



MSC SOFTWARE
SIMULATING REALITY

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА В НОВОМ ТЫСЯЧЕЛЕТИИ

Каждый день более 50 000 специалистов в самых разных уголках мира обращаются к главному продукту корпорации MSC.Software Corporation — MSC.Nastran. Среди них не только сотрудники аэрокосмических предприятий, где эта система фактически уже стала стандартом: Nastran находит широкое применение в машиностроении и электронике, приборостроении и строительстве. Программные продукты MSC, в основе которых лежит метод конечных элементов, позволяют моделировать сложные физические процессы (такие, например, как попадание птицы в двигатель самолета, столкнове-

ния судов или автомобилей), решать задачи штамповки,ковки и других технологических процессов.

Что бы ни выпускала та или иная фирма — электронное оборудование, медицинские приборы или, скажем, высококачественный спортивный инвентарь, какие бы расчетные или исследовательские задачи ни решались, программы MSC.Software Corporation гарантируют получение надежных результатов и высокую экономическую эффективность, без которых невозможен успех в условиях рыночной экономики. Моделирование эксплуатационных характеристик будущего изделия еще на стадии его проектирования, до изготовления физического прототипа, сэкономило суммы, исчисляемые сотнями миллионов долларов. Существенно снизились сроки разработок. И еще: системы MSC применяются на всех стадиях жизненного цикла изделий — при проектировании, в процессе производства и эксплуатации.

В 2003 году MSC отметит свое 40-летие. Все эти годы корпорация MSC является

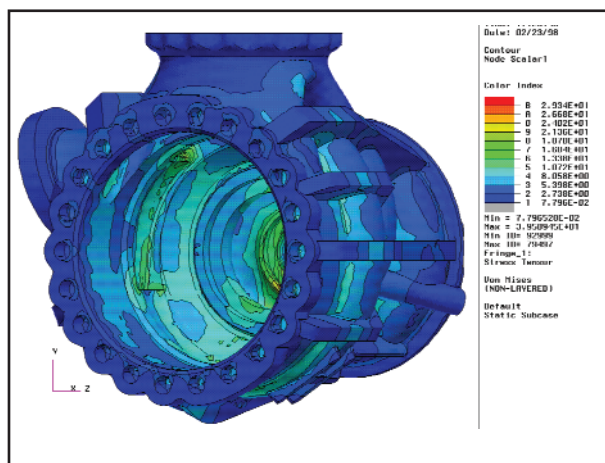
признанным мировым лидером в области автоматизации инженерных расчетов и исследований. MSC вкладывает значительные средства в исследования и разработки. На эти цели выделяется 30% доходов фирмы — вдвое выше среднего показателя по отрасли.

Программы MSC отвечают практически всем потребностям в области проектирования конструкций или инженерных расчетов. Разные уровни программных пакетов можно использовать на различных платформах — от персональных компьютеров до рабочих станций и суперкомпьютеров. Гибкая модульная структура продуктов MSC позволяет сформировать оптимальный пакет программных средств, реализующих самые передовые компьютерные технологии и учитывающих специфику конкретного предприятия.

Продукты MSC.Software Corporation, объединенные единым названием **MSC.visualNastran**, представлены тремя категориями программ.

Enterprise — программное обеспечение для проведения полного комплекса моделирования, исследований и расчетов: MSC.Nastran, MSC.Patran, MSC.Fatigue, MSC.Dytan, MSC.Marc, MSC.AMS, MSC.-SuperModel, MSC.Mvision.

Professional – совокупность интегрированных систем и модулей



↑ Расчет НДС насоса ракетного двигателя
(ОАО НПО "Энергомаш")

для профессионального инженерного анализа: MSC.Nastran for Windows, MSC.Nastran (Marc, Dytran) System.

Desktop — "облегченные", несложные для понимания и освоения системы анализа, ориентированные на широкий круг пользователей (конструкторы, инженеры-проектировщики, технологи и т. д.): MSC.visualNastran Desktop 4D, MSC.SuperForge.

А теперь несколько подробнее о каждой из программ.

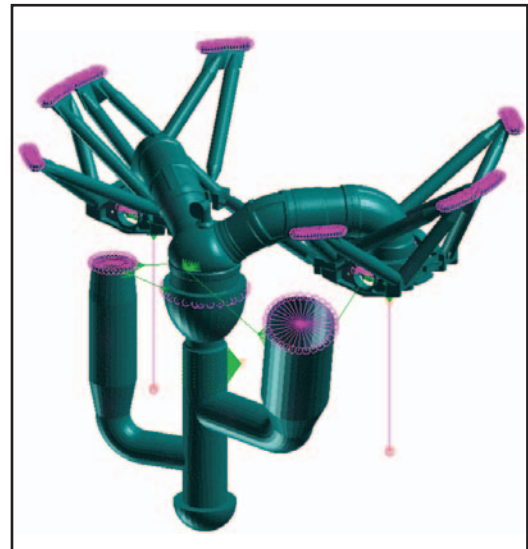
MSC.Nastran — главный продукт MSC.Software Corporation. В сферах, где ошибка при проектировании может обернуться колоссальными суммами дополнительных расходов, MSC.Nastran вот уже без малого 40 лет доказывает свою точность и эффективность. Постоянно развиваясь, эта система аккумулирует в себе достоинства новейших методик и алгоритмов и потому остается одной из лучших программ конечно-элементного анализа.

MSC.Nastran обеспечивает полный набор расчетов, включая расчет напряженно-деформированного состояния, собственных частот и форм колебаний, анализ устойчивости, решение задач теплопередачи, исследование установившихся и неустановившихся процессов, акустических явлений, нелинейных статических процессов, нелинейных динамических переходных процессов, расчет критических частот и вибраций роторных машин, анализ частотных характеристик при воздействии случай-

ных нагрузок, спектральный анализ и исследование аэроупругости. Предусмотрена возможность моделирования практически всех типов материалов, включая композитные и гиперупругие. Расширенные функции включают технологию суперэлементов (подконструкций), модальный синтез и макроязык DMAP для создания пользовательских приложений.

Возможности автоматического рестарта в MSC.Nastran позволяют проводить сложные поэтапные расчеты конструкции, соответствующие изменениям в условиях нагружения, граничных условиях и в любых других параметрах конструкции, а также переходу от одного вида анализа к другому.

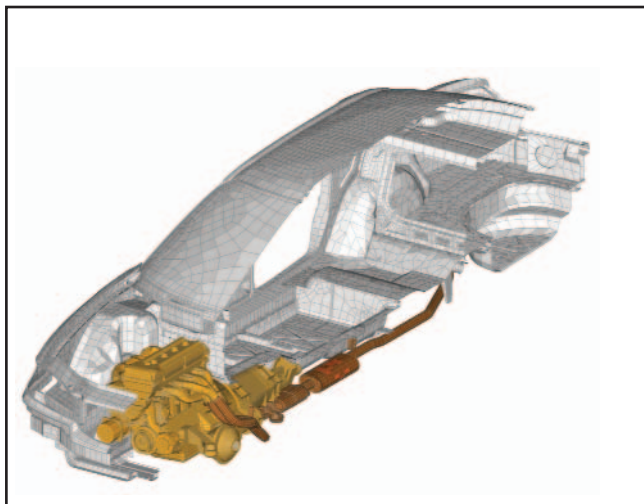
Наряду с расчетом конструкций MSC.Nastran может использоваться и для их оптимизации. Оптимизация проводится путем вариации параметров формы, размеров и свойств конструкции. Эффективные алгоритмы позволяют обрабатывать любое количество проектных параметров и ограничений. Вес, напряжения, перемещения, собственные частоты и многие другие характеристики могут рассматриваться либо в качестве целевых функций (в этом случае их можно минимизировать или максимизировать), либо в качестве ограничений. Алгоритмы анализа чувствительности позволяют исследовать влияние различных параметров на поведение целевой



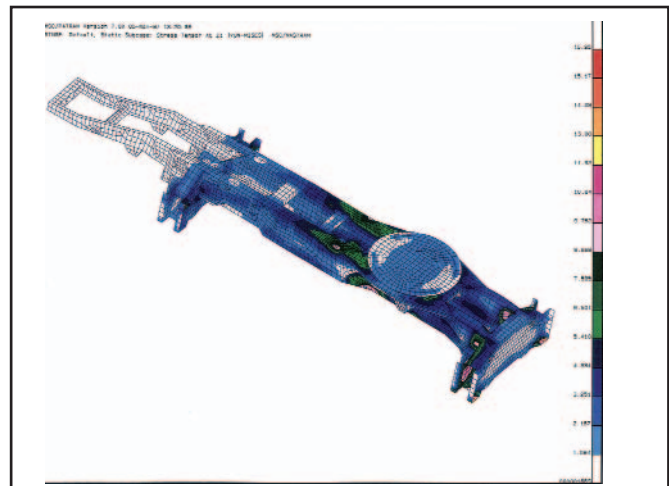
↑ К расчету НДС основной рамы двигателя, газопроводов и выходного коллектора (ОАО НПО "Энергомаш")

функции и управлять процессом поиска оптимального решения. Методы оптимизации MSC.Nastran дают возможность проводить согласование расчетной модели и эксперимента. Целевая функция определяется в виде минимизации отклонений результатов расчета от данных эксперимента, в качестве варьируемых параметров выбираются наименее достоверные расчетные параметры конструкции. Результат — новая расчетная модель, полностью соответствующая физической. MSC.Nastran — единственная конечно-элементная программа, способная выполнять это в автоматическом режиме.

MSC.Nastran включает уникальную функцию оптимизации конструкции, допускающую изменение



↑ Конечно-элементная модель ГАЗ-3103 "Волга"



↑ Создание и исследование сложной оболочечной модели автокрана (МЗКТ)

геометрической топологии изделия, и используется для автоматического проектирования силовых схем конструкций, когда из исходной массивной заготовки в результате оптимизации (минимизируется вес при выполнении условий по прочности) получается оптимальная в весовом отношении конструкция.

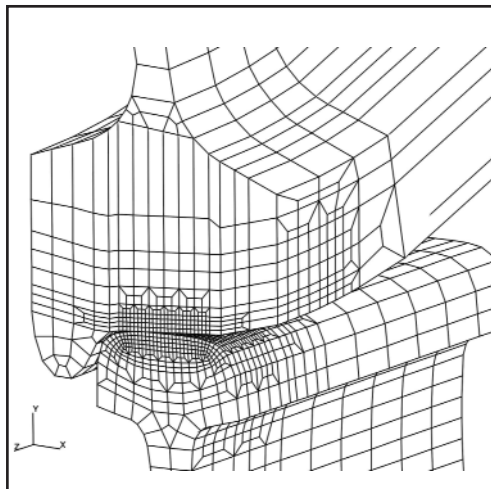
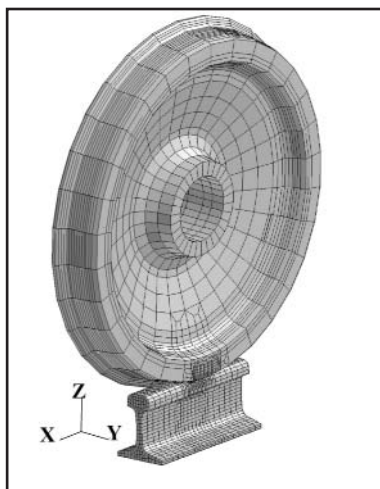
Кроме того, MSC.Nastran применяется для планирования экспериментов (определение мест расположения датчиков) и оценки полноты полученных экспериментальных данных.

С помощью этого продукта также решаются задачи моделирования систем управления, систем терморегулирования с учетом воздействия этих систем на конструкцию.

Основу MSC.Nastran составляют отработанная технология элементов и надежные численные методы. Программа позволяет одновременно применять в одной и той же модели h- и p-элементы для достижения точности расчета при минимальных компьютерных ресурсах. Элементы супервысокого порядка аппроксимации — p-элементы — хорошо отражают криволинейную геометрию конструкции и обеспечивают высокую точность при детальном расчете напряжений. Эти элементы автоматически адаптируются к желаемому уровню точности.

MSC.Nastran работает на ПК, рабочих станциях и суперкомпьютерах, предусматривает возможность векторной и параллельной обработки данных на машинах, которые поддерживают эти функции.

Численные методы разреженных матриц, используемые при любом



♦ Конечно-элементная модель контактной задачи: взаимодействие колеса и рельса (ОНИЦ "Перспективные технологии")

типе расчетов, резко увеличивают скорость вычислений и минимизируют объем необходимой дисковой памяти, что повышает эффективность обработки данных.

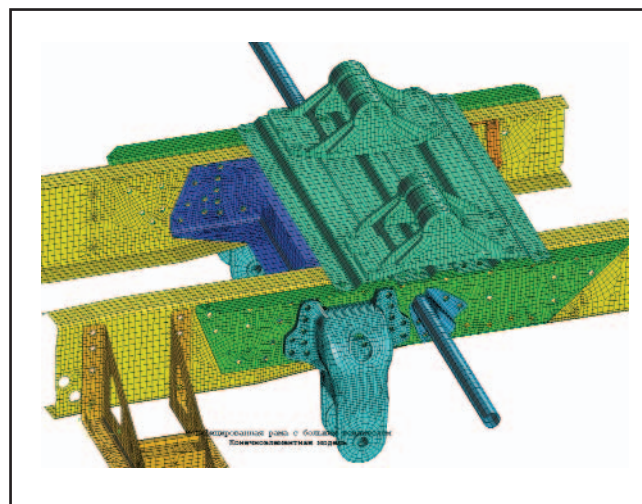
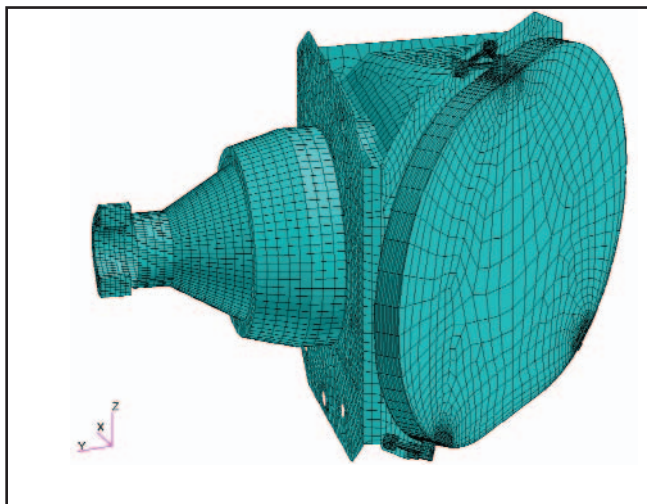
Все ведущие производители пре- и постпроцессоров, а также систем автоматизированного проектирования, учитывая неоспоримое лидерство MSC.Nastran на рынке конечно-элементных продуктов, предусматривают прямые интерфейсы с этой системой. В результате MSC.Nastran гибко интегрируется в любую среду проектирования.

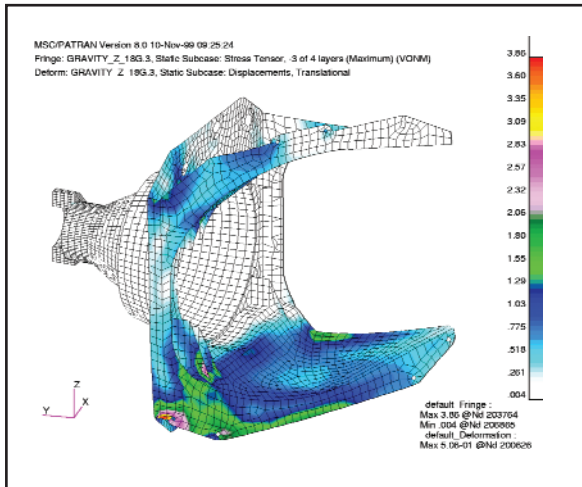
MSC.Patran обеспечивает интеграцию автоматизированных систем проектирования, моделирования, анализа и оценки результатов, необходимых для исследования работоспособности изделий на этапах проектирования, производства и эксплуатации. Кроме интерфейсов с

ведущими системами, MSC.Patran располагает собственными мощными средствами анализа: THERMAL (анализ тепловых процессов и гидравлических цепей), LAMINATE MODELER (проектирование композиционных конструкций), ANALYSIS MANAGER (многофункциональная система, управляющая процессом выполнения задач).

Возможность использования данных о материалах обеспечивается через прямой интерфейс с системой MSC.Mvision.

MSC.Patran обеспечивает наилучшее решение задач создания расчетной модели и обработки результатов. Степень автоматизации и гибкость генерации конечно-элементной сетки превосходят возможности любой другой системы. Нагрузочные и граничные условия могут быть увязаны с геометрией, а также с конечно-элементной сеткой.





Изоповерхности и другие усовершенствованные средства визуализации помогают ускорить оценку результатов и повысить качество этой оценки. Кроме того, широкие возможности языка Patran Command Language (PCL) позволяют адаптировать все упомянутые функции к требованиям пользователя.

MSC.Patran предоставляет прямой доступ к наиболее популярным в мире программным пакетам автоматизированного проектирования: Unigraphics, CATIA, CADDs, Euclid3 и Pro/Engineer. При использовании этого программного продукта основой конечно-элементной модели, как правило, становится именно CAD-геометрия. MSC.Patran включает специальные методы и функции для контроля CAD-геометрии и преобразования ее к расчетной модели, что при современном уровне сложности и подробности компьютерных моделей является сложным и трудоемким этапом работы конструкторов и расчетчиков. Также MSC.Patran предлагает обширные функции создания и модификации геометрических моделей.

С помощью соответствующих настроек MSC.Patran обеспечивает на уровне мировых стандартов подготовку модели и обработку результатов для любой расчетной системы. Интерфейсы с MSC.Nastran, MSC.Dytran, MSC.Marc, MSC.Fatigue, MSC.Aries, LS-DYNA, PAMCRASH, ANSYS, ABAQUS, SAMCEF и SINDA можно приобрести в MSC, а для других систем — у их производителей. Мощные возможности языка MSC.Patran PCL позволяют пользователям включать свои системы анализа в среду

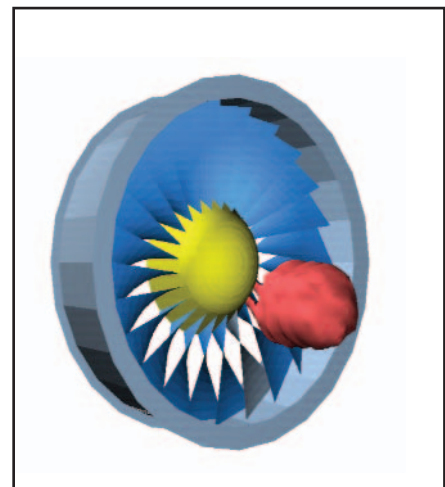
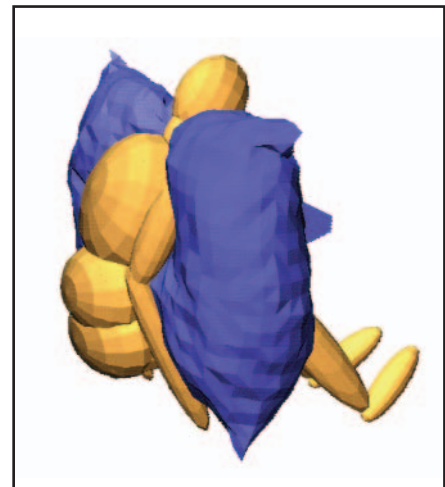
MSC.Patran, создавать новые функции и разрабатывать собственные приложения, что делает MSC.Patran основой для разработки открытого MCAE-окружения.

MSC.Fatigue выполняет анализ долговечности еще на ранних стадиях проектирования изделия и, таким образом, позволяет сократить время разработки и исключить вероятность разрушения в течение жизненного цикла конструкции. При обнаружении трещин и других повреждений, возникших в процессе эксплуатации изделия, MSC.Fatigue поможет определить влияние этих повреждений на долговечность и надежность конструкции, то есть во многих случаях предотвратить аварии и катастрофы.

MSC.Fatigue содержит специализированную базу данных с усталостными характеристиками материалов и обеспечивает доступ к банкам материалов системы MSC.Mvision. Программа разработана на основе многолетних теоретических и экспериментальных исследований, проводимых фирмами MSC и nCode в области анализа усталостных разрушений, долговечности и ресурса. Анализ долговечности и ресурса осуществляется либо на основе результатов конечно-элементного расчета, который выполняется системами MSC.Nastran или MSC.Marc, либо на базе экспериментальных данных, а также усталостных характеристик материалов. Исходной информацией для MSC.Fatigue является история нагружения конструкции, которая может быть определена как путем расчета переходных динамических процессов, так и путем ввода результатов натурных испытаний или статистических данных. Вычисляются предельное число циклов, время работы конструкции, появление и рост трещин, разрушение, повреждаемость и другие параметры работоспособности конструкции.

MSC.Fatigue предоставляет уникальные возможности оптимизации конструкций на основе критериев долговечности.

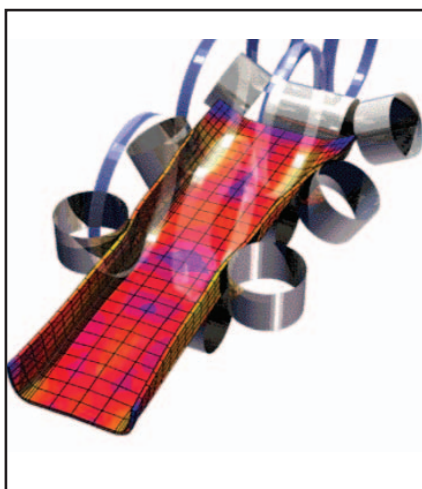
MSC.Dytran решает широкий спектр задач, связанных с высоконелинейными быстротекущими процессами. Сюда относятся взаимодействие конструкции и жидкотекучей среды или одного твердотельного объекта с другим. MSC.Dytran применяется в автомобильной, аэрокосмической, оборонной, обрабатывающей и многих других отраслях промышленности.



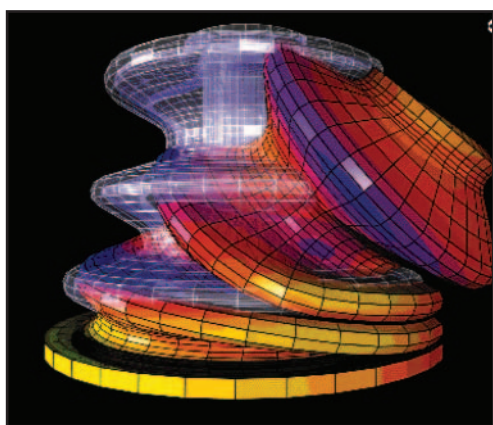
Типичные примеры приложений: взаимодействие воздушной подушки в момент ее заполнения, пассажира, автомобиля и препятствия при автомобильной аварии, разрушение лопатки турбины, столкновение птиц с самолетами, взрыв внутри контейнера на борту самолета, столкновение судов и посадка на мель, удар и пробивание снарядом конструкции, попадание метеорита в обшивку космического аппарата, штамповка металлических листов, поведение жидкости в не до конца заполненном объеме (цистерны, баки) и целый ряд задач подобного типа.

В MSC.Dytran, совместимом с существующими CAE-средами, применяется явная схема интегрирования по времени, что избавляет от необходимости выполнять требующую большого времени декомпозицию глобальных матриц. Программа полностью векторизована и может взаимодействовать со средами параллельной обработки, в результате чего достигается высокая эффективность работы на современных компьютерных архитектурах.

MSC.Marc представляет собой универсальную конечно-элементную программу для анализа высоконелинейного поведения конструкций. Дополняя возможности MSC.Nastran и MSC.Dytran, программа позволяет проводить комплексный анализ ситуаций, когда элементы конструкции испытывают большие перемещения и повороты, а свойства материалов существенно нелинейны. Также возможен эффективный анализ сложного контактного взаимодействия конструк-



▲ Расчеты, проведенные в процессе доводки автомобиля по требованиям пассивной безопасности (АвтоВАЗ)



ций. Применение современных конечно-элементных формулировок и вычислительных методов обеспечивает надежность результатов и сокращает объем физического макетирования.

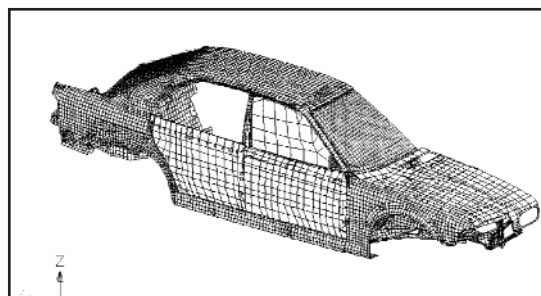
MSC.Marc обладает широкими возможностями решения сложных нелинейных задач. Так, для изучения поведения резиновых уплотнений, строительных конструкций и некоторых других специальных объектов требуются особые модели материала. Контакт зубьев шестерен может быть корректно представлен лишь в том случае, если модель включает в себя соответствующие алгоритмы анализа контакта. Для расчета геотехнических моделей могут понадобиться характеристики уплотнения грунта и фильтрационного потока. MSC.Marc позволяет ре-

шать эти и подобные им задачи.

Множество специальных типов анализа в среде MSC.Marc поддерживается полным набором конечно-элементных формулировок. Программа предусматривает применение пользовательских подпрограмм, с помощью которых упрощается моделирование поведения изделия в особых ситуациях.

Доступны и другие типы анализа: к примеру, электростатический, магнитостатический, электромагнитный, акустический, гидродинамический анализ подшипников, теплопередача.

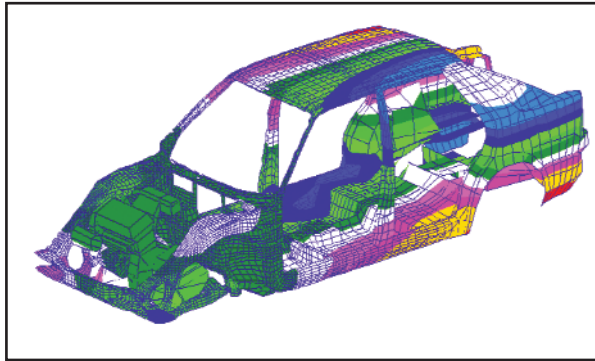
MSC.AMS (Automotive Modeling System) — новый продукт для автомобилестроения. Это специализированный пре- и постпроцессор для моделирования конструкций автомобилей, созданный на базе MSC.Patran. Он помогает разрешать проблемы, возникающие при промышленной эксплуатации CAD/CAM/CAE-систем и их взаимодей-



ствии. В первую очередь это проблемы перехода от созданной конструкторами геометрической модели к расчетным моделям, используемым в отделах анализа. С точки зрения инженера-расчетчика, геометрические модели имеют некоторые неточности и избыточны в плане информации. При создании подробных моделей таких сложных конструкций, как автомобили, это становится принципиально важным. MSC.AMS предлагает широкий спектр методов автоматической и полуавтоматической генерации конечно-элементных сеток на основе реальных промышленных геометрических моделей автомобилей, а также специализированные методы обработки результатов расчетов и все остальные функции MSC.Patran. Специальные функции MSC.AMS позволяют за несколько часов подготовить точные модели сварных соединений всего кузова автомобиля. При этом на основе общей технологической и конструкторской информации о сварных соединениях автоматически формируются пакеты конечных элементов для моделирования каждой сварной точки, что обеспечивает высокую точность расчетов MSC.Nastran.

MSC.NVH_Manager (Noise Vibration Harshness) — специализированная программа комплексного анализа акустики, вибраций и устойчивости автомобилей.

Система позволяет создавать (на основании библиотеки агрегатов) полные расчетные модели автомобиля, включая корпус, двигатель, подвеску, другие узлы и агрегаты. Данные по каждому узлу/агрегату хранятся в текстовом формате и содержат конечно-элементные сетки деталей и узлов для MSC.Nastran, а также информацию об их положении, ориентации, соединениях, массе и т.д. Информация сопровождается схематичными чертежами агрегатов: к примеру, подвеска включает рычаги, амортизаторы, пружины, шарниры, оси и т.д. При автоматической сборке агрегата MSC.NVH_Manager проверяет на-

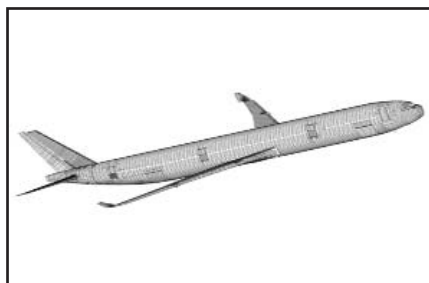


личие моделей всех компонентов, соединяет их в единую модель и выдает предупреждение обо всех несоответствиях. Когда подготовлена полная модель, MSC.NVH_Manager проверяет данные, приложенные вибрационные нагрузки, проводит расчет, обеспечивает обработку результатов и оперативное изменение параметров автомобиля с целью оптимизации его характеристик.

MSC.SuperModel — комплексная система организации и ведения крупномасштабных инженерных проектов в рамках целого предприятия, ориентированная прежде всего на аэрокосмическую отрасль.

Система обеспечивает параллельную работу нескольких инженерных отделов над единым объектом. Она облегчает взаимодействие специалистов при проведении разносторонних исследований и расчетов, когда требуется оценить сотни случаев вариантов модели и нагрузжений.

MSC.SuperModel хранит результаты инженерных расчетов и модели в течение всего жизненного цикла изделия. В системе "клиент-сервер" MSC.SuperModel реализует гибкую технологию метода подконструкций и многоуровневых суперэлементов, обеспечивает единый доступ к информации и защиту данных от несанкционированного доступа, а также поддерживает интерфейс с



TIPS & TRICKS

AutoCAD 2002. Ошибка отображения проектного центра

После установки обновления безопасности Microsoft Internet Explorer Security Update от мая 2002 г. окно проектного центра AutoCAD может загружаться с сообщением об обнаруженной на странице ошибке.

Проблема решается обновлением обозревателя до Internet Explorer 6 или отключением показа проектного центра при загрузке.

Обнаружить наличие на машине обновления Explorer Security Update можно, открыв Internet Explorer и выбрав в меню *Справка* пункт *О программе*. Если в строке *Выпуски обновления* присутствует строка *Q321232*, то при отображении проектного центра возможно появление ошибки.

AutoCAD 2002. Переменная OFFSETGAPTYPE

Данная переменная устанавливает способ построения подобию.

OFFSETGAPTYPE = 0. Значение по умолчанию. В этом случае зазоры в контуре подобию заращиваются продлением полученных сегментов до их пересечения.

OFFSETGAPTYPE = 1. В этом случае зазоры в контуре подобию заращиваются сопряжением полученных сегментов дугой (радиус равен величине смещения — offset distance).

OFFSETGAPTYPE = 2. В этом случае подобное тело строится сопряжением полученных сегментов отрезком (фаска).

AutoCAD. Ошибка при сохранении чертежа в формате 3D Studio

Во время выполнения команды 3DSOUT может появиться следующее сообщение об ошибке:

Unhandled Exception C0000005 (Access Violation Reading 0x0031) at address 63D58367h

Эта проблема возникает, если выбранные для экспорта объекты находятся на слоях, содержащих в названии более 32 символов, а также включен параметр *Создавать объекты 3D Studio по слоям* в диалоговом окне *Параметры экспорта файла 3D Studio*.

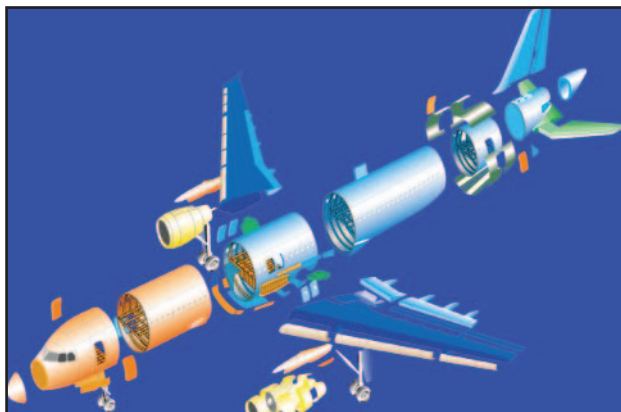
Для решения проблемы необходимо переименовать слои так, чтобы их названия включали менее 32 символов.

AutoCAD. Где найти описание технологии i-drop

Техническая документация по технологии i-drop доступна для загрузки на сайте Autodesk:

<http://www.autodesk.com/developidrop>

любой выбранной системой ведения проекта и системой управления рас-



четом на гетерогенной сети вычислительных машин.

Многие возможности конечно-элементного моделирования предназначены авиационным инженерам. Среди таких возможностей — использование библиотек поперечных сечений стрингеров, вычисление и модификация массовых характеристик агрегатов и многое другое.

MSC.Mvision — первая в своем роде система хранения и комплексной обработки информации по материалам. Это электронно-информационная база, позволяющая инженерам вводить и получать информацию по материалам и их изготовителям, сопоставлять данные и прорабатывать альтернативные решения. В отличие от стандартных баз данных, MSC.Mvision имеет проблемно-ориентированный интерфейс для эффективного управления сложными запросами.

В семейство продуктов MSC.Mvision входят:

- **MSC.Mvision Builder** для ввода данных по материалам в электронные таблицы. Посредством MSC.Mvision Builder можно автоматизировать передачу информации с испытательных стендов непосредственно в электронный архив, где она накапливается и упорядочивается. В итоге формируется достоверная база свойств материалов, которая доступна инженерам и разработчикам, занятым непосредственно проектированием, расчетами и производством.

- **MSC.Mvision Evaluator** для быстрого подбора оптимального материала конструкции. В критерии поиска могут включаться как различные свойства материала (плотность, предел прочности и т.п.), так и коммерческая информация (цена, производитель). На предприятии обеспечивается доступ пользователей к любому банку данных MSC.Mvision по материалам.

- **Банки данных по материалам** — всеобъемлющие электронные библиотеки данных по материалам (металлы, керамика, пластмассы, композиты) аэрокосмической промышленности и министерства обороны США, институтов материаловедения, научно-исследовательских цент-

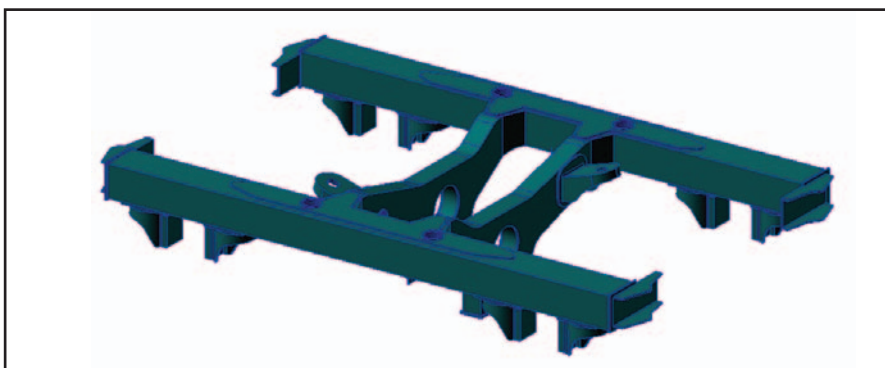
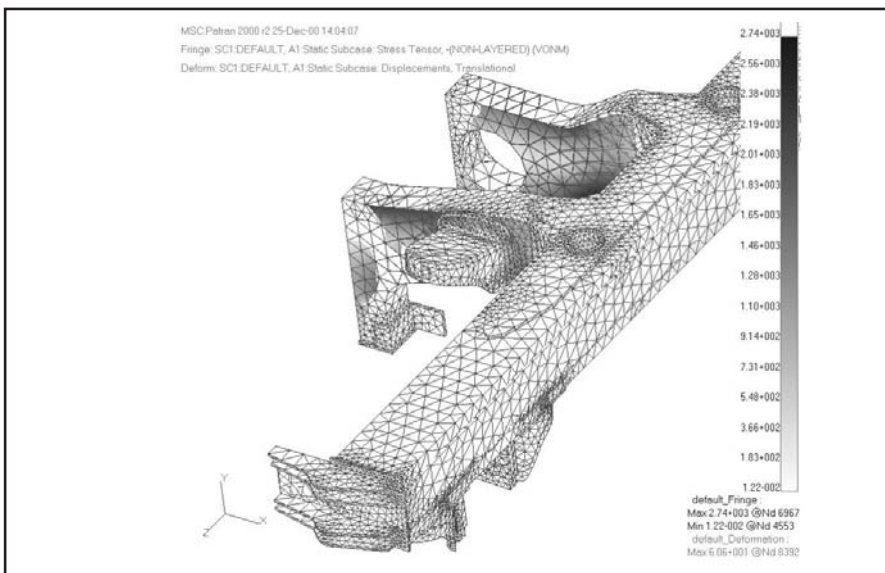
ров и лабораторий, расположенных по всему миру.

MSC.DropTest — приложение для моделирования повреждений при падениях и ударах.

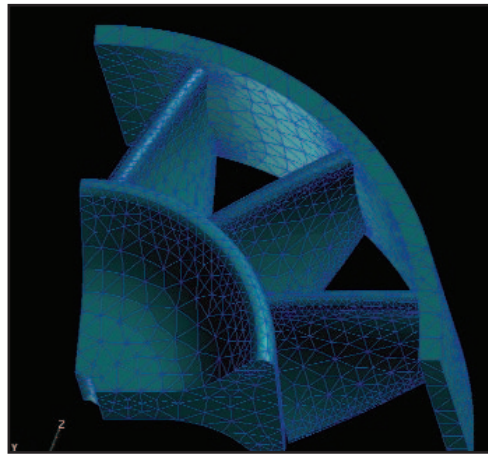
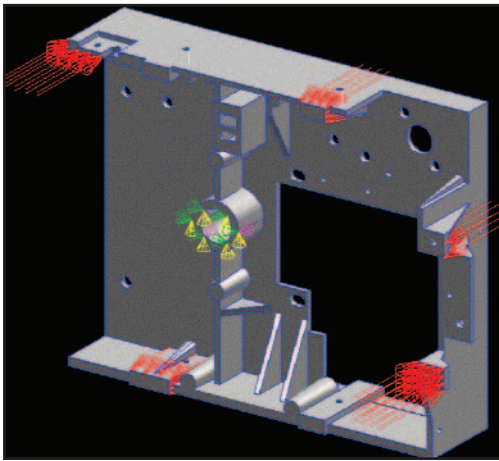
Как поведет себя при падении корпус телевизора, электрического утюга или телефона? Что произойдет при наезде автомобильного колеса на препятствие? Какие изменения в конструкции предотвратят разрушение? Используя MSC.DropTest, расчетчики смогут ответить на эти и множество других вопросов.

С помощью системы MSC.DropTest проводится оптимизация приборов, бытовых устройств и других изделий — на основе точного моделирования процессов удара, падения и анализа их последствий.

MSC.Nastran for Windows позволяет проводить различного рода расчеты конструкций (линейный статический анализ, анализ устойчивости, установившихся и пере-



↑ Серийная рама моторной тележки электропоезда ЭР2 и ее напряженно-деформированное состояние (МИИТ)



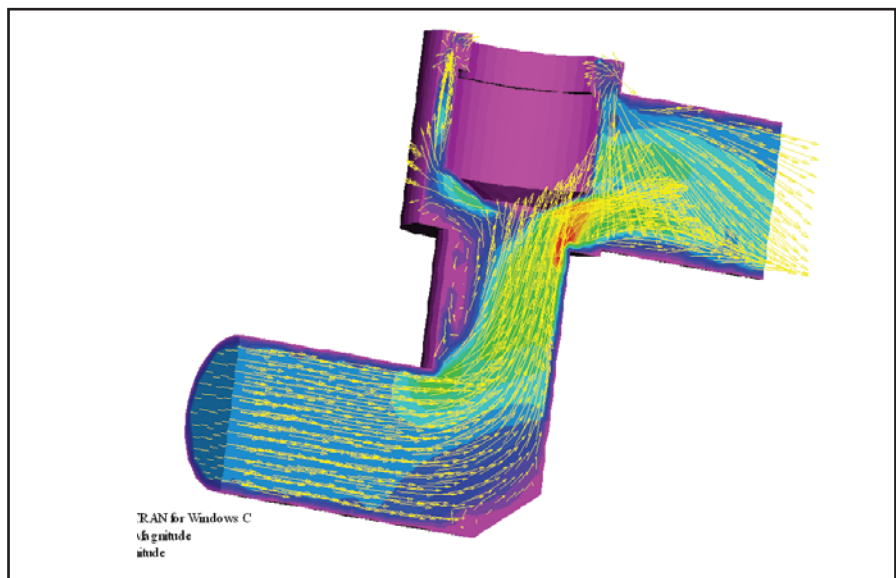
ходных динамических процессов, расчет собственных частот и форм колебаний), решать тепловые задачи в стационарной и нестационарной постановках, а также задачи нелинейного анализа конструкций (статика, переходные динамические процессы). Возможности эффективного и простого в использовании препроцессора системы включают различные методы формирования геометрических моделей (в том числе и твердотельное моделирование), автоматическую и полуавтоматическую генерацию конечно-элементной сетки, а также интерфейсы с CAD-системами. Применение специальных методов обработки данных значительно повышает скорость вычислений и минимизирует объем необходимой дисковой памяти. При работе с MSC.Nastran возможно использование различных функций и приложений Windows, а при работе в Windows — инструментов MSC.Nastran. Имеется встроенная справочная интерактивная система, обеспечены все возможности обработки результатов: динамическое вращение, анимация, визуализация изолиний, изоповерхностей, а также построение графиков и эпюр.

MSC.CFDesign — интегрированный в систему MSC.Nastran for Windows программный продукт, представляющий собой систему для решения задач гидрогазодинамики (CFD — Computational Fluid Dynamics), включая ламинарные и турбулентные течения жидкости и газа в любом скоростном диапазоне (дозвук, околосвук, сверхзвук), с возможностью одновременного расчета процессов теплопередачи.

CFDesign базируется на методе конечных элементов, который фактически является стандартом для решения прочностных задач. Следовательно, полученные в результате расчета газожидкостного потока и теплопередачи величины (силы давлений, температуры и коэффициенты теплопередачи) могут в дальнейшем использоваться как нагружающие факторы и граничные условия в других видах конечно-элементного анализа с использованием системы MSC.Nastran.

В системе реализован дружественный Windows-интерфейс, позволяющий инженерам-расчетчикам общаться с системой на "инженерном" языке. Весь процесс формирования модели, проведения анализа и обработки полученных результатов подчинен строгой логике, поэтому освоение CFDesign не занимает много времени.

MSC.visualNastran Desktop 4D — это полностью интегрированное с CAD-системами приложение для теплового, кинематического и прочностного анализа отдельных элементов и сборок проектируемых конструкций. Система напрямую встраивается в системы Autodesk Mechanical Desktop и Autodesk Inventor, Pro/Engineer, Solid Edge, SolidWorks и динамически отслеживает все введенные конструктором изменения. Геометрические интерфейсы поддерживают форматы ACIS, Parasolid, STEP (AP203), IGES, STL. Конечно-элементный расчет напряженно-деформированного состояния, собственных частот, устойчивости, стационарного и нестационарного теплообмена в элементах конструкции, а также автоматическая оптимизация геометрии и топологии выполняются в тесном взаимодействии с CAD-системой. Интеграция подсистемы **Motion** с подсистемой **FEA** позволяет конструктору одновременно проводить расчет инерционных нагрузок и напряжений в процессе работы механизма. Кинематическая модель механизма может включать произвольные шарниры, тяги, канаты, пружины, демпферы, ограничители перемещений. Движение системы определяется либо приложенными нагрузками



▲ Расчет 3D-течения жидкости в кране с частично закрытым проходным сечением (АО ПК "Сплав")

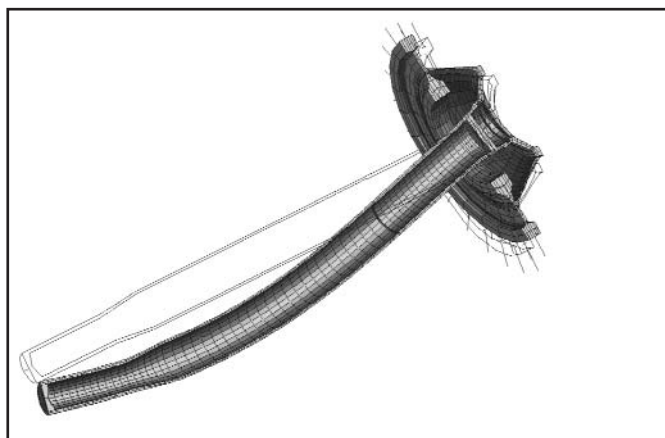
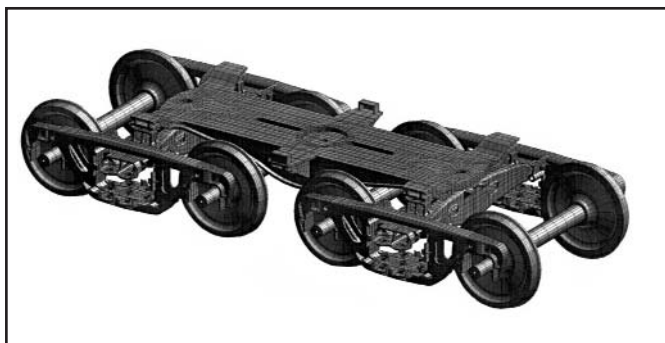
ми, либо заданием предписанных перемещений отдельных компонентов. Результаты расчета (скорости, ускорения и силы) представляются в виде графиков и таблиц. Используя средства анимации, можно увидеть механизм в движении. Специальные подсистемы **Studio** и **View** позволяют гибко управлять графическими свойствами объектов (камера, источник света, цвет, прозрачность и т.д.) и представлять результаты в форматах VRML и HTML.

MSC.SuperForge представляет собой самую современную компьютерную систему, которая уже нашла применение в области анализа трехмерных процессов объемной формовки. Этот программный продукт может эффективно использоваться для оценки влияния выбора инструмента и режима обработки на характеристики процесса (пластические деформации материала, окончательные форма и свойства обрабатываемой детали и т.д.).

Проектирование приспособлений (пуансонов, матриц) и выбор режимов обработки для выполнения операций штамповки в большинстве случаев все еще проводится методом проб и ошибок. Разумеется, такой путь не является ни оптимальным, ни экономичным. Чис-

ленное моделирование процесса штамповки представляет собой альтернативный метод, позволяющий представить режим обработки до принятия окончательных решений по технологической оснастке и организации самого процесса.

Эффективность трехмерного моделирования процесса штамповки подтверждена опытом ведущих промышленных компаний Японии (в том числе Sumitomo Heavy Industries, Toyota Motor Co. и DENSO), США и Европы.



♦ Расчет собственных частот вращающегося ротора с учетом гироскопического момента (ЦИАМ)

Разработкой материалов по изучению и применению программных систем MSC занят специальный отдел MSC.Software Corporation: Институт образования. На основе этих материалов корпорация организует по всему миру обучение пользователей работе с каждым из своих продуктов. Есть учебно-методическая литература и на русском языке. Эти пособия, помогающие быстро изучить самые сложные и наиболее эффективные методы расчетов, подготовлены высококвалифицированными специалистами ведущих отечественных предприятий в процессе проектирования и доводки реальных промышленных изделий.

Среди предприятий и организаций, активно использующих программы MSC.Software Corporation, АО "ГАЗ", АО "АвтоВАЗ", ГКНПЦ им. М. В. Хруничева, РКК "Энергия" им. С. П. Королева, ОКБ им. С. В. Ильющина, ОКБ им. П. О. Сухого, ОКБ им. А. С. Яковлева, НПО "Энергомаш", Атомэнергопроект, КБ "Полет", КБ "Южное", ЦНИИМАШ, МИТ и многие-многие другие.

Сергей Девятков
Consistent Software
Тел.: (095) 913-2222

E-mail: devyatov@cssoft.ru

По материалам постоянного представительства MSC.Software Corporation в СНГ

