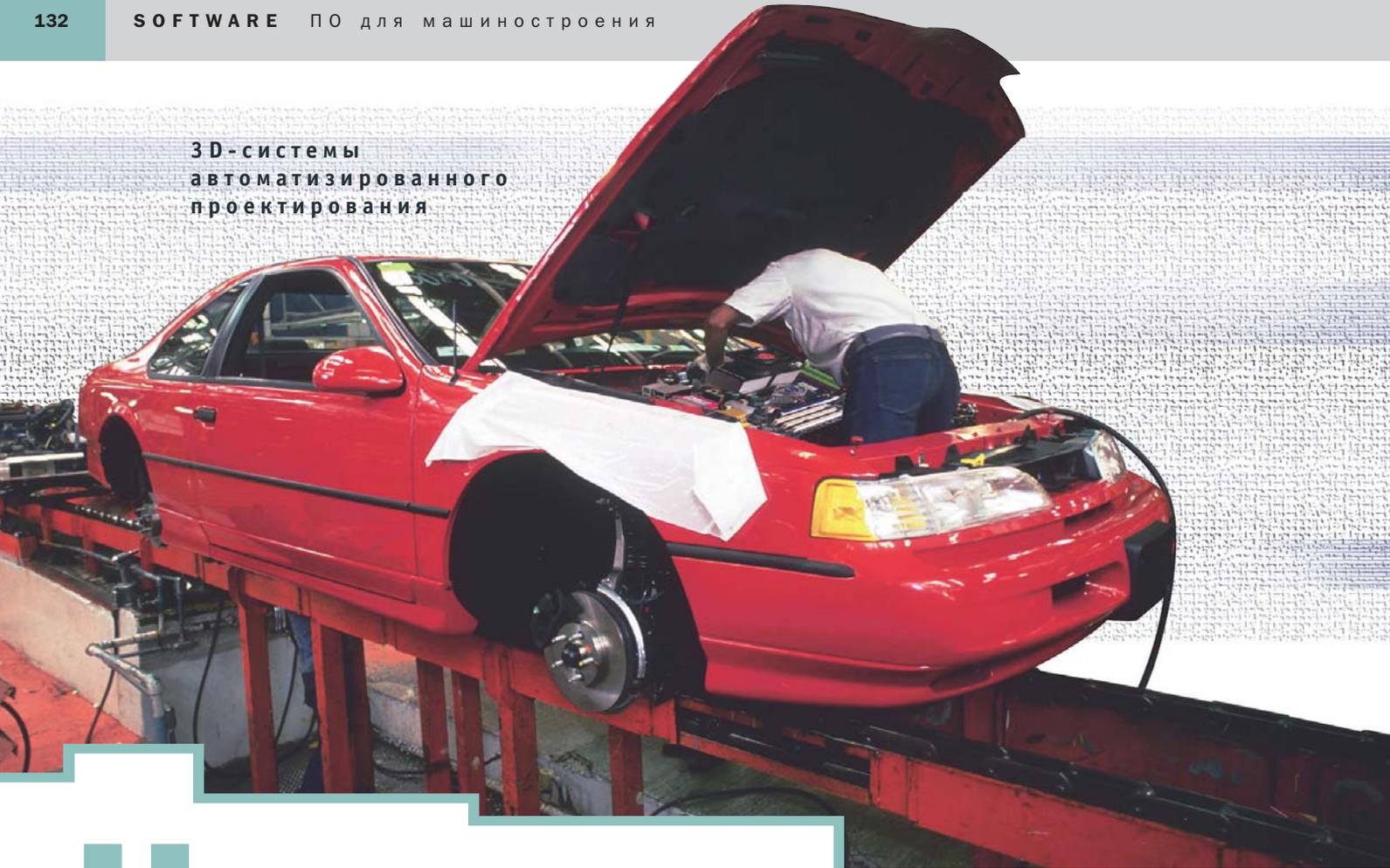


3D-системы
автоматизированного
проектирования



На пути к конвейеру

В процессе проектирования какого-либо изделия или узла инженеры создают его трехмерную модель с помощью систем автоматизированного проектирования. Сегодня речь пойдет об этих программах, причем мы решили остановиться именно на отечественных разработках.

Обычный пользователь знаком лишь с некоторыми из программ трехмерного моделирования, с которыми обычно работают художники и дизайнеры. И еще в меньшей степени он знаком с редакторами, относящимися к автоматизированным системам конструирования (CAD, CAM), которые также решают задачи трехмерного моделирования, но предназначены для инженеров и конструкторов. Обычно при произношении сочетания CAD вспоминают программу AutoCAD. Но

не о ней речь, да и, в общем-то, если быть абсолютно точным, эта программа двухмерная, а не трехмерная, и предназначена она в основном для создания чертежей. Мы же говорим о редакторах трехмерного моделирования и системах, в которые они входят как составное звено.

Итак, есть 3D-пакеты, одни из которых предназначены в основном для создания кино и иллюстраций, другие — для конструирования. Сферы применения этих двух огромных групп иногда могут пере-»

» секаться, особенно в тех вопросах, когда речь идет о дизайне. И, наверное, вам приходилось видеть модели самолетов, автомобилей, созданные, например, в 3D Studio MAX. Но в то же время есть модели, которые разработаны и спроектированы с помощью других редакторов.

А модели отличаются следующим. В первом случае для выполнения иллюстративных задач они имеют второстепенное значение, а первостепенное значение имеет общий вид, то есть внешние очертания. Иногда также важно представить вид материала будущего покрытия. Не имеет особого значения (за редким исключением) внутреннее содержание модели, важно лишь то, насколько правильно построена ее оболочка, соблюдены пропорции сторон, составных элементов, если они есть. Например, автомобиль состоит из огромного количества элементов. Трехмерная же модель автомобиля, созданного для дизайнерских, рекламных, иллюстративных целей, в лучшем случае состоит всего-навсего из нескольких элементов — кузова, колес, бампера, частично прозрачных стекол, а также видимых за стеклом сидений, руля, приборной панели и др.

Но в том случае, когда автомобиль создается с помощью системы автоматического проектирования (САПР), можно построить модель, включающую в себя все элементы: от самой мелкой детали до кузова и кожуха двигателя. Более того, чтобы показать сечение какой-либо составной части модели, требуется

особая технология, называемая твердотельным моделированием. Благодаря такой технологии оболочка модели объекта перестает быть «пустой», она, образно говоря, «наполняется» содержимым, в результате 3D-модель становится более приближенной к ее реальному прототипу. Это еще не все. Помните, мы говорили о размерах? Для инженеров-конструкторов, в отличие от дизайнеров и художников, размеры модели и ее составных частей имеют первостепенное значение. Ведь, не зная их, нельзя ни построить автомобиль, ни изготовить самую наипростейшую деталь. И любой редактор CAD, CAM, CAE должен обладать возможностью простановки размеров (иногда автоматически), более того, он должен «понимать» стандарты, принятые в России, США, странах Европы и др.

Так о каких же редакторах идет речь? Назовем некоторые из них. В настоящее время системы автоматизации проектирования условно разбили на три группы:

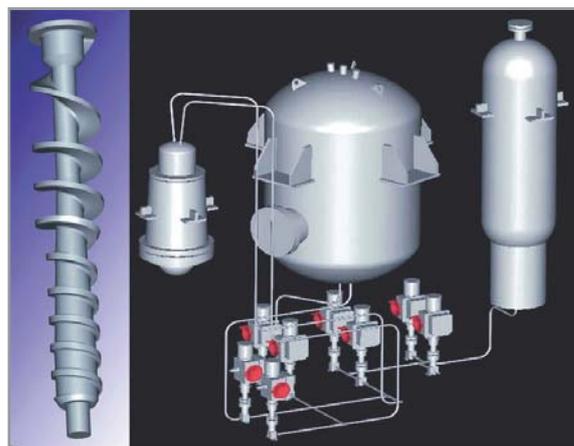
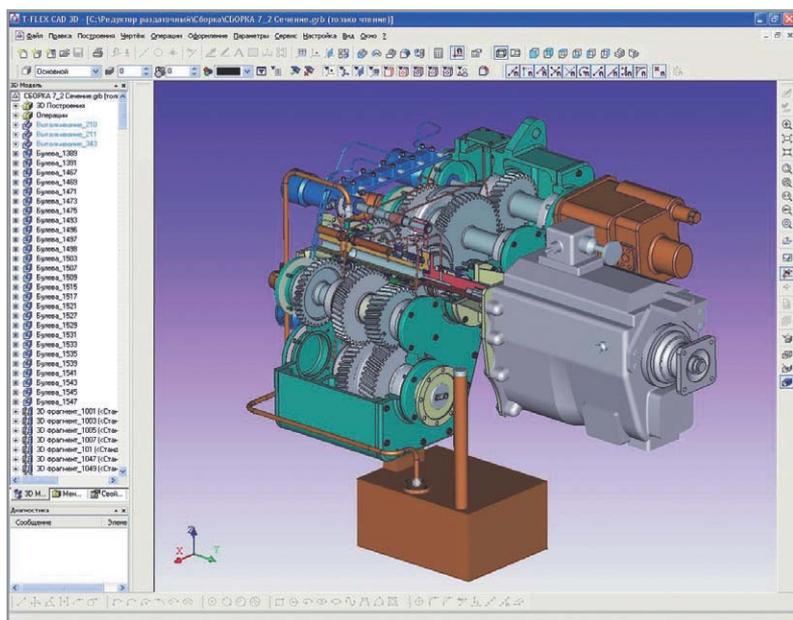
- ▶ **тяжелые** — многофункциональные, но в то же время дорогостоящие пакеты, с помощью которых на сегодняшний день можно создать практически все, в том числе авиационную и космическую технику;
- ▶ **средние** — в эту группу входят наиболее распространенные и известные пакеты, большинство из которых позволяют решить подавляющее число задач, возникающих перед инженером-конструктором;

▶ **легкие** — недорогие пакеты, предназначенные в основном для создания отдельных узлов и агрегатов.

К первой группе принадлежат такие пакеты, как Pro/Engineer, CATIA и Uni-graphics. Вторая группа более многочисленна, и некоторые из редакторов именно этой группы рассматриваются в данной статье. Сюда относят: Solid-Works, Solid Edge, CADKEY, Mechanical Desktop, Delcam Power Shape, а также российские пакеты T-FLEX, «КОМПАС» и др.

Исходя из того, что «программы-тяжеловесы» очень мощны, не следует думать, что автор призывает кого-то из читателей ориентироваться только на них и только их покупать. Это не так. Все должно быть соизмеримо и востребованно, и для того чтобы огородить дачу забором, не следует покупать комбинат по производству пиломатериалов. Сложные программы даже на крупном авиационном предприятии могут быть нужны лишь нескольким специалистам, и чаще всего это ведущие конструкторы. На остальных рабочих местах вполне достаточно иметь хорошего «среднячка».

Впрочем, пора рассказать о некоторых из перечисленных программ, и в первую очередь о тех, которые разработаны российскими компаниями. Это такие программные продукты, как T-FLEX компании «Топ Системы», «КОМПАС» от «АСКОН», «КРЕДО» разработки НИЦ АСК.



▲ Эти изделия спроектированы с помощью систем T-FLEX

◀ Внешний вид программы T-FLEX CAD 3D. В окне документа виден редуктор, созданный с помощью данной программы



▲ Визуализация жилой комнаты. Разве это не пример выполнения дизайнерских задач с помощью системы инженерного проектирования?

» T-FLEX

Когда несколько лет назад я впервые познакомился с T-FLEX CAD 3D, у меня сразу же возник вопрос: а нельзя ли данную программу переделать таким образом, чтобы она стала инструментом 3D-художника? Ведь она построена на ядре Parasolid от Unigraphics Solutions (на том же, что и пакеты Unigraphics, Solid Edge и SolidWorks), с ее помощью можно легко создать модель любого объекта, присвоить ему материал (текстуры и т. п.), задать анимацию. А то, что программа использует твердотельное моделирование, это даже интересно, ведь многим художникам уже недостаточно возможностей даже самых мощных дизайнерских пакетов, где в основном применяется моделирование только одной поверхности объекта или неких объемов с помощью системы частиц.

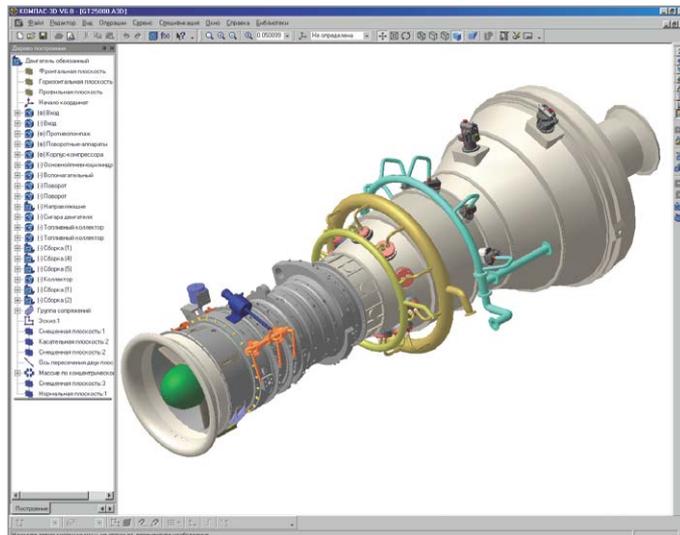
Вообще, разработчик — компания «Топ Системы» — предлагает следующие пакеты, позволяющие автоматизировать процесс создания конструкторской документации:

- ▶ **T-FLEX CAD LT** — автоматизация черчения;
- ▶ **T-FLEX CAD 2D** — автоматизация двухмерного проектирования;
- ▶ **T-FLEX CAD 3D** — трехмерное моделирование;

Также имеется пакет T-FLEX CAD 3D SE, предназначенный для подготовки чертежей по уже созданным в T-FLEX CAD 3D или импортированным из других систем трехмерным моделям.

Заметим, что с помощью T-FLEX CAD 2D можно быстро построить любые линии, в том числе и сложные кривые, проставить размеры, ввести текстовые ссылки и примечания, создать таблицы и т. п. В основе T-FLEX CAD 2D лежит новое параметрическое ядро, благодаря чему все параметры чертежа могут быть выражены в переменных, рассчитаны с помощью формул, выбраны из баз данных. По этой причине облик чертежа легко видоизменяется, и, например, при перемещении линий построения или изменении их параметров (расстояний, радиусов и т. д.) линии изображения, размеры, штриховки следуют за ними. Используя созданные в T-FLEX CAD 2D параметрические чертежи отдельных деталей, их можно соединять в сборочные чертежи (чертежи сборочных узлов). Также, используя открытую библиотеку API-функций, можно создавать свои программные приложения, интегрированные с T-FLEX CAD, например, на Visual Basic разработать систему проектирования режущего инструмента, которая использует T-FLEX CAD для автоматической генерации чертежной документации по рассчитанным параметрам.

Система T-FLEX CAD 3D также является параметрической и в первую очередь предназначена для выполнения задач в области трехмерного моделирования, но вместе с тем содержит в себе полный набор средств для двухмерного проектирования и оформления чертежной документации.

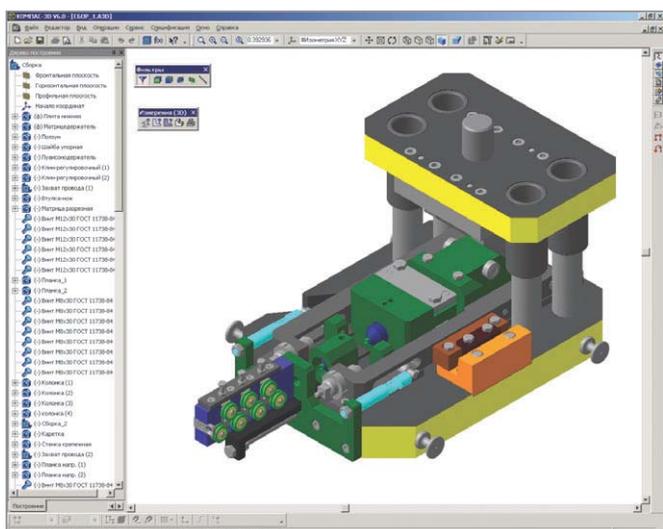


▲ Модель, созданная в «КОМПАС 3D». Блок газотурбинного двигателя, НПК «Зоря-Машпроект» (Украина)

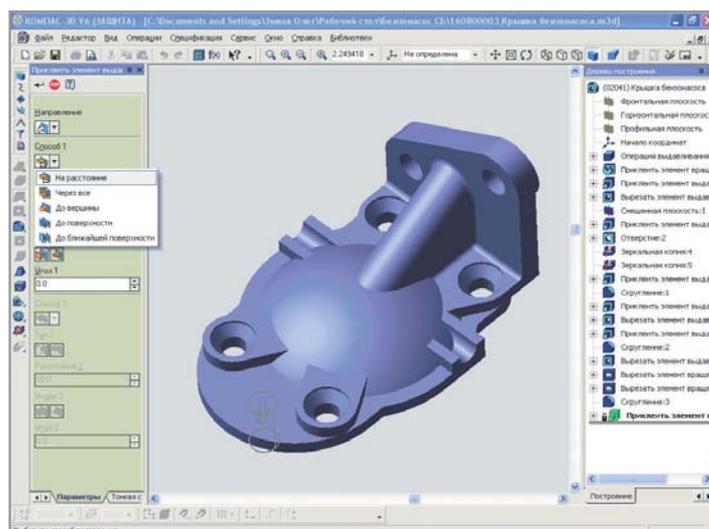
Как уже говорилось, система T-FLEX CAD 3D построена на геометрическом ядре Parasolid, как и многие ведущие пакеты 3D-моделирования, чем обеспечивается высокая степень ее интеграции с большинством из них. Моделирование в T-FLEX CAD 3D может осуществляться как непосредственно в среде 3D, так и на основе данных двухмерного чертежа. Для создания элементов изделий используются разнообразные методы, присущие лучшим редакторам трехмерного моделирования.

T-FLEX CAD 3D работает не только с отдельными трехмерными объектами, но и с трехмерными сборочными моделями. Трехмерная сборка в T-FLEX CAD является параметрической, и она состоит из отдельных параметрических деталей, связанных между собой. Поэтому при изменении размера или положения какой-либо детали другие будут автоматически скорректированы. Сочетание функций трехмерного моделирования отдельных деталей, функций проектирования сборочных моделей и всех функций оформления чертежей позволяет T-FLEX CAD 3D выдерживать конкуренцию с известными зарубежными системами и по определенным параметрам даже превосходить их. В комплект поставки T-FLEX CAD входят обширные библиотеки:

- ▶ **машиностроительная** — включает конструктивные элементы (отверстия, пазы, фаски и т. п.) и модели таких стандартных изделий, как болты, винты, шпильки, гайки, штифты, уголки, профили и др.;



▲ Модель, созданная в «КОМПАС 3D». Штмп-автомат, Кентаусский трансформаторный завод (Казахстан)



▲ Модель, созданная пользователями «КОМПАС 3D». Крышка бензонасоса

- » ► **кинематическая** — содержит параметрические изображения кинематических пар, муфт, подшипников, кулачков и т. п.;
- **элементов трубопроводов** — переходники, тройники, муфты;
- **элементов гидравлических и пневматических схем** — она включает в себя дроссели, сумматоры, манометры;
- **радиоэлементов** — антенны, диоды, конденсаторы, транзисторы и т. п.

Дополнительно поставляются библиотеки элементов станочных приспособлений и элементов электрических схем.

«КОМПАС»

Компания «АСКОН» существует с 1989 года, тогда же начат выпуск ее основного продукта — комплекса «КОМПАС» (КОМПлекс Автоматизированных Систем), который в настоящее время является одной из наиболее известных и распространенных российских САПР. В апреле 2003 года вышла новая версия комплекса «КОМПАС V6». Если же говорить о системе твердотельного моделирования «КОМПАС 3D», то она появилась еще в рамках пятой версии в 2000 году.

Комплекс «КОМПАС» включает несколько компонентов:

- **систему управления инженерными данными и жизненным циклом изделия корпоративного уровня «ЛОЦМАН: PLM»** — по сути, это ядро комплекса, содержащее всю информацию об изделиях;
- **информационную платформу** — набор баз данных (справочников) серии «ЛОЦ-

МАН», к которым обращаются остальные компоненты комплекса. Сюда относятся данные о материалах и сортаментах, используемых в производстве и эксплуатации выпускаемых изделий, данные о стандартных изделиях, по единицам измерений, по оборудованию, инструменту и т. д.

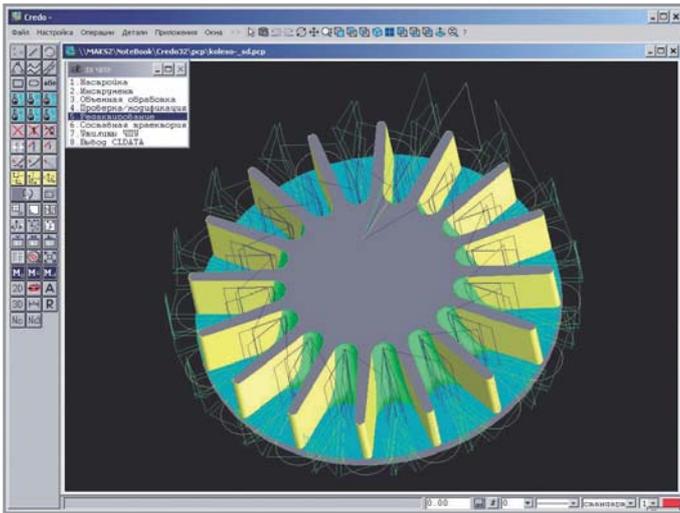
- **системы автоматизации конструкторской подготовки производства «КОМПАС 3D» и «КОМПАС-ГРАФИК»** с множеством дополнительных специализированных САПР и библиотек;
- **систему автоматизации технологической подготовки производства «КОМПАС-АВТОПРОЕКТ»**, включающую дополнительные модули технологических расчетов, формирования отчетов и т. д.

На всех этапах конструирования и изготовления изделия используются единые справочники «ЛОЦМАН», позволяющие уменьшить временные затраты на согласование документации между конструкторскими и технологическими службами, а также при передаче документации в отделы материально-технического снабжения, планирования и др. Например, конструктор на этапе принятия решения об использовании материала может выбрать тот материал, который при прочих равных характеристиках имеет наименьшую стоимость, определяемую планово-экономическим отделом. В свою очередь, технолог при выборе сортамента остановится на том, который доступен для заказа отделом материально-технического снабжения. В результате сокращается количество

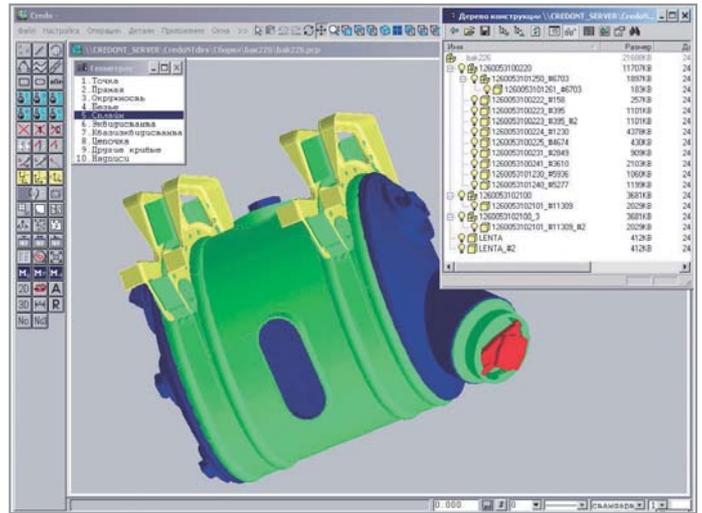
возвратов документов на доработку. Параллельное выполнение работ и взаимодействие конструкторов, технологов и других специалистов при разработке документации на изделие и организации производства обеспечивают встроенные в систему «ЛОЦМАН:PLM» модуль управления рабочими процессами (модуль Workflow) и модуль просмотра и аннотирования документов (RedLining).

На этапе конструкторской подготовки производства главный конструктор проекта определяет в системе «ЛОЦМАН:PLM» укрупненный состав разрабатываемого изделия в виде перечня основных узлов. Используя модуль Workflow, интегрированный с системой электронной почты предприятия, он распределяет задания на проработку того или иного узла ведущим конструкторам отдела и впоследствии контролирует сроки и объемы выполненной работы. При помощи систем «КОМПАС 3D» и «КОМПАС-ГРАФИК» конструкторы создают математическую модель изделия и подготавливают комплект конструкторской документации, а в системе «ЛОЦМАН:PLM» параллельно формируется окончательный состав изделия.

Далее технологические службы, используя систему «КОМПАС-АВТОПРОЕКТ», определяют маршрут изготовления и оценивают потребность в средствах технологического оснащения, проектируют в «КОМПАС 3D» оснастку и инструмент, рассчитывают нормы расхода материалов, режимы обработки и трудоемкость операций.



▲ Внешний вид редактора «КРЕДО»



▲ Макет изделия, спроектированного в «КРЕДО»

» Система «КОМПАС 3D» предназначена для создания трехмерных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Стоит заметить, что в «КОМПАС 3D» используются математическое ядро и параметрические технологии, разработанные специалистами «АСКОН». Моделирование изделий в «КОМПАС 3D» можно вести различными способами: или используя уже готовые компоненты, или проектируя их в контексте конструкции, опираясь на компоновочный эскиз, например кинематическую схему. Система обладает мощным функционалом для работы над проектами, включающими несколько тысяч подборок, деталей и стандартных изделий. Она поддерживает все основные возможности трехмерного твердотельного моделирования, ставшие стандартом для 3D САПР среднего уровня:

- ▶ Булевы операции;
- ▶ задание параметров элементов модели, а также их изменение на любом этапе моделирования;
- ▶ построение вспомогательных линий и плоскостей, эскизов, пространственных кривых;
- ▶ создание конструктивных элементов: фасок, скруглений, отверстий, ребер жесткости, тонкостенных оболочек;
- ▶ специальные возможности, облегчающие построение литейных форм: литейные уклоны, линии разреза, полос-

ти по форме детали (в том числе с заданием усадки);

- ▶ создание любых массивов формообразующих элементов и компонентов сборок;
- ▶ использование стандартных изделий из библиотек, формирование новых библиотек моделей;
- ▶ моделирование узлов в сборке;
- ▶ обнаружение взаимопроникновения деталей.

«КОМПАС 3D» поддерживает форматы IGES, SAT, XT, STEP, VRML.

«КРЕДО»

Программный продукт «КРЕДО» (система Конструирования, Редактирования и Документирования) известен еще со времен существования СССР. По сути, это первая российская САПР, которая не только автоматизировала работу по созданию чертежей и другой документации, но и позволяла моделировать 3D-объекты. По этой причине система «КРЕДО» являлась ведущей российской системой проектирования до начала 90-х годов, и по этой же причине и из-за резкого снижения финансирования всей отрасли несколько позже она потеряла свои лидерские позиции.

Для уточнения: первоначально (до появления «КРЕДО») был создан комплекс «Базовое программно-информационное обеспечение автоматизированных систем конструирования» (БПИО АСК), в состав которого, например, входил пакет геометрического моделирования «МАСТЕР», который до сих пор эксплуатируется на некоторых предприятиях.

Итак, «КРЕДО» — это интегрированная система среднего класса, работающая в среде Windows с возможностями трехмерного моделирования геометрических объектов, оформления конструкторской документации и создания спецификаций, подготовки управляющих программ для оборудования с ЧПУ и ведения архива конструкторско-технологической документации... В настоящее время выпущена седьмая версия системы, которая интегрирует свою работу практически со всеми CAD/CAM-пакетами, присутствующими на российском рынке. Имеются следующие типовые конфигурации «КРЕДО»:

- ▶ **КРЕДО 2D** — каркасное моделирование в пространстве и оформление конструкторской документации;
- ▶ **КРЕДО 3D** — включает в себя систему КРЕДО 2D и объемное моделирование, анализ, развертку произвольных поверхностей, формирование структуры изделия;
- ▶ **КРЕДО 3D+** — включает КРЕДО 3D и подготовку управляющих программ для токарной и фрезерной обработки.

Также к типовым конфигурациям предлагается ряд специализированных приложений.

Сейчас компания завершает разработку модуля, позволяющего на станках с ЧПУ формировать траектории твердотельных моделей, импортированных из других систем. Новый модуль обладает целым рядом особенностей, в частности — невысокими требованиями к качеству геометрических моделей. Также ведется разработка соб-

» ственного модуля твердотельного моделирования.

Специалисты компании считают наиболее перспективным для них направлением развитие подсистемы числового программного управления, обеспечивающей выбор геометрии обрабатываемой поверхности, задание режущего инструмента и технологических параметров, расчет траектории движения инструмента, контроль и анализ траекторий, формирование и вывод управляющих программ.

Заключение

Читатель вправе задать вопрос: «А какая же из затронутых в статье программ лучшая?» Откровенно говоря, в данном случае мне не хочется давать какие-либо советы. А если серьезно, то нужно сказать о следующем. Программы нужно подбирать не только по критериям «мощный — слабый», «дорогой — дешевый» редактор и т. п. Как правило, более важным фактором оказываются совершенно другие критерии, что особенно важно при решении инженерных за-

дач. И чаще всего многие из них могут быть решены с помощью недорогих пакетов, приспособленных под конкретные нужды производителя. К тому же большинство программ примерно равны по возможностям, и они постоянно обновляются. Поэтому в первую очередь нужно обращать внимание на взаимодействие, партнерские отношения с разработчиками и их поддержку.

В результате налаживается обратная связь системы «разработчик-заказчик», благодаря чему какой-либо редактор, который был слабым и несколько неудобным вчера, завтра может стать мощным и адаптированным инструментом для решения именно ваших задач.

Все перечисленные системы моделирования — T-FLEX, «КОМПАС» и «КРЕДО» — могут использоваться совместно с другими пакетами, например с Pro/Engineer или Unigraphics. И в большинстве случаев форматы многих других пакетов или поддерживаются, или могут быть преобразованы в те форматы, которые воспринимаются программами.

«КОМПАС 3D» 6.0

Разработчик ▶ АО «АСКОН»
Сайт разработчика ▶ www.ascon.ru
Условия распространения ▶ commercial
Стоимость ▶ от \$2000

T-FLEX CAD 3D 8.0

Разработчик ▶ АО «Топ Системы»
Сайт разработчика ▶ www.topsystems.ru
Условия распространения ▶ commercial
Стоимость ▶ \$2895

«КРЕДО 3D»

Разработчик ▶ НИЦ АСК
Сайт разработчика ▶ www.nicask.ru
Условия распространения ▶ commercial
Стоимость ▶ от \$1440

Очень хотелось бы, чтобы на российских предприятиях и в конструкторских бюро использовались преимущественно отечественные программные продукты. Поверьте, они ничуть не хуже известных зарубежных аналогов, о которых мы почему-то знаем больше.

■ ■ ■ Виктор Солдучк

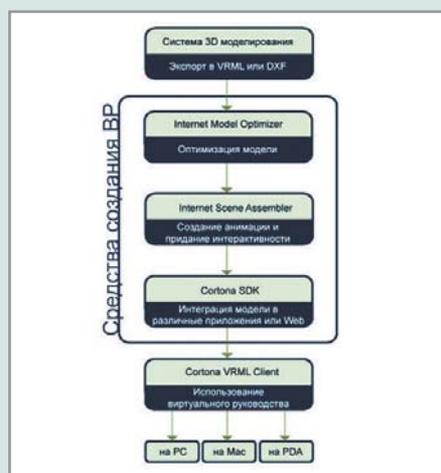
Полезное дополнение

Виртуальные руководства ParallelGraphics

Компания ParallelGraphics (известная также как «Параграф») не создает системы управления конструкторской документацией в том смысле, в котором к этому процессу подходят создатели «КРЕДО», «КОМПАС» и T-FLEX. Она на основе существующих чертежей трехмерных моделей разрабатывает виртуальные руководства, с помощью которых обсуждаются такие вопросы, как изучение изделия, его презентация. Руководства не требуют наличия мощного компьютерного оборудования, они распространяются посредством различных носителей, а также могут работать через Интернет, включая те случаи, когда связь осуществляется через модем. Данное условие обеспечивается тем, что файлы с трехмерными моделями оптимизируются и имеют относительно небольшие размеры.

Существующая модель экспортируется из системы CAD или такого пакета как 3D Studio MAX в формат VRML или DXF. Далее она обрабатывается (операция оптимизации) в Internet Model Optimizer (IMO), благодаря чему размер исходного файла уменьшается более

чем в десять раз. Что важно, на данном этапе пользователь может управлять процессом оптимизации не только всей модели, но и ее составных частей. Следующий шаг включает применение пакета Internet Scene Assembler (ISA), благодаря которому пользователь применяет визуальный объектно-ориентированный подход для создания интерактивной трехмерной сцены из сложных составных



▲ Процесс разработки виртуального руководства

компонентов. Также имеется возможность применения программы VrmIPad для внесения изменений непосредственно в исходный код модели. После создания (точнее — преобразования) 3D-модели она с помощью Cortona Software Development Kit (Cortona SDK) интегрируется в web-сайт или автономное приложение. После последней операции виртуальное руководство готово к использованию при условии наличия на рабочем месте VRML-клиента Cortona, который можно загрузить с web-сайта компании. Преимущество использования описанных виртуальных руководств в том, что во время обучения авиационный техник или другой специалист последовательно, шаг за шагом видит, как происходит сборка или разборка того или иного узла самолета, и в дальнейшем он может применить полученные знания на практике. Подобная технология оказалась достаточно привлекательной даже для такой известнейшей и крупнейшей в мире аэрокосмической компании, как Boeing, с которой фирма ParallelGraphics подписала договор о сотрудничестве.