

При этом был применен следующий алгоритм. Вначале осуществляется вставка в файл сборочной трехмерной модели базовой детали, относительно которой будут определены все остальные модели деталей гидроцилиндра. Затем, в файл сборочной модели гидроцилиндра осуществляется добавление требуемых, в соответствии с заданной конструкцией, моделей деталей. После этого накладываются взаимосвязи между моделями для определения их относительного положения в сборке. В результате проектирования формируется трехмерная модель объекта (рис.3) и комплект рабочих чертежей.

В настоящее время САПР гидроцилиндров проходит апробацию на предприятии ОАО «Агрегатный завод» и внедрена в учебный процесс на кафедре «Компьютерные технологии и системы» при подготовке инженеров по специальности «САПР».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аверченков В.И. Разработка специализированной САПР на основе системы T-FLEX CAD / В.И. Аверченков [и др.] // САПР и графика. – 2002г. №7 с. 49-52. 2. ГОСТ 6540-64 и 14063-68 Гидроцилиндры и пневмоцилиндры. Ряды основных параметров.

УДК 004.92

*Бурдо Е.Н.*

## СОВРЕМЕННЫЕ CAD-СИСТЕМЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

За последнее десятилетие уровень информационных технологий в проектировании значительно вырос и кардинально изменил представление о рабочем месте инженера-конструктора. Сегодня компьютер стал неотъемлемым инструментом специалиста конструктора практически во всех важных наукоемких областях промышленности (судостроение, авиастроение, двигателестроение, автомобилестроение и т.д.).

Рынок специализированного программного обеспечения или **CAD (Computer Aided Design)** технологий для проектирования и выпуска конструкторской документации насыщен всевозможными пакетами, и часто не легко сделать выбор, отдав предпочтение какой-либо из развитых CAD системе. Основные задачи, которые ставятся перед любой системой автоматизированного проектирования, – это сокращение сроков разработки нового изделия и повышение качества выполнения проекта.

Современные лидеры CAD систем – это, так называемые, системы «тяжелого» САПР. К наиболее известным в промышленности «тяжелым» системам можно отнести следующие CAD системы: **Pro/ENGINEER, UNIGRAPHICS** и **CATIA**.

Помимо «тяжелых» CAD-систем в данном обзоре представлены и другие широко известные системы.

### **Pro/ENGINEER**

**Pro/ENGINEER** (продукт компании PTC) – это многомодульная ассоциативная система, позволяющая работать в едином информационном пространстве проектировщикам-механикам, проектировщикам-электрикам, расчетчикам, технологам и дизайнерам. При использовании в производстве станков с ЧПУ Pro/ENGINEER позволяет выполнять весь перечень работ от эскиза детали до передачи данных управляющей программе обрабатывающего станка.

Pro/ENGINEER – это система трехмерного (3D) твердотельного проектирования. Следует отметить, что MCAD система Pro/ENGINEER, появившаяся в восьмидесятых годах, изначально создавалась как система 3D твердотельного проектирования. Преимущества 3D

проектирования очевидны, это наглядность в работе и удобство при создании сложных деталей и компоновок.

Вся информация в Pro/ENGINEER параметризирована. Это позволяет быстро модернизировать геометрию на любой стадии проектирования и легко осуществлять управление создаваемой конструкцией в процессе изменения исходных данных. Использование параметров модели позволяет автоматизировать заполнение штампов чертежей и создание спецификаций.

Pro/ENGINEER прост в использовании. Весь процесс создания модели идеологически близок процессу реального изготовления деталей. Черчение в процессе создания чертежей отсутствует. Виды создаются как оформленные определенным образом представления 3D модели.

## **CATIA**

### **(Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application)**

CATIA одна из известнейших универсальных CAD/CAM/CAE/PDM-систем. Заслуженное место в лидирующей группе на мировом рынке достигнуто ею благодаря реализации всестороннего комплексного интегрированного подхода, позволившего в одной системе успешно осуществлять весь цикл создания нового изделия: от разработки концептуальных моделей до подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ и выпуска необходимых чертежей и конструкторско-технологической документации.

К настоящему моменту CATIA Solution является полнофункциональной системой САПР и технологической подготовки производства, включающей в себя развитый интеллектуальный инструментальный трехмерного моделирования, подсистемы программной имитации самых сложных технологических процессов, средства анализа сложных механических агрегатов, развитую базу данных для хранения текстовой и графической информации. Ассоциативная связь «модель-чертеж» позволяет по созданной пространственной модели изделия создавать полную конструкторскую документацию и оперативно автоматически ее корректировать при внесении необходимых изменений в созданное изделие.

Система CATIA разработана фирмой Dassault Systemes (Франция,) и предлагается на рынке компанией IBM и ее партнерами. Качество предлагаемых программно-технических решений позволило системе занять достойное место в самых высокотехнологичных отраслях машиностроения: автомобильной, аэрокосмической, электронной и др. отраслях промышленности.

CATIA занимает около 70% мирового рынка систем автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства в авиакосмической промышленности и более 45% – в автомобилестроении (ее используют 14 из 20 крупнейших автомобилестроительных компаний).

## **Unigraphics**

CAD/CAE/CAM Unigraphics – система высокого уровня, предназначенная для решения всего комплекса задач, стоящих перед инженерами на всех этапах создания сложных технических изделий (предварительное проектирование, этап инженерного анализа и оптимизации конструкции, изготовление). По всему миру Unigraphics широко используется в аэрокосмической промышленности, автомобилестроении, общем машиностроении, производстве бытовой техники, игрушек, медицинских инструментов (продукт компании UGS).

Рабочее место представляет собой набор модулей, каждый из которых отвечает за определенные функции. Это позволяет составить оптимальный набор для решения задач дизайнера, конструктора, технолога.

Подход, основанный на назначении и анализе «сценариев», позволяет еще на ранних стадиях проекта манипулировать различными вариантами изделия и находить оптимальное конструкторское решение. Для моделирования литья пластмасс создан специальный модуль, имеющий препроцессор, средства анализа как такового и постпроцессор. Задав расчетную модель, ассоциативно связанную с геометрией детали, можно проанализировать процесс литья по времени заливки, по вероятности образования пузырьков воздуха, линий смятия потоков

и вероятности получения полной отливки. При расчете используется библиотека типовых материалов. Имеются средства наглядной эмуляции процесса на закрашенной или каркасной геометрии. Результаты анализа включают анимацию движения фронта отливки, время заполнения, расположение линий стыка, степень заполнения и изменение температур в процессе отливки.

Все это позволяет оценить пригодность созданной модели и при необходимости внести в нее изменения.

### **MSC.ADAMS**

#### *(Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems)*

MSC.ADAMS – это программная система, предназначенная для виртуального моделирования сложных машин и механизмов, разработанная компанией MSC.Software Corporation ([www.mssoftware.com](http://www.mssoftware.com)).

MSC.Adams заменяет дорогостоящие и длительные натурные эксперименты быстрым и подробным компьютерным моделированием, обеспечивая предприятиям экономию значительных средств и выход на рынок с всесторонне оптимизированными изделиями. С помощью MSC.Adams быстро создается полностью параметризованная модель изделия. Задав связи компонентов модели, приложив нагрузки, определив параметры кинематического воздействия и запустив расчет, можно получить данные, полностью идентичные результатам натурных испытаний системы. Таким образом, представление о работе изделия складывается еще до начала раскроя металла или отливки пластика для изготовления опытного образца.

MSC.ADAMS предоставляет пользователю следующие средства:

- Средства подготовки расчётной модели;
- Средства решения уравнений динамики объекта;
- Средства анализа результатов моделирования.

MSC.Adams может использоваться для улучшения конструкций всего, что движется: от простых механических и электромеханических устройств до автомобилей и самолетов, железнодорожной техники и космических аппаратов.

### **AutoCAD**

На сегодняшний день одна из самых популярных в мире систем автоматизированного проектирования и выпуска рабочей конструкторской и проектной документации. С его помощью создаются двумерные и трехмерные проекты различной степени сложности в области архитектуры и строительства, машиностроения, генплана, геодезии и т.д. Формат хранения данных AutoCAD де-факто признан международным стандартом хранения и передачи проектной документации.

Основные продукты: AutoCAD R14, R14 Internet Utilities, AutoCAD R13, R13 Internet Publishing Kit, AutoCAD LT, S8 Architectural, S8 Architectural Designer, S8 Architectural Professional, S8 Building Services, S8 Civil/Survey, S8 Survey Professional, AutoCAD AEC (UK/Ire.), AutoCAD Mechanical, Autodesk Mechanical Desktop, AutoCAD Map.

AutoCAD Mechanical – специальная версия AutoCAD, ориентированная на машиностроительное проектирование. Включает средства проектирования деталей машин, деталей типа «тело вращения», библиотеку стандартных деталей по восемнадцати международным стандартам. Основные стандарты проектирования и оформления документации – DIN, ANSI и ISO.

### **MSC.EASY5**

MSC.EASY5 система моделирования и расчета гетерогенных технических систем и устройств.

MSC.EASY5 – специализированный продукт для моделирования широкого круга сложных технических систем и устройств на схемном уровне. Средствами этого программного продукта моделируются цифровые и аналоговые системы управления, гидроприводы, трансмиссии, двигатели внутреннего сгорания, пневматические, механические и электрические устройства, системы кондиционирования, управления аэродинамическими поверхностями, системы впрыска топлива и т.д.

Программный пакет MSC.EASY5 включает множество готовых математических моделей, реализованных в виде отдельных функциональных блоков. С помощью языков С или Fortran можно создавать собственные функциональные блоки.

На базе перечисленных возможностей системы MSC.EASY5 и в интеграции с другими системами MSC создаются полные функциональные модели самолетов, автомобилей, танков, экскаваторов, приборов и т.д., исследуется их работа при выполнении различных задач и в различных условиях эксплуатации. Результатом становятся оптимальные решения, найденные благодаря точному комплексному компьютерному моделированию.

Среди пользователей MSC.EASY5 – ведущие мировые компании, работающие в авиационной, ракетно-космической, автомобильной, электронной, энергетической и других отраслях промышленности.

### **ITI-SIM**

**ITI-SIM** – разработка фирмы ITI GmbH Dresden позволяет строить модель из объектов, которые собраны в библиотеки Механика, Моторы, Передачи, Пневматика, Гидравлика, Сигналы и т.д. Программа автоматически составляет и решает уравнения движения. Результатом расчета являются силы, моменты, ускорения, скорости, энергия и другие, важные для конкретного модельного объекта, характеристики.

Основные достоинства программы **ITI-SIM**:

- Быстрое построение моделей из интуитивно-понятных объектов механики, пневматики и гидравлики, машиностроения и управления;
- Взаимодействие в одной модели механических, электрических, пневматических и гидравлических объектов и управляющих сигналов;
- Практически любые нелинейности, в том числе заданные таблично;
- Графическое представление результатов – нажатием кнопки на «мышке»;
- Автоматический анализ собственных частот и форм колебаний;
- Анимация построенных моделей с программой ITI-Vis3D;
- Наличие в Интернете описания большого количества примеров применения.

### **Matlab**

**MATLAB** – это высокоуровневый язык для технических расчетов, а также интерактивная среда для анализа данных, разработки алгоритмов и приложений. Версия **MATLAB 7** содержит множество важных новшеств в части эффективности программирования и генерации исполняемого кода, графики и визуализации, математики, доступа к данным, производительности.

**MATLAB 7** предлагает встроенную поддержку для целочисленной математики и математики с плавающей точкой, а также языковые конструкции для обработки и анализа больших наборов данных. Большое количество оптимизаций для типов данных, операций, функций и аппаратного обеспечения привело к значительному повышению скорости вычислений пользовательских приложений. Обновлен и усовершенствован компилятор **MATLAB Compiler**, который теперь полностью поддерживает язык **MATLAB**, позволяя разработчикам более эффективно создавать независимые приложения.

Среди новых программных возможностей следует отметить переработанный интерфейс, включающий новые программные и отладочные инструменты, автоматический анализ качества кода, а также возможность сохранения файла программы непосредственно в HTML- и Word- форматах. Новые интерактивные инструменты построения графиков обеспечивают более быстрое и удобное создание **MATLAB** графиков, включая возможность генерации кода для повторного многократного создания графиков.

Содержащийся в семействе продуктов **MATLAB 7** компилятор **MATLAB Compiler** поддерживает весь язык **MATLAB**, включая большинство приложений (**MATLAB Toolboxes**). Улучшенный компилятор **MATLAB Compiler** дает возможность инженерам распространять независимые приложения, разработанные в **MATLAB**, или включать их в такие средства разработки, как Excel, С, С++, и COM. В результате, ин-

женеры и ученые теперь могут создавать значительно более широкий спектр MATLAB-приложений и более широко их распространять.

1 Марта 2006 года вышел в свет новый релиз семейства продуктов MATLAB & Simulink - Release 2006a.

В новой версии помимо ядер программы MATLAB&Simulink существенные изменения претерпели 10 продуктов и были незначительно обновлены еще 62 продукта данного семейства.

Новый релиз R2006a позволяет использовать в MATLAB 64-битную адресацию под Windows XP 64-bit и ряд новых возможностей распределенных вычислений.

Кроме того, в этой версии обновлены средства разработки MATLAB для платформы .Net, средства генерации кода и интерфейс в Simulink.

### **SimMechanics - Simulink**

**SimMechanics** является составной частью семейства продуктов для моделирования физических систем в среде Simulink и позволяет моделировать системы управления с помощью ненаправленных сигнальных графов, объединять их с физическими моделями и моделями из других библиотек. Это дает возможность моделировать такие объекты, как наземные транспортные средства, летательные аппараты, производственное оборудование, до того, как будет начато их производство.

**SimMechanics** может моделировать различные геометрические конфигурации и реакции на механические воздействия и вырабатывать эффективные стратегии управления, добиваясь увеличения производительности и сокращать время разработки того или иного устройства.

Основные функциональные возможности пакета:

- моделирование механических систем с использованием модели твердого тела.
- допускается объединение механических блоков с другими типами блоков системы

Simulink.

- анализ трехмерных моделей и моделирование.
- библиотеки соединений и ограничений.
- моделирование линейных и угловых движений, заданных уравнениями сил и моментов.
- поддерживает операции триммирования и линеаризации при проектировании систем управления.

### **Modelica**

**Modelica** – объектно-ориентированный язык для моделирования сложных физических систем. Разрабатывается с 1996 года.

Основные особенности языка Modelica:

- Многопрофильность.
- Открытость.
- Гибкость.
- Высокая скорость разработки моделей.

Пакеты визуального моделирования позволяют пользователю вводить описание моделируемой системы в естественной для прикладной области и преимущественно графической форме, а также представлять результаты моделирования в наглядной форме, например, в виде диаграмм или анимационных картинок.

Одним из главных достоинств систем визуального моделирования является то, что они позволяют пользователю не заботиться о программной реализации модели, как о последовательности исполняемых операторов, и тем самым создают на компьютере некоторую чрезвычайно удобную среду, в которой можно создавать виртуальные, параллельно функционирующие системы и проводить эксперименты с ними. Образы можно перемещать, соединять и разъединять с помощью мыши. Кроме того, пользователь может видеть и оценивать результаты моделирования по ходу эксперимента и, при необходимости, активно в него вмешиваться.

Еще одной важной особенностью современного пакета автоматизации моделирования является использование технологии объектно-ориентированного моделирования, что позволяет резко расширить границы применимости и повторного использования уже созданных и подтвердивших свою работоспособность моделей.

Успех новой технологии резко расширил круг пользователей визуальных пакетов моделирования, что обострило вечную проблему достоверности получаемых решений. Графическая оболочка скрывает от пользователя сложную процедуру получения численного решения. В то же время, автоматический выбор нужного для решения конкретной задачи численного метода и настройка его параметров часто являются далеко не тривиальной задачей. В результате появляется опасность быстрого получения красиво оформленных, но неправильных результатов.

### **Продукты T-FLEX**

Российский программный комплекс **T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM**, - набор современных программных средств для решения задач технической подготовки производства любой сложности в различных отраслях промышленности. Комплекс объединяет системы для конструкторского и технологического проектирования, модули подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ и инженерных расчетов. Все программы комплекса функционируют на единой информационной платформе системы технического документооборота и ведения состава изделий.

Единый комплекс **T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM**, предлагаемый компанией «Топ Системы», включает программы для решения широчайшего спектра задач автоматизации технической подготовки производств.

Комплекс позволяет решить практически все задачи конструкторско-технологической подготовки производства: от получения заказа до изготовления изделия.

Новая версия системы для проектирования изделий – **T-FLEX CAD 10** – это множество новых и улучшенных возможностей для моделирования сложных трехмерных деталей и сборок, а также для создания чертежной документации.

В **T-FLEX CAD 10** был существенно усовершенствован диагностический механизм, который обеспечивает доступ ко всей информации по элементам, включая параметры проектирования, отношения между элементами и связи, заданные между ними. Добавлены новые инструменты по созданию и редактированию тел, поверхностей, сложных деталей, больших сборок. Новые возможности простановки размеров, шероховатостей, надписей и других элементов оформления непосредственно на 3D-модели позволяют теперь передавать не только геометрическую, но и технологическую информацию в прикладные программы. Кроме того, эта функциональность помогает ускорить оформление чертежей, полученных с помощью проектирования трехмерных моделей.

### **SolidWorks**

**SolidWorks** – система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения. **SolidWorks** является ядром интегрированного комплекса автоматизации предприятия, с помощью которого осуществляется поддержка жизненного цикла изделия в соответствии с концепцией **CALS-технологий**, включая двунаправленный обмен данными с другими Windows-приложениями и создание интерактивной документации.

Разработчиком САПР **SolidWorks** является **SolidWorks Corp.** (США), независимое подразделение компании **Dassault Systemes** (Франция) - мирового лидера в области высокотехнологичного программного обеспечения. Разработки **SolidWorks Corp.** характеризуются высокими показателями качества, надежности и производительности, что в сочетании с квалифицированной поддержкой делает **SolidWorks** лучшим решением для промышленности.

В зависимости от класса решаемых задач заказчикам предлагается три базовых конфигурации системы: **SolidWorks**, **SolidWorks Professional** и **SolidWorks Premium**.

1. <a href="http://www.ptc.com">http://www.ptc.com</a>	9. <a href="http://www.iti.de">www.iti.de</a>
2. <a href="http://www.paracomtech.ru">http://www.paracomtech.ru</a>	10. <a href="http://www.spbstu.ru">http://www.spbstu.ru</a>
3. <a href="http://www.dassault-systemes.com">http://www.dassault-systemes.com</a> , <a href="http://www.catia.spb.ru">http://www.catia.spb.ru</a>	11. <a href="http://matlab.exponenta.ru">http://matlab.exponenta.ru</a>
4. <a href="http://www.ugs.com">http://www.ugs.com</a>	12. <a href="http://rrc.dgu.ru">http://rrc.dgu.ru</a>
5. <a href="http://www.consistent.ru">http://www.consistent.ru</a>	13. <a href="http://www.exponenta.ru">http://www.exponenta.ru</a>
6. <a href="http://www.mssoftware.ru">http://www.mssoftware.ru</a> , <a href="http://www.csoft.ru">http://www.csoft.ru</a>	14. <a href="http://www.tflex.ru">http://www.tflex.ru</a>
7. <a href="http://www.autocad.ru">http://www.autocad.ru</a>	15. <a href="http://www.solidworks.ru">http://www.solidworks.ru</a>
8. <a href="http://www.csoft.ru">http://www.csoft.ru</a>	

УДК 621.4Д23

*Лихтарович Е.С., Присевок А.Ф.*

## СИСТЕМА БЕНЗОВОДОРОДНОГО ПИТАНИЯ ДВС С ИСКРОВОМ ЗАЖИГАНИЕМ И ПУТИ ЕЕ МОДЕРНИЗАЦИИ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

### *Аннотация*

Разработана система бензоводородного питания ДВС с искровым зажиганием. Применение данной системы снижает расход горючего и значительно понижает содержание токсичных составляющих в выхлопных газах двигателей. Повышает моторесурс двигателя.

**Введение.** Для обеспечения высоких мощностных, экономических и экологических показателей ДВС, необходимо совершенствовать процесс сгорания топливовоздушной смеси. Важную роль здесь играет смесеобразование, т.е. подготовка топливовоздушной смеси, ее состав, равномерность распределения по цилиндрам, степень испарения, вихревое движение заряда, температура, количество остаточных газов.

В горящей луже с бензином яркое пламя первой вспышки тотчас сменяется густым, темным дымом. Никогда лужа не горит красивым голубым пламенем, как бензиновая горелка, хороший примус или паяльная лампа, потому что после вспышки продукты сгорания мешают притоку свежего воздуха, она настолько богата топливом, что последнее горит медленно, сгорает плохо, не полностью.

В отличие от лужи с ее "неорганизованным" пламенем, состав смеси, сгорающей в примусе, паяльной лампе, во всех двигателях внутреннего сгорания, а также газотурбинных, ракетных и так далее, регулируемый: бензин, керосин, дизельное или ракетное топливо смешивается с окислителем (кислородом воздуха, жидким кислородом, азотной кислотой и др.) в строго определенных соотношениях. Горючая смесь состоит из бензина и воздуха, в которой на 1 кг паров бензина приходится 15 кг воздуха (со стандартным содержанием в нем кислорода), принято называть нормальной. Если на ней работает двигатель вашего автомобиля, его мощность достаточно высока при неплохой экономичности.

Уменьшим поступление воздуха до 12,5-13 кг. Смесь, как принято говорить, обогатится (бензином) - станет так называемой мощностной, потому что, сгорая в цилиндрах наиболее быстро, создает максимальное давление на поршни, а значит, высокую мощность. Правда, экономичность ухудшается довольно ощутимо, на 15-20% в сравнении с "идеалом". Если стремиться к экономичности, воздуха к смеси следует немного добавить - до 16 кг на 1 кг бензина. Такую смесь и называют экономичной. Расход бензина становится минимальным, правда, ценой некоторых потерь мощности - до 8-10% в сравнении с "мощностной". Смесь такого состава принято называть обедненной. Если при сгорании на 1 кг бензина затрачивается лишь 11-12 кг воздуха, смесь называют богатой. Дальнейшее обогащение 5-6 кг