

Основы построения автоматизированных информационных систем.  
Системы автоматизированного проектирования в машиностроении.

Т.И. Ганиева, Х.Ю. Тожикулов

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама  
Каримова, г. Ташкент, Узбекистан

*В статье показано что автоматизация проектирования - одна из наиболее перспективных областей науки и техники, включающая методы и средства создания проектов технических объектов с помощью ЭВМ, начиная от зарождения идеи и заканчивая его изготовлением и испытанием. В настоящее время машиностроительные заводы испытывают острейшую потребность в специалистах в области САПР, особенно при внедрении и разработке интегрированных CAD-CAM-систем (автоматизированное конструирование и технологическое проектирование).*

*Ключевые слова: CAD/CAM, ядро Parasolid, NASTRAN, Adams, многоаспектный*

Историю САПР в машиностроении часто разделяют на несколько этапов. На первом этапе (до конца 70-х годов) был получен ряд научно-практических результатов, доказавших принципиальную возможность автоматизированного проектирования сложных промышленных изделий. Так, теория В сплайнов была представлена И. Шоенбергом (I.J.Schoenberg) в 1946 г., позднее приведшая к широкому использованию в геометрическом моделировании неравномерных рациональных В сплайнов (NURBS), предложенных К. Весприлло (K.J.Versprille, 1975 г.). Моделированию кривых и поверхностей любой формы были посвящены работы П. Безье (P.E.Bezier), выполненные на рубеже 60-70-х годов прошлого века. Возможности систем на первом этапе в значительной мере определялись характеристиками имеющихся в то время весьма не развитых графических аппаратных средств.

Преимущественно использовались графические терминалы, подключаемые к мэйнфреймам, в качестве которых применялись компьютеры компаний IBM и CDC, или к мини-ЭВМ типа PDP/11. По данным Dataquest в начале 80-х г. стоимость одной лицензии CAD-системы доходила до \$90000. На втором этапе (80-е годы) появились и начали использоваться графические рабочие станции компаний Intergraph, Sun Microsystems с архитектурой SPARC или автоматизированные рабочие места на компьютерах VAX от DEC под управлением ОС Unix. На третьем этапе (начиная с 90-х годов) бурное развитие микропроцессоров привело к возможности использования рабочих станций на персональных ЭВМ, что заметно снизило стоимость внедрения САПР на предприятиях. На этом этапе продолжается совершенствование систем и расширение их функциональности. Начиная с 1997 г., рабочие станции на платформе Wintel не уступают Unix-станциям по объемам продаж. Принято

делить САД/САМ-системы по их функциональным характеристикам на три уровня (верхний, средний и нижний). Распространение получили два геометрических ядра: Parasolid (продукт фирмы Unigraphics Solutions) и ACIS (компания Spatial Technology).

Ядро Parasolid разработано в 1988 г. и в следующем году становится ядром твердотельного моделирования для САД/САМ Unigraphics, а с 1996 г. промышленным стандартом. Параллельно проводились работы по стандартизации описаний геометрических моделей для обмена данными между различными системами на различных этапах жизненного цикла промышленной продукции. Вначале появился стандарт IGES (Initial Graphics Exchange Specification). Фирма Autodesk в своих продуктах стала использовать формат DXF (Autocad Data eXchange Format). Затем были разработаны язык Express и прикладные протоколы AP203 и AP214 в группе стандартов ISO 10303 STEP (Standard for Exchange Product Model Data).

Примерами САД/САМ-систем верхнего уровня являются CATIA (компания Dassault Systemes), Unigraphics (Unigraphics Solution), Pro/Engineer (PTC). Продукты этих фирм доступны с 1981, 1983 и 1987 г. соответственно. К числу САПР верхнего уровня в 90-е годы относились также EUCLID3 (Matra Datavision), I-DEAS (UGS), CADD5 (Computervision), но их развитие было прекращено в связи со слиянием компаний. К числу САД/САМ-систем среднего уровня на основе ядра Parasolid принадлежат, в частности, Solid Edge и Unigraphics Modeling (Unigraphics Solutions); SolidWorks (SolidWorks Corp.); MicroStation Modeler (Bentley Systems Inc.); Pro/Desktop (Parametric Technology Corp.); Anvil Express (MCS Inc.) и др.

Компания PTC в своих продуктах начинает применять разработанное ею в 2000 г. геометрическое ядро Granite One. В 1992 году корпорация Intergraph, один из ведущих на тот момент производителей САД-систем для машиностроения, приняла решение о разработке нового программного продукта, целиком построенного на базе платформы Wintel. В результате в конце 1995 года появилась система геометрического моделирования Solid Edge (такое имя получила новая система). В 1998 году к Unigraphics перешло все отделение Intergraph, занимающееся САПР для машиностроения. В это же время Solid Edge меняет геометрическое ядро ACIS на ядро Parasolid.

В 1999 год появляется 6-я версия Solid Edge на русском языке. В 1993 г. в США создается компания Solidworks Corporation и уже через два года она представила свой первый пакет твёрдотельного параметрического моделирования Solidworks на базе геометрического ядра Parasolid. Система Solidworks вошла в число ведущих систем среднего уровня. Ряд САД/САМ систем среднего и нижнего уровней разработан в СССР и России. Наибольшее распространение среди них получили Компас (компания Аскон) и T-Flex CAD (Топ Системы) и некоторые другие системы. Компания Аскон основана в 1989 г. В нее вошел коллектив разработчиков, который до этого в Коломенском конструкторском бюро машиностроения проектировал систему Каскад.

Первая версия Компас для 2D проектирования на персональных компьютерах появилась в том же 1989 г. В 2000 г. САПР Компас

распространена на 3D проектирование. В 2003 г. выпущена 6-я версия Компас и PDM система Лоцман PLM. Автоматизация технологической подготовки производства в системах САМ не была столь жестко привязана к аппаратным средствам машинной графики, как автоматизация конструирования в системах CAD.

Среди первых работ по автоматизации проектирования технологических процессов нужно отметить создание языка АРТ (Automatic Programming Tools) в 1961 г. в США. Этот язык стал родоначальником многих других языков программирования для оборудования с числовым программным управлением. В СССР Г.К. Горанский создает программы для расчетов режимов резания в первой половине 60-х годов. В.Д.Цветков, Н.М.Капустин, С.П.Митрофанов и др. разрабатывают методы синтеза технологических процессов в 70-е годы. В системах инженерных расчетов и анализа САЕ центральное место занимают программы моделирования полей физических величин, прежде всего это программы анализа прочности по методу конечных элементов (МКЭ). Метод конечных элементов разработан к 1950 г. специалистами, работающими в областях строительной механики и теории упругости.

В 1963 г. был предложен сравнительно простой способ применения МКЭ для анализа прочности путем минимизации потенциальной энергии. Появились программно-методические комплексы для анализа и моделирования на основе МКЭ. В 1965 г. NASA для поддержки проектов, связанных с космическими исследованиями, ставит задачу разработки конечно-элементного программного пакета. К 1970 г. такой пакет под названием *NASTRAN* (NAsa STRuctural ANalysis) был создан и начал эксплуатироваться. Стоимость разработки, продолжавшейся 5 лет, составила 3-4 млн долларов. Одной из компаний, участвовавших в разработке, была MSC (MacNeal-Schwendler Corporation). С 1973 г. MSC (с 1999 г. компания называется MSC Software Corporation) самостоятельно продолжает развивать пакет MSC.NASTRAN, который стал мировым лидером в своем классе продуктов.

В 1976 г. разработан комплекс *DYNA3D* (позднее названный *LS-DYNA*), предназначенный для анализа ударно-контактных взаимодействий деформируемых структур. К числу лидеров программ САЕ следует отнести также комплекс *Ansys*. Интересно отметить, что в 2000 г. с помощью средств многоаспектного моделирования, реализованных в *Ansys*, продемонстрирована возможность совместного моделирования электромагнитных, механических и тепловых процессов при проектировании микроэлектромеханических устройств. Мировым лидером среди программ анализа на макроуровне считается комплекс *Adams*, разработанный и развиваемый компанией *Mechanical Dynamics Inc. (MDI)*. Компания создана в 1977 г. Основное назначение *Adams* (Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems) -- кинематический и динамический анализ механических систем с автоматическим формированием и решением уравнений движения. Для проектирования систем, функционирование которых основано на взаимовлиянии процессов различной физической природы, важное значение имеет возможность многоаспектного моделирования.

Теоретические основы многоаспектного моделирования на базе аналогий физических величин рассматривались Г. Ольсоном (1947 г.), В.П. Сигорским (1975 г.) и были реализованы в программах моделирования ПА6 - ПА9, разработанных в МВТУ им. Н.Э.Баумана в 70-80-е годы. Основные положения многоаспектного моделирования в 1999 г. были закреплены в стандарте IEEE, посвященном языку VHDL-AMS.

#### Библиографический список

1. Гнеденко В.Г., Гуленков В.Ю., Дукарский С.М. и др. Номенклатура, назначение и обозначение классификаторов технико-экономической информации, используемых на предприятии/Методический материал//М.: Совинстандарт, 1991. - 41 стр.

2. Дукарский С.М., Иноземцев В.Ф., Шляпников В.И., Шмонин А.П. Автоматизированная система конструкторско-технологической классификации продукции машиностроения и приборостроения// Классификаторы и документы. 1991. №1. С. 11-20.

3. Дукарский С.М., Рубин Г.Я. Автоматизированная система классификации технологической документации//Классификаторы и документы. 1993. №3. С. 1-16.

4. Дукарский С.М., Иноземцев В.Ф., Рубин Г.Я., Шляпников В.И., Шмонин А.П. Автоматизированная система группирования изделий машиностроения//Классификаторы и документы. 1994. №1. С. 5-9.