,30) C(50,15). Необходимо определить координаты центров вписанной и описанной окружностей, периметр и площадь треугольника, углы при вершинах.

Даже для школьника-отличника эта задача не покажется слишком простой, студенту-первокурснику она покажется забытой и трудной, а преподавателю выпускающей кафедры излишне абстрактной и ненужной. А ведь именно из решения таких элементарных задач зачастую состоят сложные инженерные расчеты при проектировании. Покажем решение этой задачи с применением компьютерного моделирования.

Строим модель условия отрезками, вводя координаты угловых точек, строим вписанную и описанную окружности, используя геометрическую (объектную) привязку, проставляем угловые размеры. См. рис. 1.



Запрашиваем искомые значения координат центров окружностей, периметр и площадь треугольника.

Координаты центра вписанной окружности:

$$X = 23.3732 \quad Y = 17.2981$$

Координаты центра описанной окружности:

$$X = 25.9375 \quad Y = 4.3750$$

Периметр и площадь треугольника:

$$\text{Площадь} = 600.0000, \text{ Длина периметра} = 121.7981$$

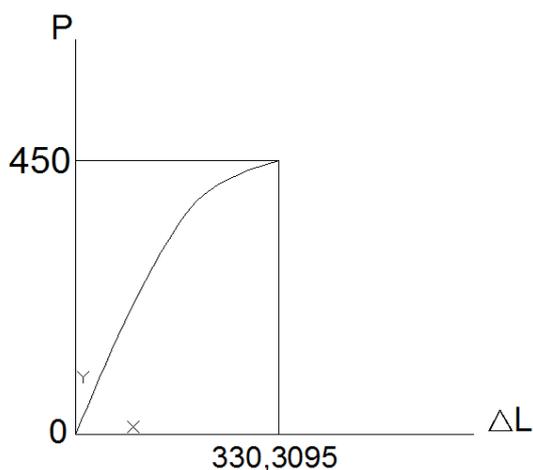
Определяем углы при вершинах см. рис.1

Рисунок 1 - Модель задачи 1

Как видим, решение задачи сводится к построению ее модели по условиям, выполнению несложных вспомогательных построений и запросу нужных параметров.

Рассмотрим далее пример из профессиональной деятельности инженера, он же пример учебной задачи, лабораторного исследования.

Необходимо определить относительное удлинение образца, испытываемого на разрывной машине, при приложении заданного усилия и затраченную при этом работу.



Решение задачи:

График зависимости строится эмпирически по показаниям приборов дискретно и аппроксимируется с помощью сплайна.

На оси Y отчерчиваем горизонтальную линию соответствующую заданному значению усилия до пересечения с графиком и опускаем вертикальную линию на ось X.

Запрашиваем координаты точки пересечения. Значение X соответствует ΔL. См. рис. 2.

Поскольку работа сил разрывной машины численно равна площади под графиком (численному значению интеграла), запрашиваем значение площади. Площадь = 98370.1666.

Рисунок 2 - Модель задачи 2

Очевидно, что круг подобных задач весьма широк и разнообразен – от абстрактных, чисто геометрических до прикладных задач из разных областей деятельности.

В наибольшей степени проявляются преимущества трехмерного компьютерного геометро-графического моделирования при решении пространственных задач. Например, задачи по стереометрии традиционно решаются аналитическими методами. При этом

обязательно строится наглядное изображение – схема для расчетов или чертеж в аксонометрической проекции, т.е. расчетная модель, от качества выполнения которой во многом зависит успешность решения задачи. Построение такой виртуальной трехмерной модели на компьютере значительно упрощается, т.к. она строится на основе известных простых примитивов. Кроме того, она максимально наглядна, что исключает ошибки построения и метрически определена, что позволяет найти решения на основе выполнения ее построений и некоторых преобразований, выполняемых автоматически по соответствующим универсальным компьютерным программам.

Рассмотрим следующую задачу. Задан прямоугольный параллелепипед с размерами ребер 10, 20, 30 мм. Определить размеры, площадь, периметр его сечения, проведенного через один из углов перпендикулярно диагонали. Решение видно из рисунка 3.

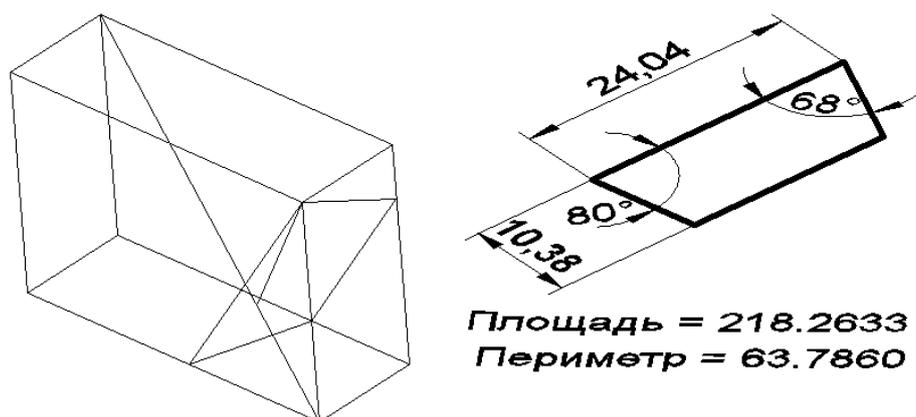


Рисунок 3 – Иллюстрация решения задачи

Решение подобных задач убедительно показывают преимущества использования трехмерного КГГМ перед традиционными методами решения.

Еще более убедительными в пользу применения предлагаемой методики решения инженерных задач являются задачи на построение моделей реальных деталей и целых изделий (сборок) из области машиностроения.

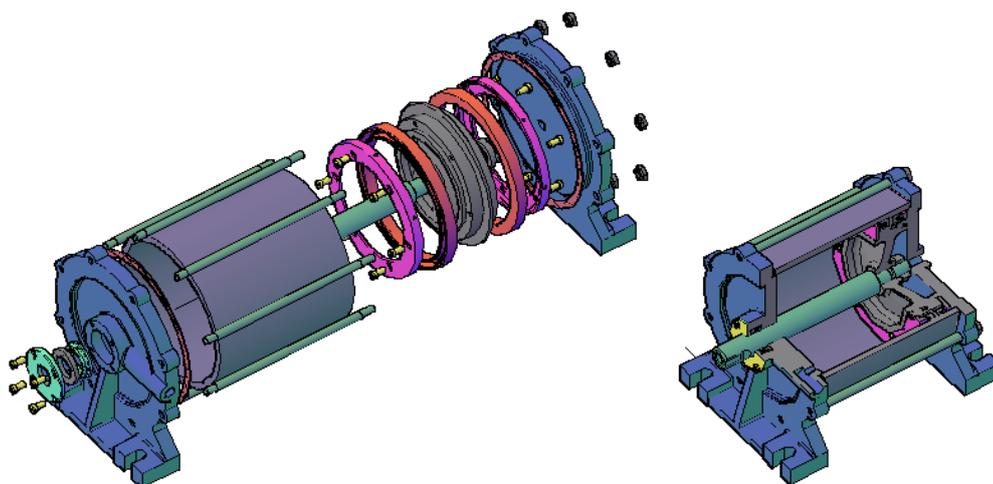
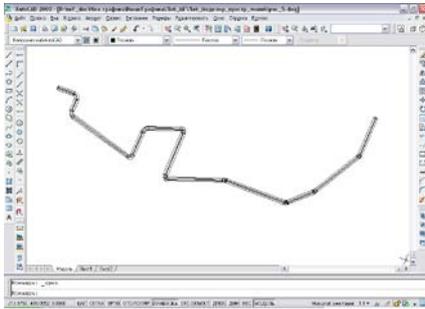


Рисунок 4 – Модель изделия

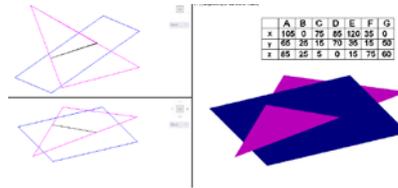
Рассмотренные примеры только в первом приближении показывают возможности КГГМ. Нами разработан комплекс учебных задач (Лабораторный практикум) с подробным изложением методов их решения на конкретных примерах для студентов, специалистов, магистрантов, аспирантов и преподавателей, изучающих и совершенствующих свои знания в области инженерной графики, одновременно с развитием информационной культуры [3].

Лабораторный практикум (часть I) включает 10 работ (см. рис.5):

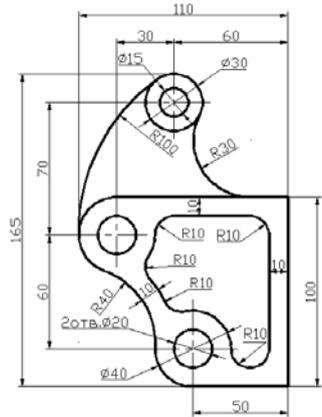
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
Построение и расчет длины
пространственных линий



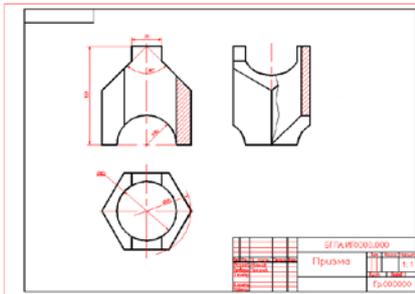
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
Построение моделей
пересечения плоскостей



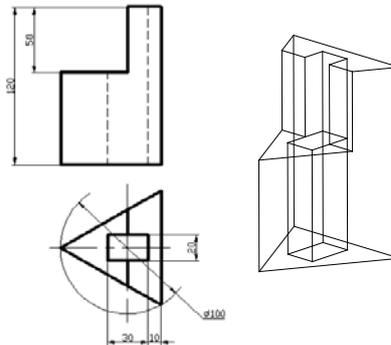
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
Построение сопряжений



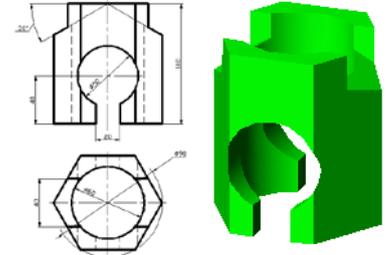
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
Построение проекционного
чертежа



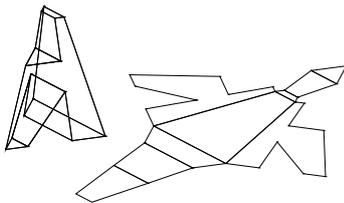
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
Построение трехмерной
каркасной модели



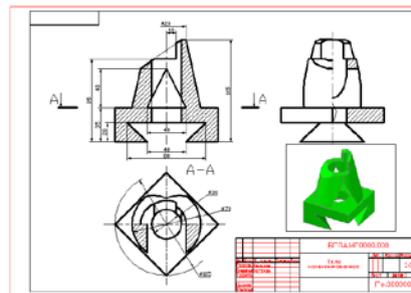
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
Твердотельное моделирование



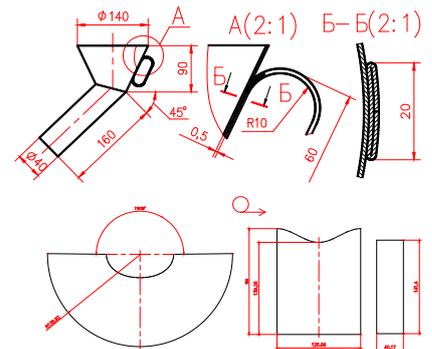
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
Построение развертки
пирамиды



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
Построение чертежа
по его модели



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9
Построение развертки
воронки



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10
Моделирование винтовых изделий



Рисунок 5 - Обзор лабораторных работ

Работа № 1. Построение трехмерной модели пространственной ломаной линии, а также модели прутка. Основной целью этой работы является изучение методики построения трехмерных моделей пространственных объектов для определения их суммарной длины. Однако, поскольку реально мы имеем дело не с отрезками, а прутками, проводами, трубами и т.п., то для точного определения их длины необходимо учитывать радиусы их сгиба, т.е. строить модель для расчета по нейтральному слою, не испытывающему растяжения и сжатия (при малых радиусах сгиба нейтральный слой смещается к центру радиуса, что также можно учитывать). Длина каждого участка линии и суммарная длина определяется автоматически по запросу, что исключает необходимость проведения расчетов или дополнительных построений при традиционной методике.

Работа № 2. Построение трехмерной модели пересечения двух плоскостей общего положения. Целью данной работы является изучение методов автоматизированного построения линии пересечения плоских пластин либо граней любого гранного тела. Традиционный метод решения данных задач в начертательной геометрии общеизвестен, он основан на использовании вспомогательных секущих плоскостей, достаточно трудоемок и сложен при освоении студентами. С применением компьютера при решении задач по тому же алгоритму на основе проекций обеспечивается метрическая точность решения, однако трудоемкость не снижается. Другое дело при решении этих задач на основе построения трехмерной КГГМ. Сама модель, хотя она и является основой решения задачи, строится элементарно просто по заданным координатам точек не в виде проекций, а в виде пересекающихся пространственных фигур. Из полученного решения можно извлечь любые выходные геометрические параметры (и даже некоторые физические). Кроме того, простота построений позволяет студентам решать эти задачи уже в первом месяце изучения дисциплины, а восприятие трехмерного пространства улучшается за счет возможностей визуализации при трехмерном компьютерном моделировании. Для практического использования студентами знаний и умений, полученных при решении этих задач важно то, что эти задачи (как и все в данном курсе) могут рассматриваться как подзадачи при решении более сложных задач по другим учебным дисциплинам и в практической деятельности.

Работа № 3. Построение плоского контура, образованного сопряжениями окружностей и отрезков прямых с целью изучения методики формирования плоских геометрических образов в системе компьютерного моделирования. Умения грамотно выполнять геометрически правильные построения самых различных плоских контуров, в том числе образованных сопряжениями, необходимы как при традиционном черчении, так и при компьютерном моделировании. Однако, построение таких контуров с применением компьютерного моделирования можно выполнять значительно эффективнее, т.е. с меньшей трудоемкостью, более высокой точностью, возможностью использования результата для любых геометрических расчетов и дальнейших преобразований. При традиционном обучении инженерной графике, такие задачи решаются студентами во втором семестре.

Работа № 4. Построение проекционных чертежей с целью изучения методики создания чертежей на компьютере.

Поскольку чертежи сегодня остаются все еще одним из основных средств информационного обеспечения производства в большинстве сфер деятельности специалистов, “средством коммуникации”, “всеобщим языком техники” и общество еще не готово к переходу на “безбумажные” технологии и тем более трехмерные представления информации об изделиях, необходимость в обучении студентов (особенно технических вузов) остается актуальной. Однако, сегодня практически завершен переход от традиционного выполнения чертежей на бумаге к компьютерным технологиям их разработки. Необходимость в обучении студентов такой технологии стала очевидной.

Наша авторская методика построения (не вычерчивания, а именно построения!) чертежей на компьютере основана на идее создания плоской проекционной модели, обладающей точными геометрическими параметрами проектируемого изделия с целью обеспечения выполнения необходимых расчетов уже по этой плоской модели и построения на ее основе модели трехмерной. Сущность методики заключается в максимальном использовании программных средств при выполнении построений (главным образом методов редактирования). Широкое использование возможностей построения эквидистант (команды “Подобие”), копирования и построения массивов, построения зеркальных отображений, сопряжений, использование блоков и др., обеспечивает наиболее эффективное построение чертежа, способствует снижению трудоемкости разработки чертежей.

Работа № 5. Построение трехмерных каркасных моделей с целью изучения методики формирования трехмерных проволочно-каркасных моделей изделий или задач.

Учитывая имеющиеся в системах компьютерного моделирования возможности создания различных типов трехмерных моделей (проволочно-каркасные, поверхностные и твердотельные), а также различные по структуре задачи, решаемые при моделировании или цели исследований, бывает целесообразно использовать более простые проволочно-каркасные трехмерные модели. Изучению методики построения таких типов моделей посвящена данная работа.

Сущность методики заключается в использовании построений “нулевого” уровня (построений в плоскости XOY) для выполнения построений других уровней (по координате Z) и соединении их ребрами. Построение таких моделей рекомендуется для моделирования гранных геометрических тел и при моделировании строительных объектов. При моделировании криволинейных поверхностей, более целесообразно использование поверхностного моделирования, хотя в последних версиях возможности твердотельного моделирования уже перекрывают поверхностное, а информационная полнота твердотельной модели, безусловно, максимальная по сравнению с другими типами моделей.

Работа № 6. Трехмерное твердотельное моделирование.

Целью этой работы является изучение методики построения трехмерных твердотельных моделей абстрактных комбинированных геометрических тел. Знания и умения приобретенные студентами при выполнении этой работы используются ими при решении всех практических работ по инженерной графике. Трехмерная твердотельная модель в нашем курсе является основой для решения почти всех задач. Традиционный курс инженерной графики основан, как известно, на изучении геометрии в целом и начертательной геометрии в частности. В теории (при чтении лекций) мы не отходим от этих традиций. Однако, наряду с рассмотрением традиционных методов решения задач инженерной графики, мы даем и современные методы решения задач на основе трехмерного КГГМ. На практических занятиях, не ограничивая студента в выборе метода решения, мы предлагаем как альтернативу метод решения, основанный на трехмерном КГГМ.

Методика решения задач, основанная на построении трехмерной модели (также авторская) заключается главным образом в выполнении построений фрагментов модели с четкой ориентацией в трехмерном пространстве. Выбору и установке соответствующей системы координат (плоскости построений) отведено главное внимание.

Недостаток времени на исчерпывающее изучение возможностей компьютерного моделирования компенсируется значительным снижением трудоемкости решения задач. При этом, повышение уровня автоматизации решения компенсируется значительным повышением наглядности, а необходимость защиты выполненного задания студентом гарантирует усвоение обоих методов решения задачи, - как традиционного, так и основанного на трехмерном КГГМ.

Работа № 7. Построение чертежа по его трехмерной модели.

Следующим этапом освоения инженерной графики является изучение методики преобразования построенной в предыдущей работе трехмерной модели в проекционный

чертеж. Работа также как и предыдущая используется при выполнении всех практических заданий, но отличается более высоким уровнем формализации, т.к. требует соблюдения всех условностей, правил оформления, предъявляемых к чертежу стандартами ЕСКД. Тем не менее и здесь есть творческая составляющая, способствующая развитию пространственных представлений студентов.

Методика построения чертежа на основе ее трехмерной КГГМ, предложенная системой Автокад на наш взгляд недостаточно удобна вследствие необходимости построения проекций модели в перекрывающихся видовых окнах, с последующим редактированием (доработкой) в них проекций чертежа. Усовершенствованная нами методика предполагает построение ортогональных проекций модели с перемещением их в одну (горизонтальную) плоскость и последующим редактированием в одном видовом окне. При этом пространство листа используется временно при автоматическом построении соответствующей проекции.

Для обеспечения визуализации всех необходимых проекций трехмерных КГГМ, когда нет необходимости в оформлении чертежа по ЕСКД, мы используем разделение экрана на неперекрывающиеся видовые экраны с отображением в каждом экране соответствующей проекции в стандартном расположении с удалением невидимых линий. При этом в правом (правом нижнем) экране располагается наиболее наглядная аксонометрическая проекция модели с использованием различных цветов для различных поверхностей и отображением в визуальном стиле “Реалистичный”, чаще с вырезом четверти, что дает максимально наглядное представление для с помощью “Орбиты”.

Работа № 8. Построение развертки поверхности гранного тела (пирамиды).

Данная работа посвящена изучению методики формирования развертки поверхности гранного геометрического тела на примере пирамиды с вырезами.

При решении студентами задачи на построение проекций данной пирамиды методом трехмерного КГГМ, используется готовая модель, иначе сначала строится модель пирамиды, а затем развертка ее поверхности. При этом за основу для построения развертки принимается, как правило, основание пирамиды, скопированное на свободное место в плоскости XOY абсолютной (Мировой) системы координат. Далее, вспомогательная (пользовательская) система координат устанавливается по условию совмещения ее плоскости $хоу$ с плоскостью другой грани. Очерк грани копируется в буфер памяти компьютера и, после возвращения в Мировую систему координат (плоскость развертки), вставляется и присоединяется к очерку основания. Действия повторяются для всех граней до формирования целостной развертки поверхности. Затем оформляется чертеж с отображением натуральной величины развертки и аксонометрической проекции пирамиды.

Работа № 9. Построение развертки листового изделия, состоящего из частей цилиндра и конуса на примере воронки.

Данная работа логически дополняет предыдущую, т.к. в практике чаще встречаются изделия, состоящие из деталей и поверхностей, ограниченных цилиндрическими и коническими поверхностями. Построение разверток таких поверхностей традиционными методами весьма трудоемко, поэтому нами разработан и предложен для использования комплекс параметризованных программ автоматизированного построения усеченного цилиндра и частей развертки конуса, отсеченных плоскостями различным образом ориентированных по отношению к оси и образующей. Программы написаны на языке программирования AutoLISP, встроенном в Автокад.

Работа № 10. Построение моделей винтовых изделий.

Данная работа, как и предыдущая не включены в учебные программы большинства инженерных специальностей, однако она может использоваться студентами, изучающими инженерную графику в четыре семестра, магистрантами, аспирантами, специалистами и преподавателями. Работа посвящена изучению методов построения трехмерных КГГМ самых различных изделий и деталей ограниченных винтовыми поверхностями – от тривиальных резьбовых, до гребных винтов судов, лопастей гидротурбин, турбин авиационных двигателей и т.п.

Таким образом, применение методов КГГМ к решению учебных и инженерных задач предполагает значительное повышение эффективности учебного процесса как при изучении инженерной графики, так и всех учебных дисциплин. Значительно больший эффект будет достигнут в практической деятельности готовящихся сегодня специалистов. Например, в работе [1] рассмотрен круг задач, решаемых в области автотракторостроения с применением КГГМ. Много задач решено в процессе изучения возможностей КГГМ на курсах повышения квалификации и переподготовки преподавателями и специалистами. Однако, в этом направлении мы находимся только в начале пути.

Литература

1. Разработка принципов и методических подходов к решению инженерных геометрографических задач на базе трёхмерного компьютерного моделирования / Отчёт о НИР (заключит.) БГПА / Л.С. Шабека, А.И. Сторожилов и др. рук. темы Л.С. Шабека – № ГР 20001142. – Минск, 2000. – 143 с.
2. Сторожилов А.И. Обучение студентов решению геометрических задач с использованием трёхмерного компьютерного моделирования. Дисс. ... канд. пед. наук: 130002 / А.И. Сторожилов. Бел. гос. пед. ун-т. – Минск, 2002.
3. Сторожилов А.И. Лабораторный практикум “Инженерная графика на компьютере. Часть I.” Электронное учебное издание / А.И. Сторожилов. Репозиторий БНТУ. Рег. № ЭИ БНТУ/ФММП 101-32.2014. 150 с.