

УДК 378.14

## **ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА В СИСТЕМЕ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ**

**Н.М. Юшкевич**, преподаватель, **А.А. Горшкова**, преподаватель

*Белорусско-Российский университет,  
г. Могилев, Республика Беларусь*

Ключевые слова: инженерная графика, CALS-технологии, CAD-система, твердотельное моделирование, 2D- и 3D-модели.

Аннотация. Целями дисциплины «Инженерная графика» являются развитие пространственного мышления, способность к анализу пространственных форм на основе их графических отображений, приобретение знаний и умений инженерного документирования. Модернизация системы образования в учебных заведениях осуществляется на основе использования информационных и коммуникационных технологий с применением новых электронных продуктов, рынок которых сейчас широк и разнообразен.

В условиях сегодняшнего мира массовых коммуникаций, необходимости уплотнения огромного объема информации и возможностей, предоставляемых новыми информационными технологиями, графическая культура обретает роль второй грамотности [1]. Концепция CALS-технологии, сутью которой является создание единой интегрированной модели продукта и обеспечение непрерывного сопровождения его жизненного цикла, расставляет новые акценты в графическом образовании инженера.

Построение открытых распределенных автоматизированных систем для проектирования и управления в промышленности составляет основу современных CALS-технологий. Структура проектной, технологической и эксплуатационной документации, языки ее представления должны быть стандартизированными. Тогда становится реальной успешная работа над общим проектом разных коллективов, разделенных во времени и пространстве и использующих разные CAD/CAM/CAE/PDM-системы [2].

Отдельные модули этих систем в рамках одного предприятия позволяют осуществлять управление проектом (PDM-

системы), инженерные расчеты, анализ, моделирование и оптимизацию проектных решений (CAE-системы), двух- и трехмерное проектирование деталей и сборочных единиц (CAD-системы), разработку технологических процессов, синтез управляющих программ для технологического оборудования с ЧПУ, моделирование процессов обработки, расчет норм времени обработки (CAM-системы).

Функции CAD-систем подразделяют на функции двумерного и трехмерного проектирования [2]. К функциям 2D относят черчение, оформление конструкторской документации; к функциям 3D – получение трехмерных геометрических моделей, метрические расчеты, реалистичную визуализацию, взаимное преобразование 2D- и 3D-моделей.

Среди CAD-систем различают системы нижнего, среднего и верхнего уровней. Первые из них называют «легкими» системами, они ориентированы преимущественно на 2D-графику, сравнительно дешевы, основной аппаратной платформой для их использования являются персональные ЭВМ. Системы верхнего уровня, называемые также «тяжелыми», дороги, более универсальны, ориентированы на геометрическое твердотельное и поверхностное 3D-моделирование, оформление чертежной документации в них обычно осуществляется с помощью предварительной разработки трехмерных геометрических моделей. Системы среднего уровня по своим возможностям занимают промежуточное положение между «легкими» и «тяжелыми» системами [3].

К важным характеристикам CAD-систем относятся параметризация и ассоциативность. Параметризация подразумевает использование геометрических моделей в параметрической форме, т.е. при представлении части или всех параметров объекта не константами, а переменными. Параметрическая модель, находящаяся в базе данных, легко адаптируется к разным конкретным реализациям и потому может использоваться во многих проектах. При этом появляется возможность включения параметрической модели детали в модель сборочного узла с автоматическим определением размеров детали, диктуемых про-

странственными ограничениями. Эти ограничения в виде математических зависимостей между частью параметров сборки отражают ассоциативность моделей.

К числу мировых лидеров в области CAD/CAM/CAE-систем верхнего уровня относятся системы Unigraphics (компания EDS), CATIA (Dassault Systèmes), Pro/Engineer (PTC).

Система Unigraphics – многомодульная универсальная система геометрического моделирования и конструкторско-технологического проектирования, в том числе разработки больших сборок, прочностных расчетов и подготовки конструкторской документации [4]. В конструкторской части (подсистема CAD) имеются средства для твердотельного конструирования, геометрического моделирования на основе сплайновых моделей поверхностей, создания чертежей по 3D-модели, проектирования сборок (в том числе с сотнями и тысячами компонентов) с учетом ассоциативности, анализа допусков и др.

Другая система верхнего уровня CATIA [5] позволяет заказчику генерировать собственный вариант сквозного проектирования – от создания концепции изделия до технологической поддержки производства и планирования производственных ресурсов. В системе реализовано поверхностное и твердотельное 3D-моделирование и оптимизация характеристик изделий. Возможны фотореалистичная визуализация, восстановление математической модели из материального макета. Система масштабируема. Предлагаются типовые конфигурации, в том числе варианты для полнофункционального сквозного проектирования сложных изделий и проектирования комплектующих на небольших и средних предприятиях.

Значительно дешевле обходится приобретение САПР среднего уровня (системы компаний Autodesk, SolidWorks Corporation, Top Системы, АСКОН, Интермех). Все эти системы имеют подсистемы: конструкторско-чертежную 2D, твердотельного 3D-моделирования, технологического проектирования, управления проектными данными, ряд подсистем инженерного анализа и расчета отдельных видов машиностроительных изделий, а также библиотеки типовых конструктивных решений.

Среди современных программных систем конструкторского проектирования фирмы Autodesk наиболее развитыми следует считать системы AutoCAD Mechanical Desktop и Inventor.

Система Inventor [6] предназначена для твердотельного параметрического проектирования, ориентирована на разработку больших сборок с сотнями и тысячами деталей, имеет развитую библиотеку стандартных элементов. В основе системы лежит графическое ядро ACIS. Построение 3D-моделей возможно выдавливанием, вращением, по сечениям, по траекториям. Из 3D-модели можно получить 2D-чертежи и спецификации материалов. Поддерживается коллективная работа над проектом, в том числе в пределах одной и той же сборки.

Система твердотельного параметрического моделирования механических конструкций SolidWorks (компания SolidWorks Corporation) построена на графическом ядре Parasolid, разработанном в Unigraphics Solution [7]. Синтез конструкции начинается с построения опорного тела с помощью операций типа выдавливания, протягивания или вращения контура с последующим добавлением и/или вычитанием тех или иных тел. Применяется технология граничного моделирования с аналитическим или сплайновым описанием поверхностей.

В системе КОМПАС (компания АСКОН) для трехмерного твердотельного моделирования используется оригинальное графическое ядро. Синтез конструкций выполняется с помощью булевых операций над объемными примитивами, модели деталей формируются путем выдавливания или вращения контуров, построением по заданным сечениям. Возможно задание зависимостей между параметрами конструкции, расчет масс-инерционных характеристик. Разработка проектно-конструкторской документации, в том числе различных спецификаций, выполняется подсистемой КОМПАС-График. Имеются библиотеки с данными о типовых деталях и графическими изображениями, а также программы специального назначения (проектирование тел вращения, пружин, металлоконструкций, трубопроводной арматуры, штамповой оснастки, выбора подшипников качения, раскрой листового материала и др.).

Подсистема трехмерного твердотельного моделирования T-Flex CAD 3D в САПР T-Flex CAD (Топ Системы) построена на базе ядра Parasolid [8]. Реализована двунаправленная ассоциативность, т.е. изменение параметров чертежа автоматически вызывает изменение параметров модели и наоборот. При проектировании сборок изменение размеров или положения одной детали ведет к корректировке положения других.

Модель 3D может быть получена непосредственно по имеющемуся чертежу, или с помощью булевых операций, или путем выталкивания, протягивания, вращения профиля, лофтинга и т.п. Предусмотрен расчет масс-инерционных параметров. В то же время можно по видам и разрезам трехмерной модели получить чертеж, для чего используется подсистема T-Flex CAD 3D SE. Для параметрического проектирования и оформления конструкторско-технологической документации служит подсистема T-Flex CAD 2D.

### **Список литературы**

1. Захарова, И. Г. Информационные технологии в образовании : учеб. пособие / И. Г. Захарова. – Москва, 2007. – 155 с.
2. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования : учебник для вузов / И. П. Норенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 336 с.
3. Пестрецов, С. И. CALS-технологии в машиностроении: основы работы в CAD/CAE-системах : учеб. пособие / С. И. Пестрецов. – Тамбов, 2010. – 103 с.
4. FEA.RU|CompMechLab – О системе Unigraphics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fea.ru/education/cad/unigraphics/>
5. FEA.RU|CompMechLab – О системе CATIA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fea.ru/education/cad/catia/>
6. Autodesk Inventor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inventor.ru/>
7. FEA.RU|CompMechLab – О системе SolidWorks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fea.ru/education/cad/solidworks/>
8. Топ Системы – разработчик программного PLM-комплекса T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tfex.ru/>