

Autodesk Inventor:

а что если?..



*Умен не тот, кто делает много,
но тот, кто делает,
что следует.*

Стобей

Опыт показал, что создание систем, которые способны решать весь спектр машиностроительных задач, неэффективно:

- во-первых, просто нереально охватить абсолютно все машиностроительные задачи;
- во-вторых, компания, которая берет на себя решение всех задач или хотя бы большого их спектра, должна располагать специалистами в области решения каждой задачи. При этом чем шире спектр решаемых задач, тем больше вероятность, что существуют решения, которые решают отдельные задачи гораздо лучше.

Где же выход? А выход очень простой — предлагать базовое решение и давать пользователям и сторонним разработчикам средства для адаптации этого решения к своей области, дополнения его новыми инструментами и возможностями.

Этим путем идут сейчас практически все ведущие разработчики систем САПР. Современные системы трехмерного моделирования яв-

А что если мне надо изготовить модель на станке с ЧПУ? Или посчитать изделие на прочность и сделать кинематический или динамический анализ? Autodesk Inventor может ЭТО? На такие вопросы можно ответить только вынесенными в эпиграф словами византийского ученого: "Умен тот, кто делает, что следует".

▼ Manufacturing
 Assembly Modeling
 Component Design
 Drafting
 Electronic Schematics
 Engineering Analysis
 Mechanical Design Visualization
 Mold Making
 Motion Analysis
 NC Manufacturing
 Printed Circuit Board Layout
 Production Engineering
 Sheet Metal Layout
 Tool and Die
 Other (Manufacturing)
 Professional Services

ляются базой для разработки специализированных приложений. Системы проектирования высокого уровня (например, Unigraphics) строятся по модульному принципу — в них выделяется базовая система моделирования и набор специализированных модулей-приложений.

Первый продукт компании Autodesk — AutoCAD — на сегодня побил все рекорды по количеству приложений сторонних разработчиков и самих пользователей. Появление Autodesk Mechanical Desktop привело к появлению альянса разработчиков — Mechanical Application Initiative, который курирует сама компания Autodesk. В альянс

входят компании, специализирующиеся на решении "узких" задач (создание конструкторских библиотек, сборка узлов, оформление чертежей, схемотехника, инженерный анализ, визуализация, выход на станки с ЧПУ, проектирование тонколистных изделий, печатных плат, прессформ и т.д.). Следующим шагом Autodesk стало создание Autodesk Inventor — замечательной системы трехмерного моделирования. Не прошло и двух лет, а система уже обзавелась более чем пятьюдесятью приложениями и с каждым днем их число растет.

В этой статье мы расскажем о наиболее интересных из них. Системы, о которых далее пойдет речь, интегрированы в оболочку Autodesk Inventor и решают задачи проектирования и инженерного анализа конструкции. А для начала — небольшой анонс.

TIPS & TRICKS

Autodesk Inventor. Операционные системы, поддерживаемые сейчас и в будущем

Autodesk Inventor 5/5.3 поддерживает следующие операционные системы:

- Microsoft Windows XP Professional;
- Windows 2000 Professional (рекомендуется использовать SP1 и выше);
- Windows NT 4 (рекомендуется использовать SP6);
- Windows Me (только для обучения и работы дома).

Autodesk Inventor создавался и оптимизировался для работы в среде Windows 2000. Поэтому пользователям, работающим в Windows Me, рекомендуется переходить на платформы Windows 2000 или Windows XP, которые обеспечивают наилучшее соответствие требованиям современных высокопроизводительных систем трехмерного проектирования. Windows Me следует использовать крайне осторожно, причем только для обучения и работы дома.

Autodesk Inventor 5.3 — последняя версия Autodesk Inventor, которая будет тестироваться и поддерживать платформу Windows NT4 и Windows 98SE/Me. В дальнейшем будут поддерживаться только операционные системы Windows 2000 Professional и Windows XP.

Autodesk Inventor Series.

С какого диска необходимо устанавливать Volo View Express?

На двух дисках пакета Autodesk Inventor Series содержатся разные версии Volo View Express. На диске с Autodesk Mechanical Desktop 6 (CD#2) это версия 1.14 (build 530), а на диске Autodesk Inventor 5.3 (CD#1) — версия 2 (build 644).

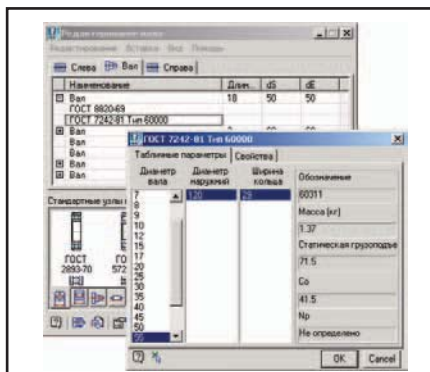
Служба технической поддержки Autodesk настоятельно рекомендует установить Volo View Express 2 (build 644) перед инсталляцией Autodesk Inventor 5.3, так как некоторые функции Inventor требуют наличия Volo View Express 2.

AutoCAD. Как вывести на печать несколько копий чертежа с помощью утилиты пакетной печати?

Утилита пакетной печати не имеет такого параметра, как количество копий, поэтому если вам необходимо напечатать несколько экземпляров чертежа, его нужно столько же раз добавить в список.

Проектирование и оформление чертежей в соответствии с российскими стандартами

Летом 2002 года выходит новый продукт компании Consistent Software — MechaniCS для Autodesk Inventor. До сих пор система MechaniCS была приложением только для AutoCAD/AutoCAD LT,



решая задачи двумерного проектирования и оформления чертежей по ЕСКД. В этот продукт включены алгоритмы автоматизированного нормоконтроля и контроля качества проектируемого изделия, многовариантного проектирования изделий. Продукт поражает удобством и легкостью в работе. С его двумерной версией познакомились многие ты-

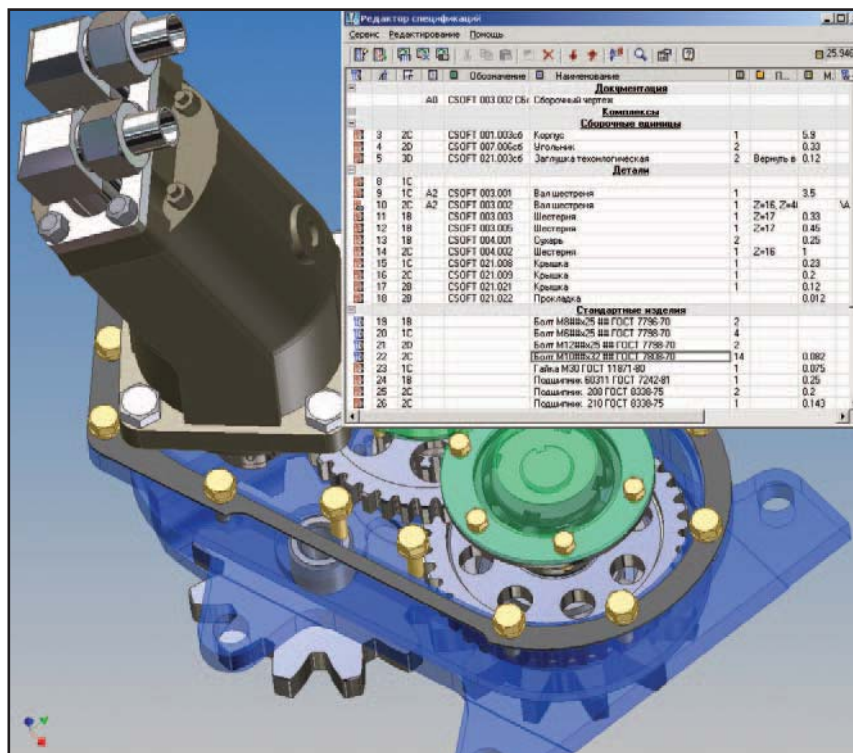
сячи пользователей — и вот теперь разработчики Consistent Software перенесли эти возможности в новую, трехмерную среду.

MechaniCS для Autodesk Inventor решает задачи трехмерного проектирования машиностроительных изделий в полном соответствии с отечественными стандартами. Проектирование зубчатых передач, деталей типа "тело вращения", подшипниковых узлов, а также библиотеки стандартных изделий — вот тот арсенал, которым обладает MechaniCS. Его дополняют возможности оформления чертежей в полном соответствии с ЕСКД, выпуска конструкторских спецификаций и взаимодействия с технологами.

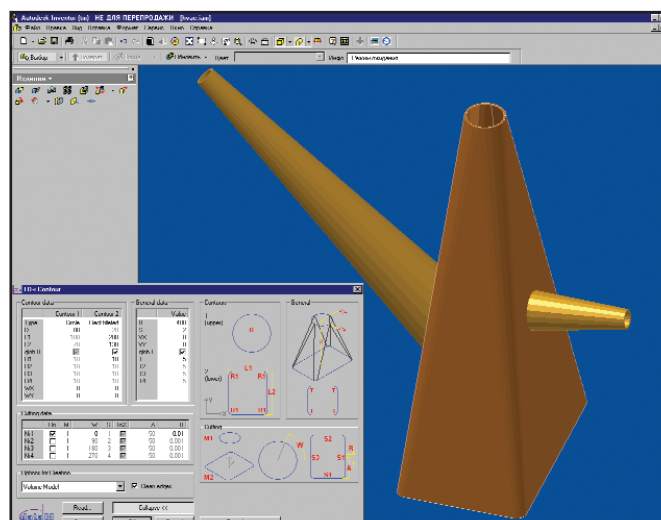
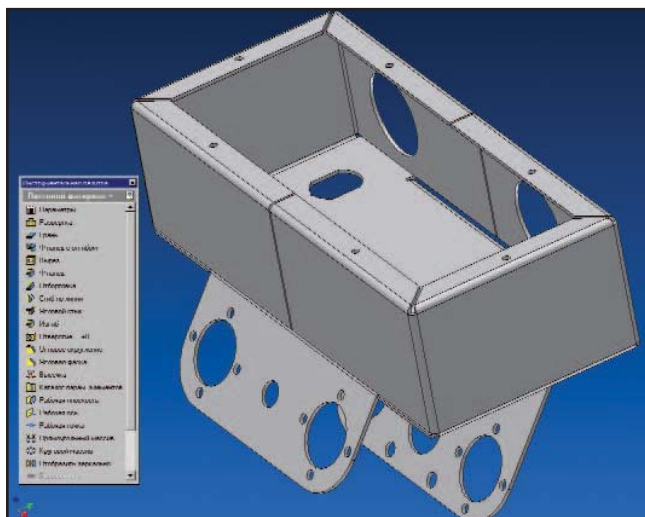
Итак, ждите хит летнего сезона от компании Consistent Software — MechaniCS для Autodesk Inventor!

Проектирование изделий из тонколистового материала

Изделия из тонколистового материала (корпуса, кожухи, несущие элементы и т.п.) используются практически во всех отраслях машиностроения. Детали из листа обладают небольшой массой и сохраняют при этом высокие прочностные показатели, а правильная работа с матери-



↑ MechaniCS для Autodesk Inventor решает задачи трехмерного проектирования машиностроительных изделий в полном соответствии с отечественными стандартами и обеспечивает оформление чертежей в полном соответствии с ЕСКД



При проектировании изделий из тонколистового материала (корпуса, кожухи, несущие элементы и пр.) конструктор оперирует терминами, связанными с технологией изготовления: сгибы, фланцы, отбортовки...

С помощью COPRA MetalBender TD-i вы можете за несколько минут спроектировать системы воздухопроводов, коленных соединений, стыков трубопроводов, которые можно редактировать в контексте сборки обычными средствами Autodesk Inventor. На рисунке представлена сборка с врезанными отводами

апом (включая применение средств оптимизации раскроя листа и соответствующего технологического оборудования) позволяет значительно повысить коэффициент его использования. При этом сам процесс проектирования подобных изделий несколько отличается от проектирования обычной твердотельной модели, поскольку конструктор оперирует терминами, связанными с технологией изготовления: сгибы, фланцы, отбортовки и пр. А итог, который он должен получить в первую очередь, — не чертеж готового изделия, а чертеж развертки: исходного контура детали с размеченными и обозначенными гибоми.

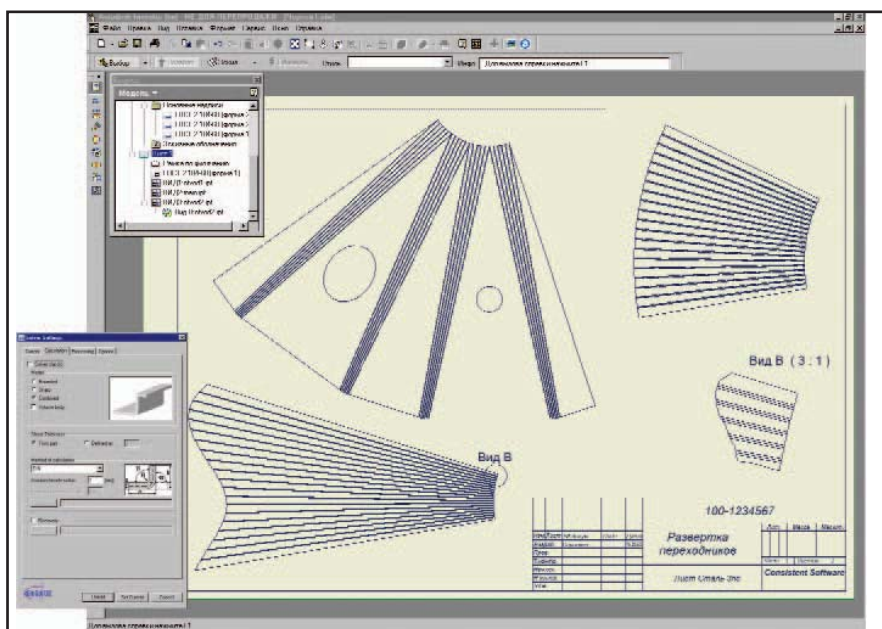
Базовая система — Autodesk Inventor — включает в себя среду проектирования изделий из тонколистового материала. Но мало кто знает, что весь функционал этой среды, алгоритмы и идеология лицензированы компанией Autodesk у профессионалов в области проектирования тонколистового материала — немецкой компании Data M. А среда тонколистового проектирования Autodesk Inventor родилась на основе разработанного Data M приложения для Autodesk Mechanical Desktop под названием COPRA MetalBender (CMB). Эта же компания выпустила приложение для Autodesk Inventor — COPRA MetalBender Inventor, которое обеспечивает проектирование сложных переходов и построение развертки с учетом физических свойств материала.

Новое приложение включает в себя два модуля: TD-i и Analyser-i.

Первый модуль предназначен для проектирования сложных переходов с сечения на сечение при проектировании систем вентиляции, обогрева и кондиционирования, а также других объектов, в которых встречаются переходы с диаметра на диаметр, с округлости на прямоугольник и пр. COPRA MetalBender TD-i автоматически формирует подобные переходы, исходя из параметров сечений и их взаимного расположения, которые задает пользователь. Тем самым про-

ектирование деталей, создание которых в "голом" Inventor заняло бы несколько часов, с помощью CMB TD-i осуществляется всего за несколько минут! И самое главное — полученная деталь может редактироваться стандартными средствами Autodesk Inventor, включаться в сборку и дорабатываться уже в ее контексте (например, врезание отводов с подрезкой контура).

Модуль COPRA MetalBender Analyser-i предназначен для получения разверток тонколистовых дета-



Модуль COPRA MetalBender Analyser-i предназначен для получения разверток тонколистовых деталей — в том числе и тех, которые были созданы средствами CMB TD-i

TIPS & TRICKS

AutoCAD. Как узнать, сколько блоков используется в чертеже?

Введите команду "-BLOCK" (для русской версии "-BLOCK"). Далее введите "?" и "*". AutoCAD отобразит количество используемых в чертеже блоков.

AutoCAD 2002. Подготовка чертежа к публикации в Internet

Используя функцию eTransmit (Сформировать комплект), вы можете создавать web-страницы, с которых осуществляется загрузка файлов чертежей. Для этого:

- на Стандартной панели инструментов нажмите кнопку *Сформировать комплект*;
- в настройках выберите тип файла ZIP и установите флажок *Создать Web-страницу*;
- загрузите HTML-, ZIP- и BMP-файлы на сервер.

**AutoCAD LT 2002.
Установка цвета фона**

После установки AutoCAD LT 2002 фон пространства модели имеет белый цвет, а фон пространства листа — черный. В полной версии AutoCAD эти установки отличаются, поэтому конструкторы часто используют желтые, синие и голубые цвета линий. Такие чертежи, открытые в AutoCAD LT, практически нечитаемы. Поэтому рекомендуется изменить цвет фона в AutoCAD LT в соответствии с настройками полного AutoCAD.

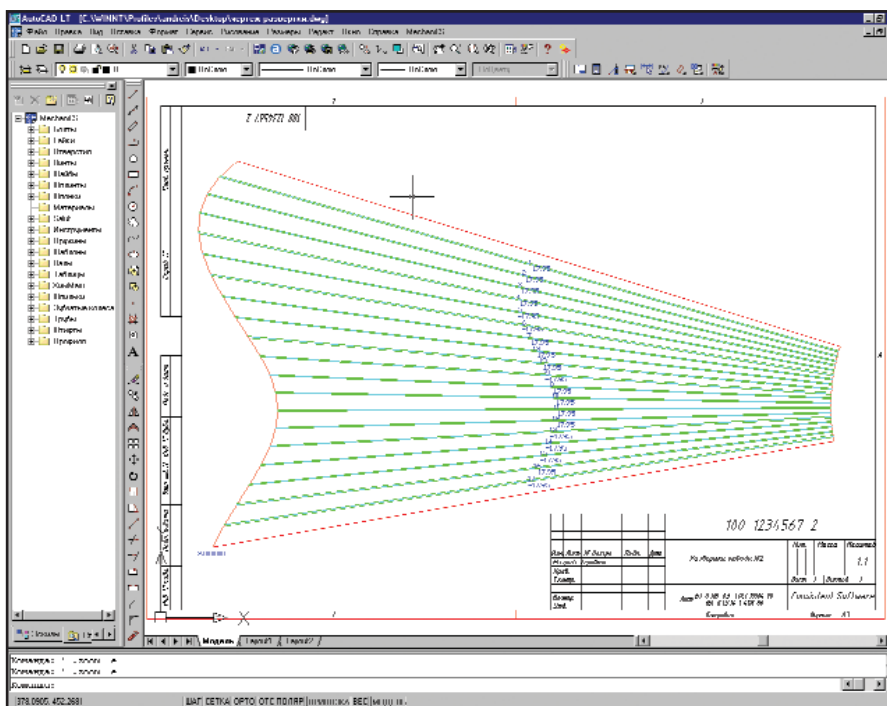
AutoCAD. Ошибка при выполнении операций "Порядок следования"

При выполнении команд "На передний план", "На задний план", "Перед объектом", "За объектом" AutoCAD может вывести следующее сообщение об ошибке:

; error: An error has occurred inside the *error* functionbad argument type: consp #<SUBR @02982280 AI_SYS-VAR>

Примечание. Число 02982280 в сообщении может меняться.

Эта ошибка связана с повреждением программной библиотеки *acdorder.arx*, которая располагается в корневом каталоге AutoCAD (например, *C:\Program Files\AutoCAD 2002*). В этом случае необходимо заменить поврежденную библиотеку: скопировать ее с другого компьютера, где установлен AutoCAD 2002, или повторить установку AutoCAD с установочного диска, выбрав вариант "Восстановить" (Repair).



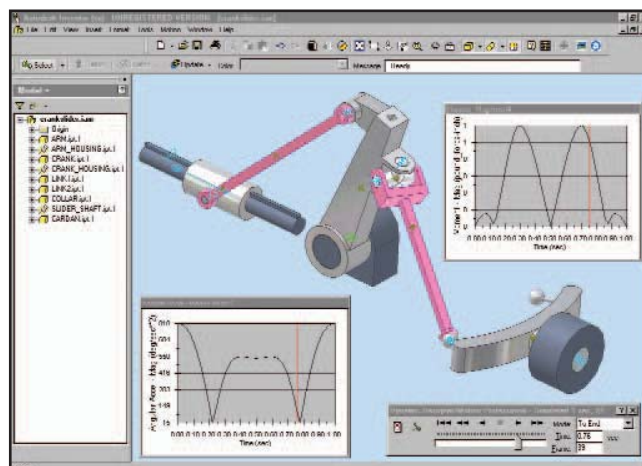
♦ Готовая развертка может быть передана для дооформления в AutoCAD, а также в системы оптимизации раскройки и подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ

лей — в том числе и тех, которые были созданы средствами CMB TD-i. На этот модуль стоит обратить внимание хотя бы потому, что именно он обеспечивает построение разверток тонколистовых изделий, переходов, создаваемых в CMB TD-i, и учитывает физические свойства материала — его обратное пружинение при гнбе. Пакет позволяет разворачивать модели с нулевым радиусом гнба и обеспечивает оптимизацию развертки для изготовления на машинах лазерной и термической резки.

Методы построения развертки включают табличное задание радиусов гнбки, расчет нейтральной линии и алгоритмы стандарта DIN. Ну а готовая развертка может быть оформлена в виде чертежа в Autodesk Inventor или передана для оформления в AutoCAD, а также в системы оптимизации раскройки и подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ.

Анализ кинематики и динамики механизмов

Задачи, стоящие перед современным проектировщиком, носят комплексный характер. Помимо чисто конструкторской проработки изделия, необходимо добиться, чтобы конструкция соответствовала целому ряду критериев и требований. Для систем со сложными кинематическими связями (различного рода манипуляторов) критичными являются динамические характеристики изделия. Кроме того, необходимо обеспечить прочность всех компонент сборки.



В недалеком прошлом задачи динамики и прочности изделия решались обособленной и достаточно узкой группой специалистов, имеющих специальные знания в соответствующих областях. Процесс проектирования изделия и окончательной его доводки растягивался на месяцы и годы: конструктор — расчетчик — конструктор и т.д. Времена изменились...

Рабочая версия программы Dynamic Designer (DD) для CAD-системы Inventor появилась в конце марта 2002 года. Программа интегрируется в среду параметрического трехмерного пакета, с которым устанавливается прямой интерфейс. Браузер Inventor'a пополняется деревом динамической модели.

Назначение параметров динамической модели производится в режиме диалоговых окон, содержание пунктов которых вполне понятно для пользователей, ранее специализировавшихся на динамических расчетах. Впрочем, и тем, кто прежде не сталкивался с вопросами динамики объектов, разобраться будет несложно.

Программа динамического и кинематического анализа — это возможность оптимизировать конструкцию быстрее и экономичнее: прямо на рабочем месте, без изготовления опытных образцов.

Постпроцессор программы позволяет получить в разных формах исчерпывающую информацию о характере движения конструкции и силовых факторах, возникающих в ее элементах (двумерные графики для любого рассчитанного кинематического и силового фактора, анимация движения механизма). Дополнительно можно проверить отдельные компоненты сборки на взаимопроникновение в процессе движения — для внесения, если понадобится, корректировок в конструкцию.

Вариация параметров изделия производится посредством графических инструментов Inventor'a, а обновление геометрии с учетом связей между

компонентами происходит автоматически с помощью соответствующей команды.

Моделирование динамики механизмов включает три этапа:

- **Построение динамической модели**

На этом этапе шарниры и связи геометрической модели автоматически преобразуются в шарнирные соединения динамической модели с возможностью последующей корректировки со стороны пользователя.

Пользователь также моделирует внешнее воздействие на элементы конструкции в виде сил, моментов и кинематических зависимостей (движение отдельных частей и шарниров).

- **Моделирование движения компонентов сборки**

Модуль рассчитывает перемещения, скорости, ускорения каждого компонента сборки, силы реакций и моменты в каждом шарнирном соединении.

- **Визуализация результатов**

В качестве иллюстрации продемонстрируем возможности DD применительно к кулачково-клапанному механизму.

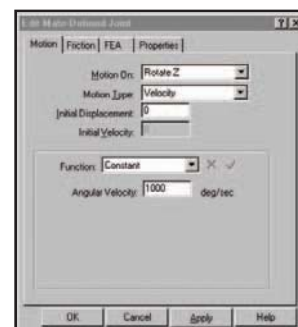
При открытии файла с геометрией механизма автоматически запускается модуль DD.

Геометрические связи, созданные в среде Inventor, автоматически преобразуются в соответствующие шарниры динамической модели.

Вводим условие контактного взаимодействия между парами: кулачок — коромысло (контакт между трехмерными поверхностями) и коромысло — клапан (двумерный пре-

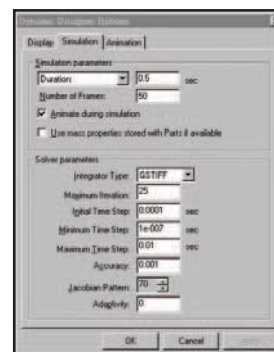
рывистый контакт между плоскими кривыми), а также моделируем пружину между клапаном и его направляющей.

Движение системы определяется параметрами шарнира вращения между базой и кулачком.

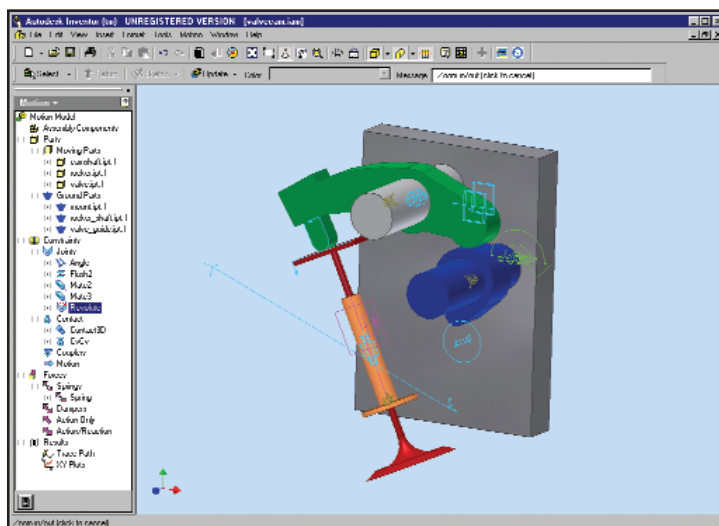


↑ Окно со свойствами шарнирного соединения

Затем задаются параметры процесса моделирования — время, количество фреймов для воспроизведения движения системы, а также параметры вычислительного процесса.

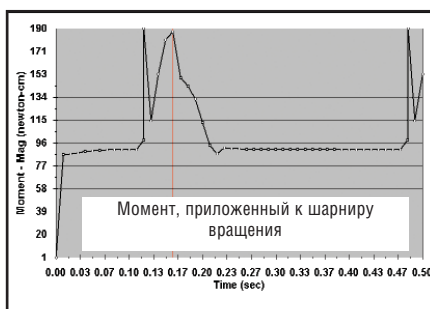
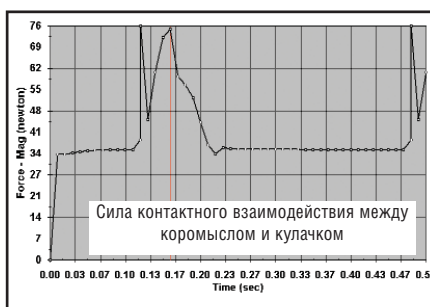
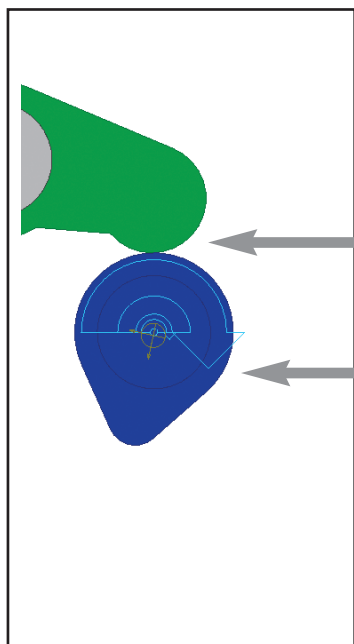
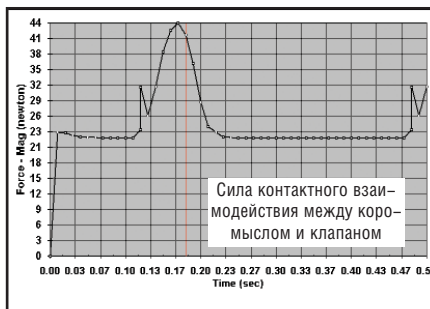
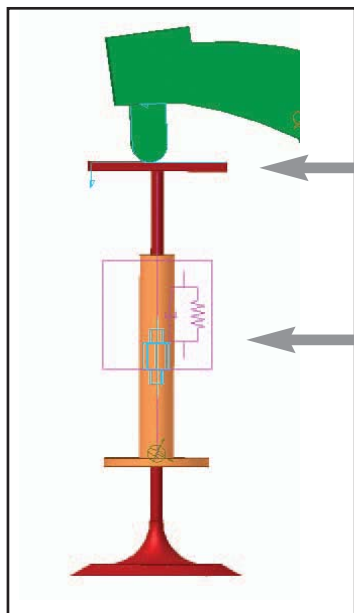


↑ Определение параметров вычислительного процесса

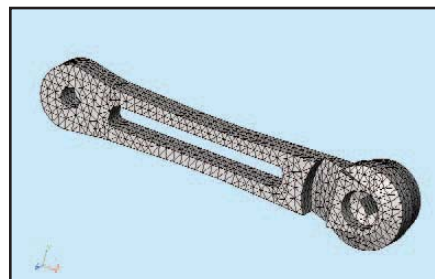
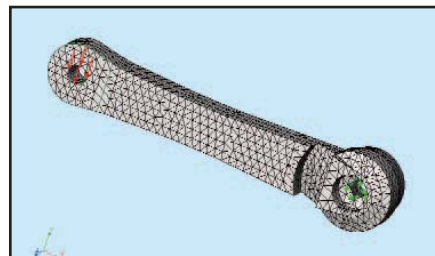


Далее с помощью команды *Run Simulation* запускаем процесс моделирования. А по окончании вычислений получаем графическую интерпретацию результатов — на рисунках показана некоторая их часть.

Кроме графиков, результаты можно сохранить и в виде таблиц Excel, а в дальнейшем использовать их как исходные данные для прочностного анализа компонент конструкции — например,



Launch Cosmos/DesignSTAR (Запустить Cosmos/DesignSTAR). Наличие прямого интерфейса с Autodesk Inventor позволяет с минимальными затратами времени проводить многовариантный анализ модели, построенной в параметрической графической системе. В среде CDS требуется только один раз ввести данные, необходимые для решения задачи: определить краевые условия и нагрузки, параметры конечно-



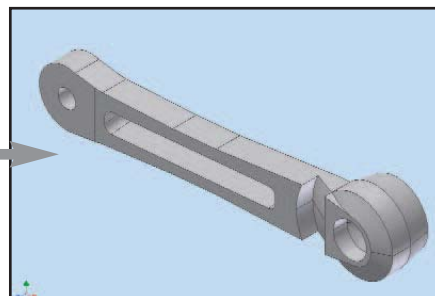
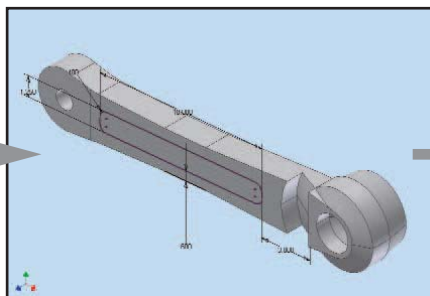
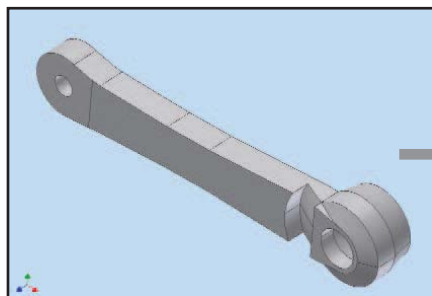
♦ Конечно-элементное представление модели в программе Cosmos/DesignSTAR

с помощью программы Cosmos/DesignSTAR американской компании Structural Research & Analysis Corporation.

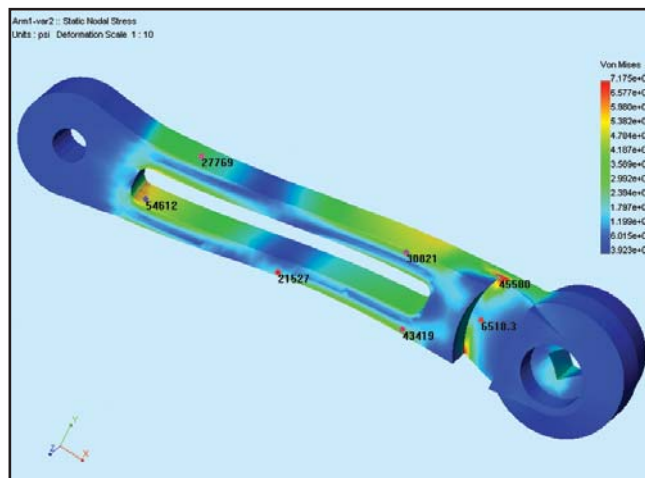
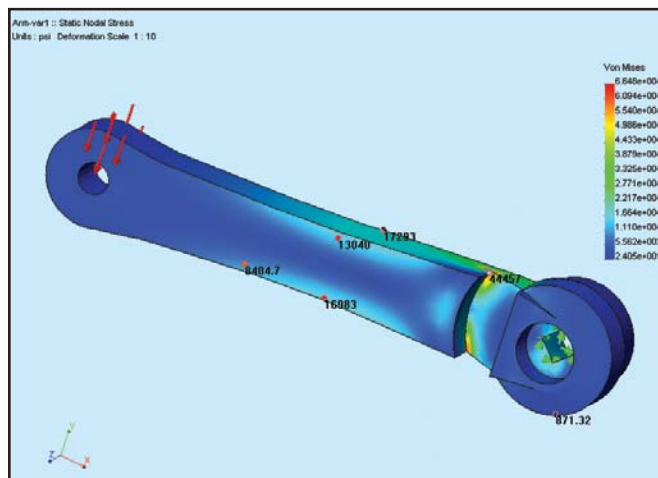
Анализ прочности и не только прочности...

При установке Cosmos/DesignSTAR (CDS) в меню Autodesk Inventor появляется новая команда

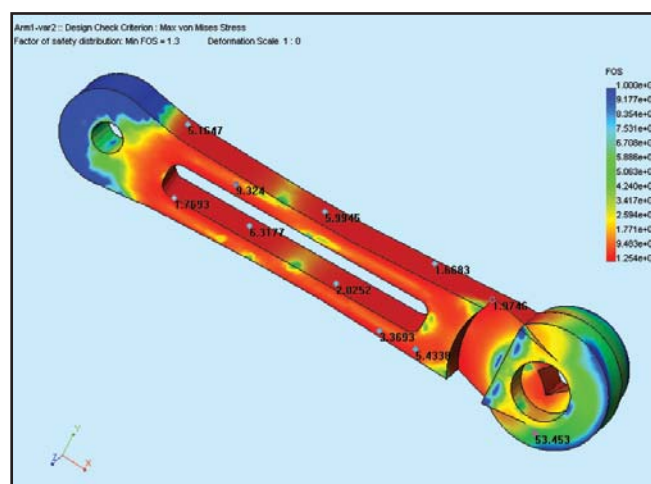
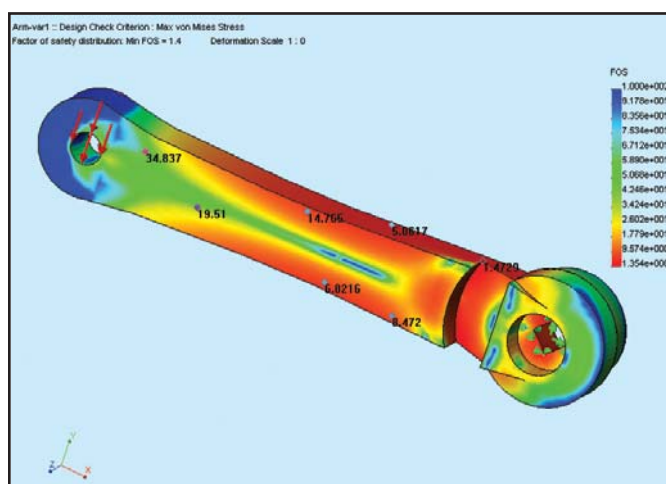
элементной сетки, ссылочную геометрию (точки, ребра и поверхности, которые используются проектировщиком для привязки при формировании краевых условий и нагрузок). В случае изменения модели в CAD-системе прямой интерфейс позволяет помимо геометрии автоматически обновлять в программе CDS краевые условия, нагрузки и ссылочную геометрию. Единственное, что потребуется сделать после этого, — перестроить конечно-эле-



♦ Исходная геометрия модели, созданная в Inventor, и ее облегченный вариант



Результаты расчета: распределение эквивалентных напряжений в конструкции



Результаты расчета: распределение фактора безопасности (коэффициента запаса по прочности). Из рисунка слева видно, что значения коэффициента запаса для сплошной части рычага лежат в диапазоне от 5 до 40. Облегчив рычаг, можно получить выигрыш, связанный с экономией материала (рис. справа). При этом условие прочности продолжает выполняться для всех точек модели

ментную сетку (CDS прекрасно с этим справляется) и запустить расчетный модуль.

Результаты совместной работы программ Inventor и CDS проиллюстрируем на примере решения задачи оптимизации геометрии рычага запорного устройства. Критерий — выполнение условий прочности для заданной нагрузки. На рисунках показаны в сравнении результаты расчетов для первого и второго (более оптимального) вариантов исполнения.

В результате получаем более рациональную легкую деталь и экономим на материале.

Кроме линейной статики, Cosmos/DesignSTAR решает и множество других задач, среди которых:

- расчет сборок с учетом контактного взаимодействия между их элементами (с учетом и без учета трения);

- частотный анализ — определение собственных (резонансных) частот и соответствующих форм колебаний;
- линейный анализ устойчивости элементов конструкции — определение критических нагрузок и соответствующих форм потери устойчивости;
- термический анализ — определение температурных полей и градиентов, тепловых потоков в конструкции. Рассчитываются стационарные состояния и переходные процессы в линейной и нелинейной постановке;
- задачи нелинейного деформирования материалов;
- динамика жидкостей и газов;
- низкочастотный электромагнитный анализ.

Необходимо отметить, что все виды анализа проводятся по одному и тому же сценарию в дружествен-

ной среде с интуитивно понятным интерфейсом.

Итак, мы рассказали о системах, являющихся дополнением базовой системы моделирования Autodesk Inventor. Использование приложений позволяет на основе Autodesk Inventor построить сквозную систему проектирования (CAD/CAM/CAE), обеспечивающую проектирование машиностроительных изделий, их анализ и оптимизацию, передачу данных службам технической подготовки производства (технологам, плановикам и др.), а также непосредственно довести процесс проектирования до изготовления на станках с ЧПУ.

Андрей Серавкин,
Сергей Девятков
Consistent Software
Тел.: (095) 913-2222
E-mail: andreis@csoft.ru,
devyatov@csoft.ru