

# Программные комплексы MSC Software – современные технологии инженерных расчётов

Эдуард Юрьевич Князев  
Руководитель технического отдела

MSC Software



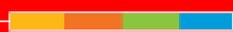
# MSC Software

Поставка широкого комплекса мощных интегрированных систем



# Семейства программных продуктов MSC

- **MasterKey Plus** – универсальная гибкая многопользовательская система лицензирования компании MSC Software. Предприятие приобретает не отдельный программный продукт, а необходимое количество единиц лицензирования – виртуальных "жетонов". При этом может быть поставлено более 160 систем и программных модулей MSC. Каждый запрос на какой-либо программный модуль MSC требует для работы определенного количества жетонов. Это определенное количество жетонов изымается из имеющегося у предприятия общего пула (количества) жетонов при запуске программного модуля и возвращается в общий пул после завершения его работы. Крупные предприятия могут существенно экономить средства, "закрывая" при этом практически все свои потребности в расчетных системах.



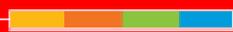
# Семейства программных продуктов MSC

- **MSC Nastran** – конечно-элементный программный пакет общего назначения
- **Marc** – конечно-элементный программный пакет для решения задач в полной нелинейной постановке
- **Dytran** – система моделирования быстропротекающих процессов ударного характера
- **Adams** – система комплексного моделирования машин и механизмов
- **Easy5** – программный пакет для моделирования гетерогенных технических систем и устройств
- **Patran** – пре- и постпроцессор для конечно-элементного анализа, интегрирующая среда для систем анализа, моделирования и оптимизации конструкций
- **MSC Fatigue** – технология расчёта долговечности
- **Actran** – программный комплекс для анализа возникновения, распространения и поглощения шума
- **Digimat** – программный комплекс для нелинейного многоуровневого моделирования и расчёта актуальных характеристик композиционных материалов



# Семейства программных продуктов MSC

- **SimXpert** – интегрированная программная среда сквозного многодисциплинарного моделирования, анализа и оптимизации продукции
- **SimDesigner** – интегрированный в CAD-среду программный инструмент, предоставляющий конструктору возможность использования методов многодисциплинарного инженерного анализа для оценки работоспособности конструкции уже на ранних стадиях проектирования
- **SimManager** – система управления инженерными расчетными процессами, данными, и знаниями (Simulation Data and Process Management, SDPM), обеспечения совместных работ конструкторских и инженерных отделов, а также предприятий партнеров при проведении распределенных (глобальных, интернациональных) проектов.



# Семейства программных продуктов MSC

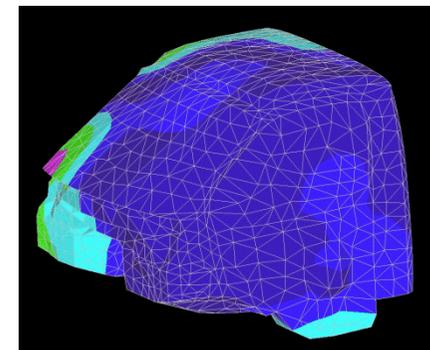
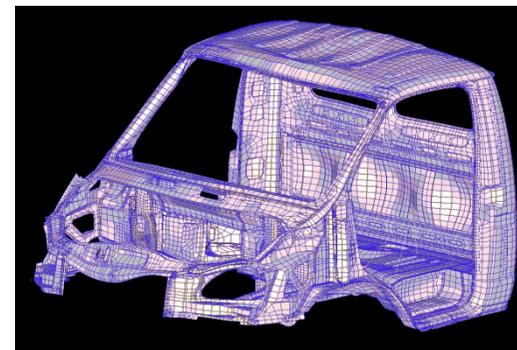
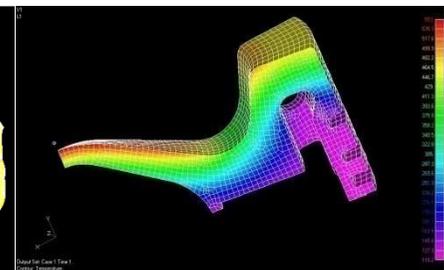
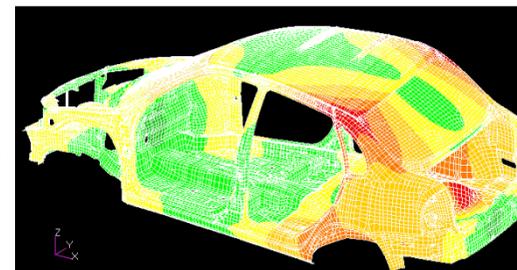
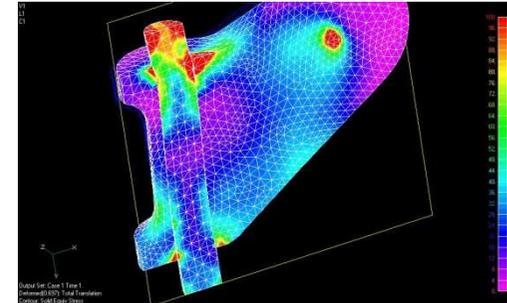
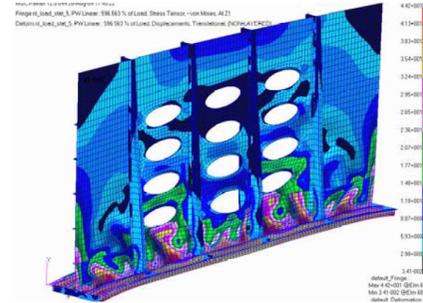
- **MSC Nastran** – многодисциплинарный высокоэф-фективный конечно-элементный решатель для *анализа прочности, собственных частот и форм колебаний, устойчивости, теплопередачи, установившихся и неуставившихся динамических процессов, нелинейных статических и переходных динамических процессов, оптимизации конструкций, автоматической идентификации расчетной модели и эксперимента, анализа акустики, аэроупругости, расчета критических частот и вибраций роторных машин, анализа частотных характеристик при воздействии случайных нагрузок, спектрального анализа, планирования эксперимента и оценки полноты полученных экспериментальных данных и др.* Объединяет лучшие в своем классе системы компьютерного инженерного анализа, включая сам MSC Nastran, а также Marc и LS-Dyna в одну полностью интегрированную систему для проведения многодисциплинарных расчетов в масштабах предприятия.



# MSC Nastran: универсальный КЭ решатель

## • Уникальная функциональность

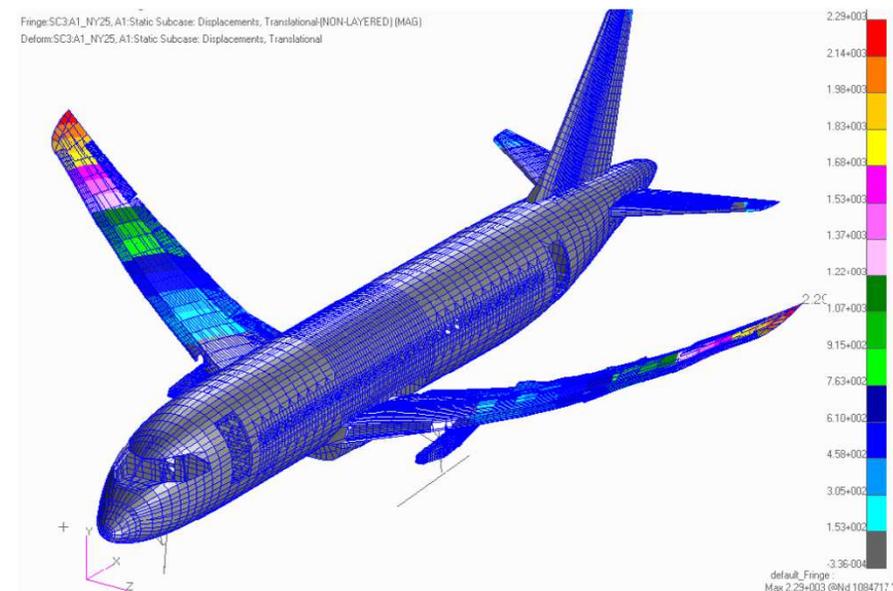
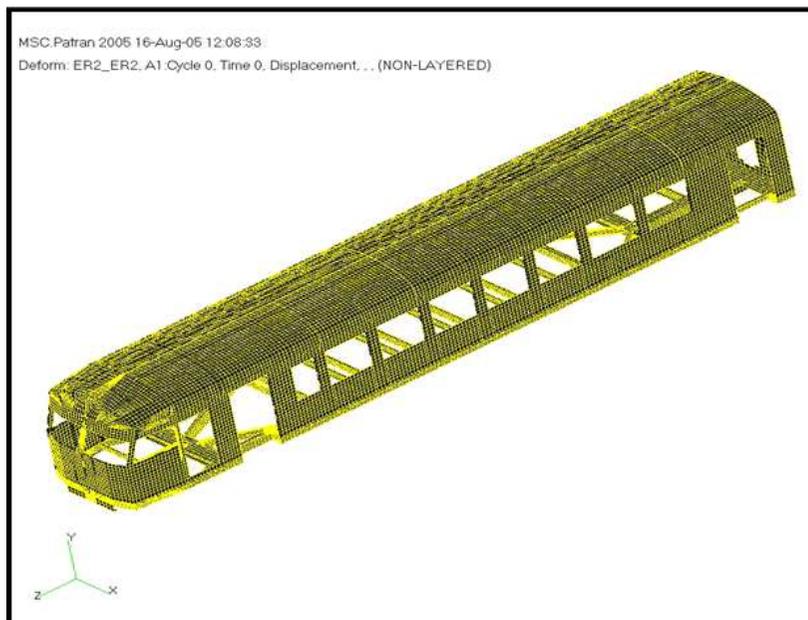
- Линейные и нелинейные статические расчёты
- Анализ устойчивости
- Анализ собственных колебаний
- Расчёт переходного процесса и частотного отклика
- Анализ отклика на широкополосное ударное воздействие
- Расчёт параметров теплопередачи
- Акустический анализ (внутренняя акустика)
- Анализ аэроупругости
- Параметрическая оптимизация, оптимизация формы, топологическая оптимизация



Проверен почти 50-летним опытом использования ведущими мировыми компаниями

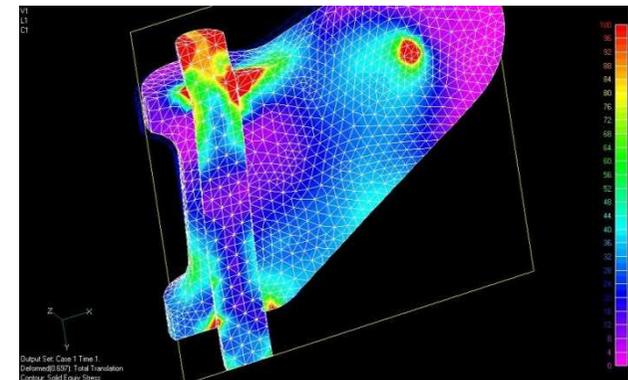
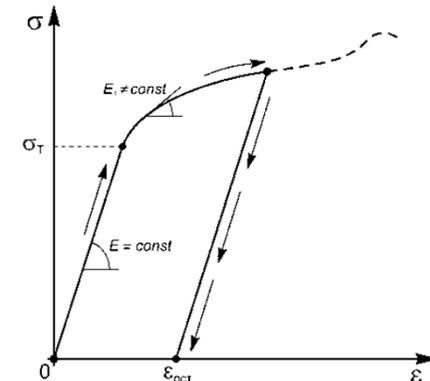
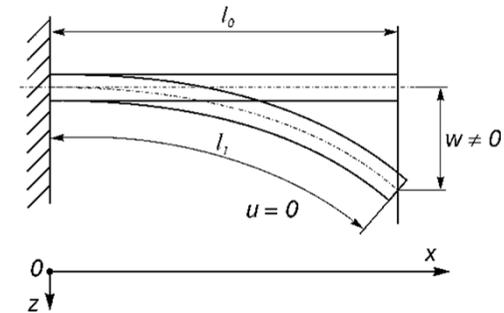
# MSC Nastran: линейная статика

- Широкий спектр типов нагружения: (силы, вынужденные перемещения, деформации, гравитация, температурные нагрузки.....)
- Анализ НДС незакрепленных структур
- Вывод широкого спектра результатов
- Высокая эффективность счёта – возможность решения очень больших задач



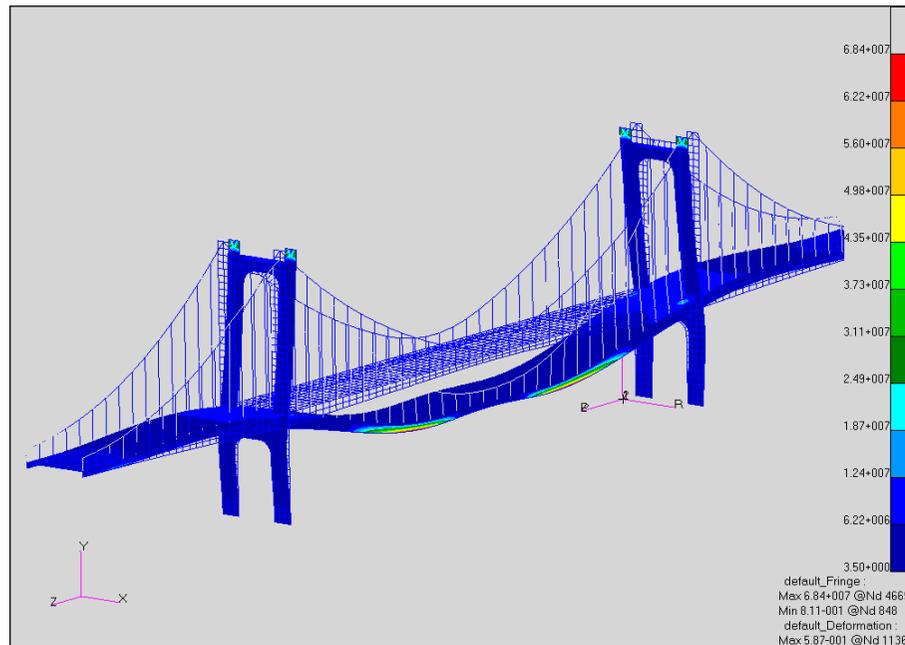
# MSC Nastran: нелинейная статика

- Геометрическая нелинейность (большие перемещения, вращения и деформации)
- Нелинейные граничные условия
- Различные модели контакта
- Нелинейные свойства материалов
  - Текучесть
    - Модель Мизеса и Треска
    - Модели Мора-Кулона и Друкера-Прагера
    - Изотропное, кинематическое и комбинированные упрочнения
    - Различные способы задания зависимости  $\sigma = \sigma(\varepsilon)$
  - Гиперупругость
  - Термоупругость
  - Ползучесть
  - Комбинация ползучести и пластичности
  - Температуро - зависимые свойства материалов

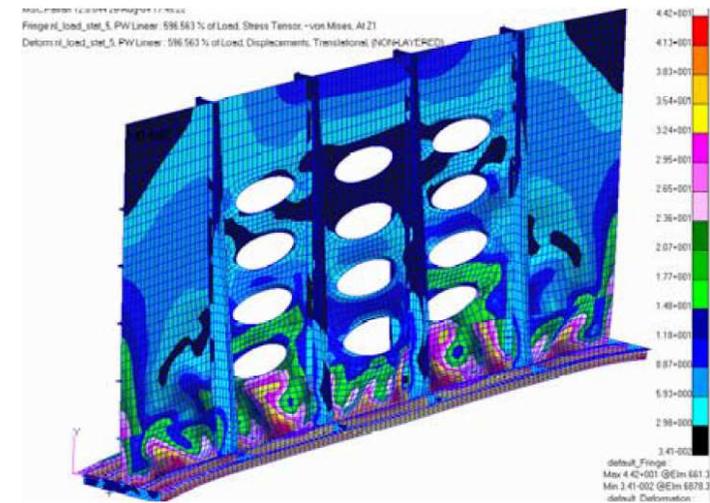


# MSC Nastran: анализ устойчивости

- Анализ устойчивости в линейной и нелинейной постановках
- Анализ поведения конструкции за пределами устойчивости



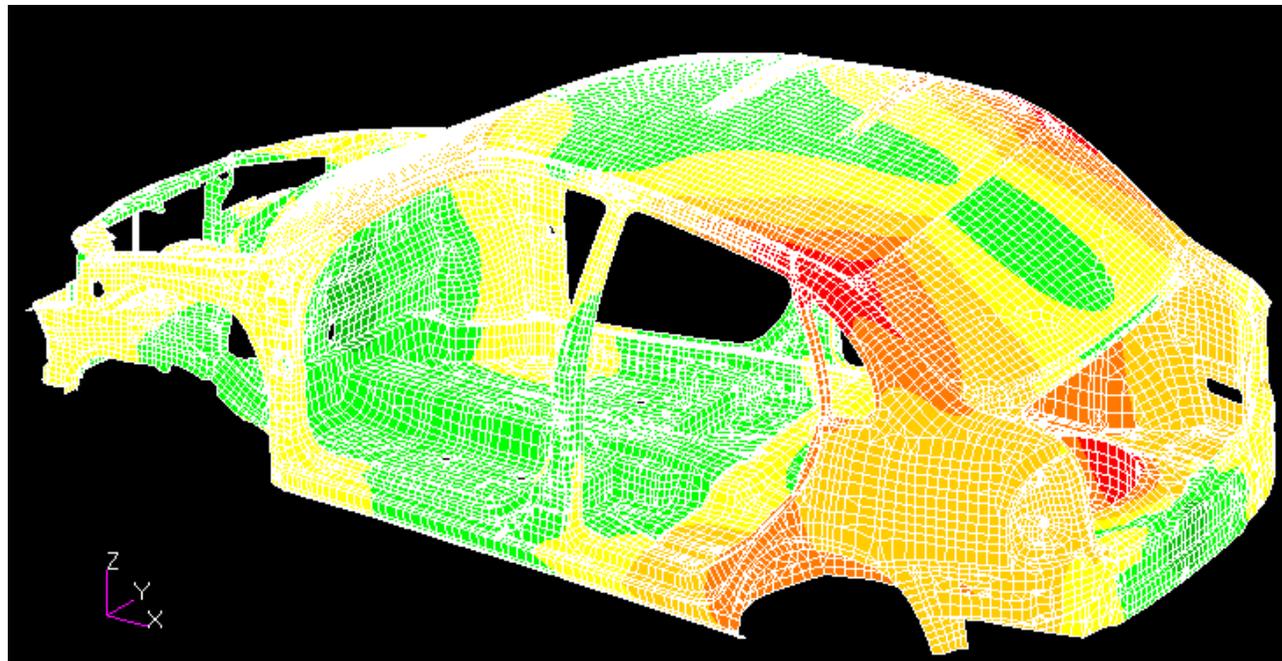
Потеря устойчивости моста с учетом его собственного веса



НДС подкрепленной панели в момент исчерпания несущей способности

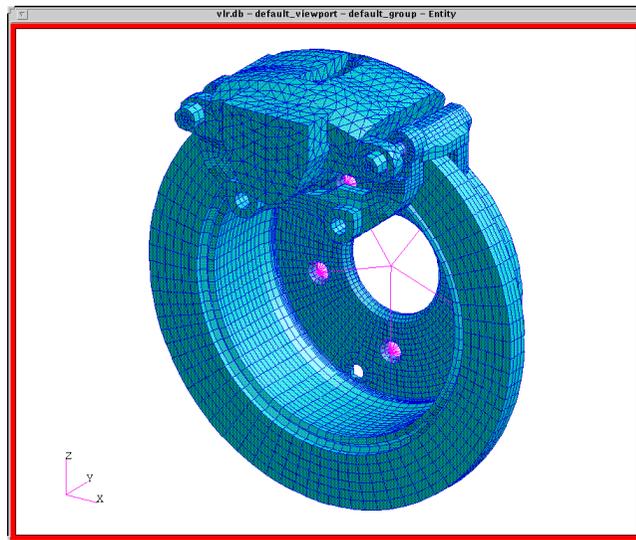
# MSC Nastran: анализ собственных колебаний

- Отстройка от явных опасностей резонанса
- База для последующего анализа динамического отклика
- Определение мест наилучшего расположения акселерометров

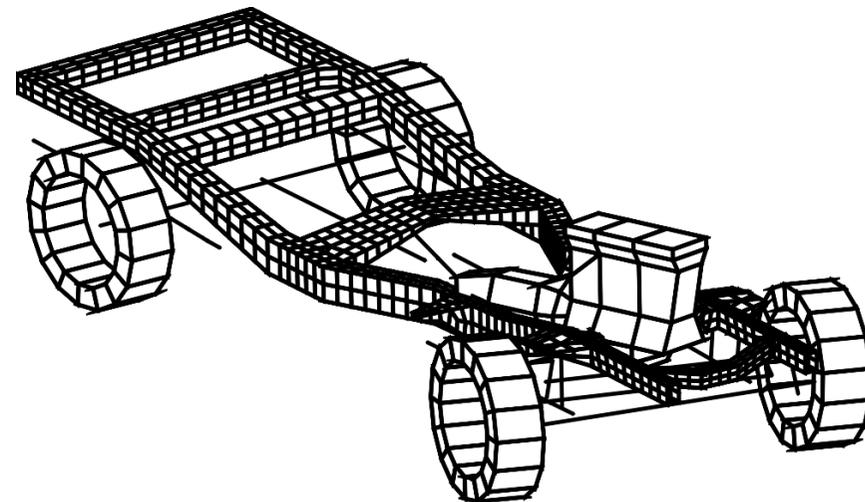


## MSC Nastran: комплексный анализ собственных колебаний

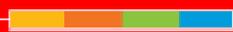
- Вычисление собственных значений в комплексной постановке: анализ устойчивости динамических систем



Анализ автоколебаний суппорта и диска (“писк тормозов”)

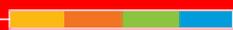
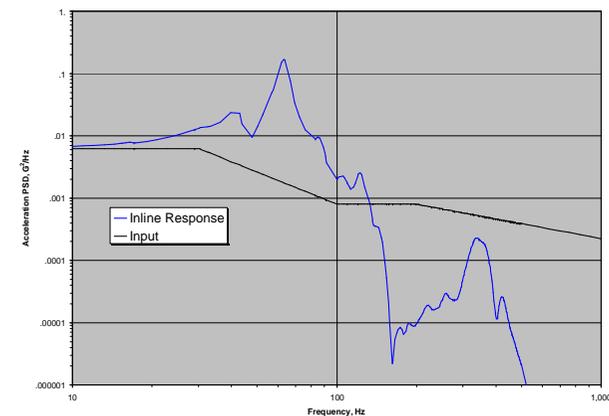
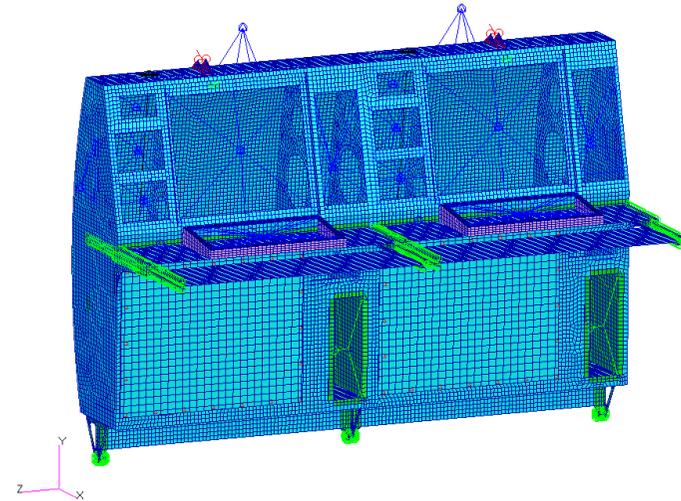


Анализ автоколебаний управляемых колес



# MSC Nastran: частотный отклик

- Отклик конструкции на гармоническое воздействие
  - Прямой и модальный методы решения
  - Нагрузки в произвольной форме (сила, вынужденные перемещения...)
  - Демпфирование может зависеть от частоты
  - Оптимизированный шаг по частоте в расчете
  - Анализ статически преднагруженных структур
  - и т.д....



# MSC Nastran: метод DDAM

**Dynamic Design Analysis Method (DDAM)** – это метод решения задач на широкополосное ударное воздействие:

## землетрясения

ударные взаимодействия конструкций

взрывы глубинных бомб

иные воздействия

## **Особенности методов:**

### **Расчет переходного процесса**

Значительное время счета

Возможная сложность и большие объемы данных при описании внешнего воздействия

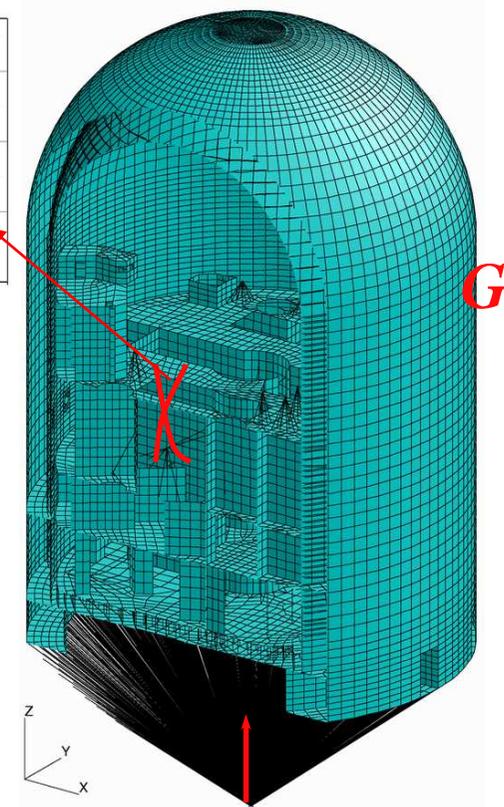
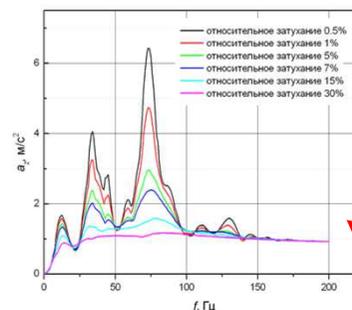
Точный результат

### **Расчет методом DDAM**

«Быстрое» получение результата

Простой способ описания внешнего воздействия

Возможное завышение значений результатов



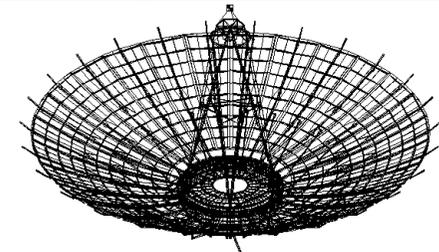
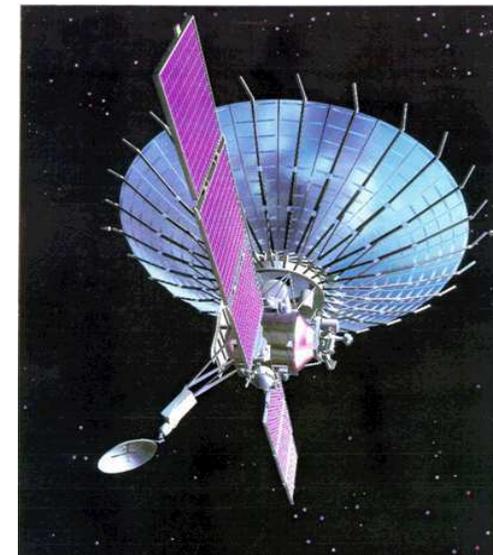
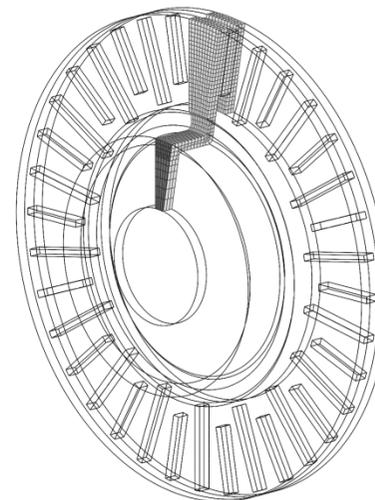
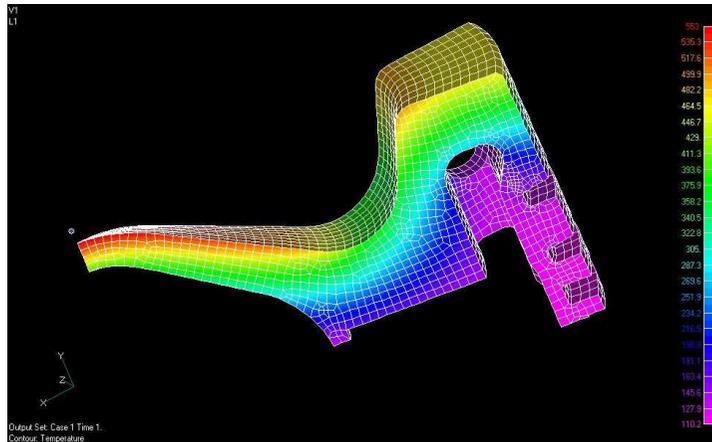
# MSC Nastran: переходный процесс

- Отклик конструкции на воздействие, заданное как функция времени
  - Прямой и модальный методы решения
  - Широкие возможности задания воздействия



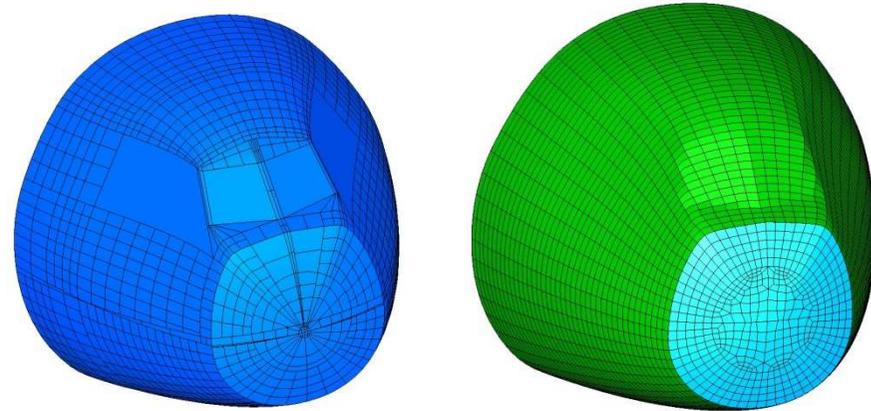
# MSC Nastran: анализ теплопередачи

- Анализ теплопередачи в линейной и нелинейной постановках
  - Установившиеся и переходные процессы
  - Расчет теплопроводности
  - Расчет конвекции (естественной и вынужденной)
  - Расчет излучения (включая переизлучение)
  - Объёмные и точечные источники тепла



# MSC Nastran: акустический анализ

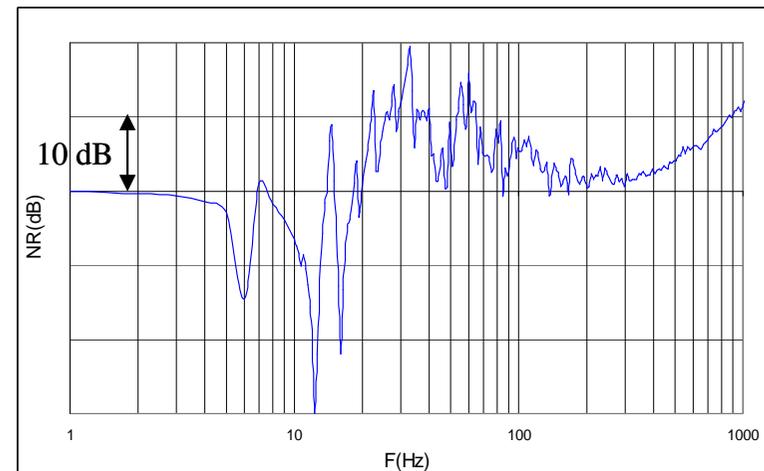
- Анализ внешней и внутренней акустики



**Задача:** Определение акустической обработки кабины самолета

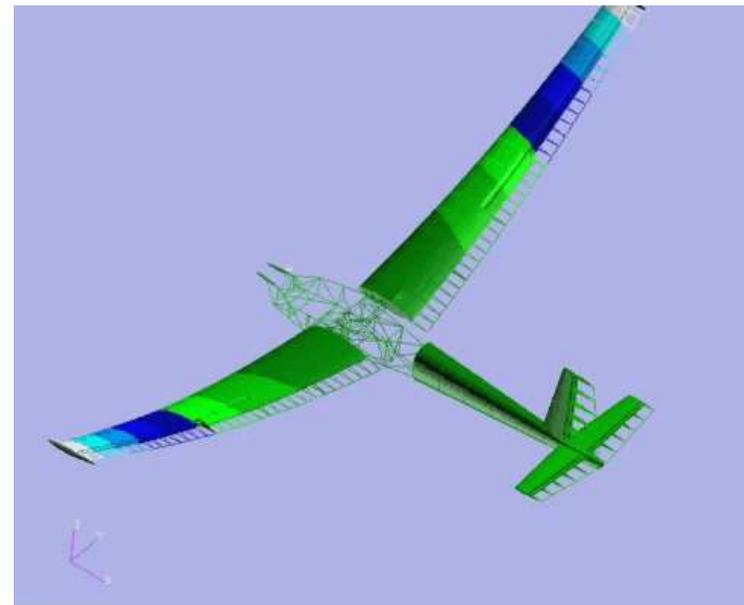
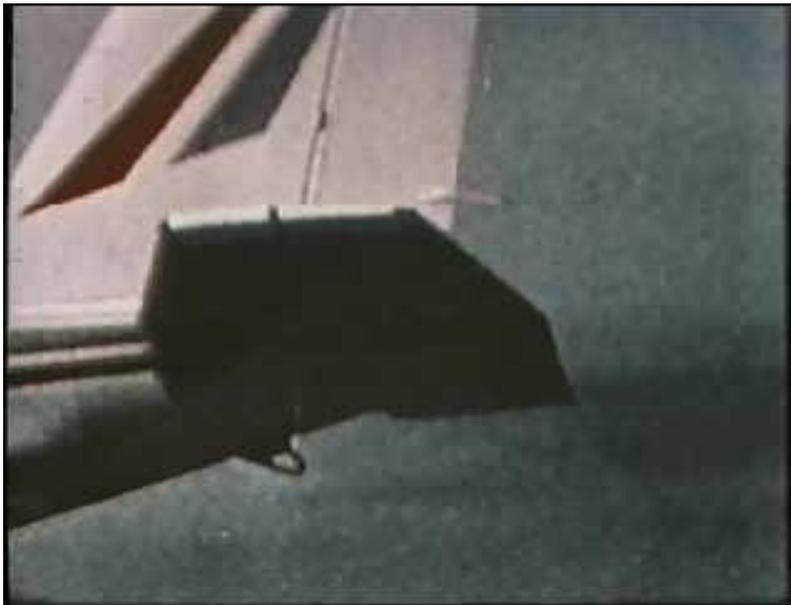
**Решение:** MSC Actran, MSC Nastran

**Эффект:** Определение наилучших материалов и слоев фюзеляжа, уменьшение общего уровня шума в кабине



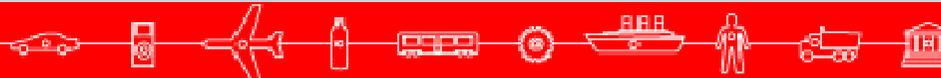
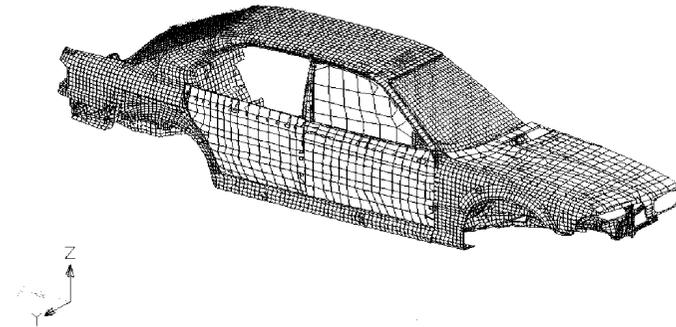
# MSC Nastran: анализ аэроупругости

- Определение статического и динамического отклика конструкции на воздействие с учётом эффекта аэроупругости
- Возможности определения флаттера



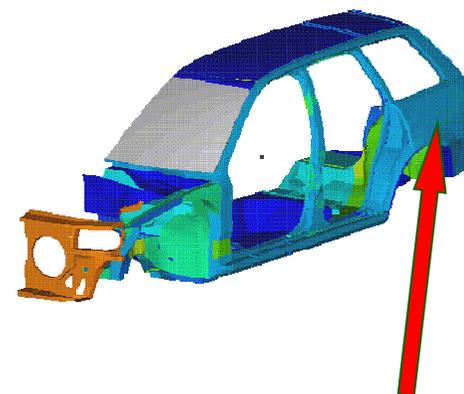
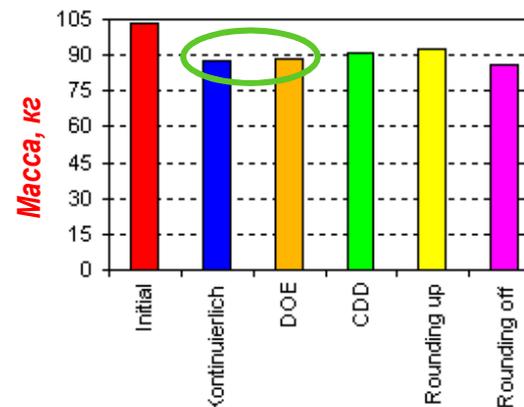
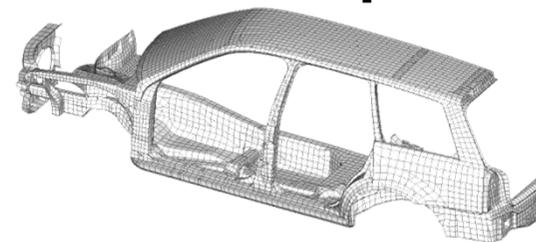
# MSC Nastran: ОПТИМИЗАЦИЯ

- Оптимизация конструкции кузова
  - Переменные: 80 “толщин”
  - 2 варианта закрепления
  - 40 форм колебаний
  - 5 статических нагрузок
  - Цель – минимизация массы
- Результат:
  - Расчетное снижение массы: 14 кг
  - Реально внедрено в конструкции: 10 кг



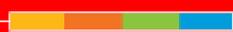
# MSC Nastran: дискретная оптимизация

- 83 переменных проектирования
- Цель: минимизация массы кузова
- Ограничения:
  - На статическую деформацию
  - На частоты собственных колебаний
  - На толщину листа металла (0,6; 0,7; 0,75; 0,8; 0,9; 1,0; 1,2; 1,25; 1,5; ..... ; 2,75; 3,0; 3,75; 4,0 мм)



“Непрерывная” оптимизация:  $\delta=0,80488$  мм

“Дискретная” оптимизация:  $\delta=0,8$  мм

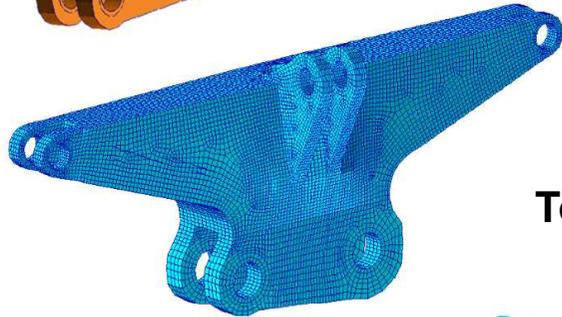


# MSC Nastran: топологическая оптимизация

- Оптимизация формы кронштейна двигателя



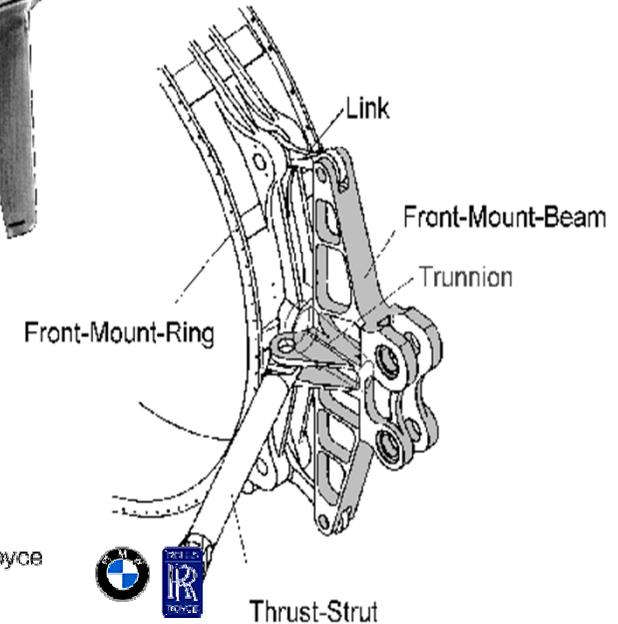
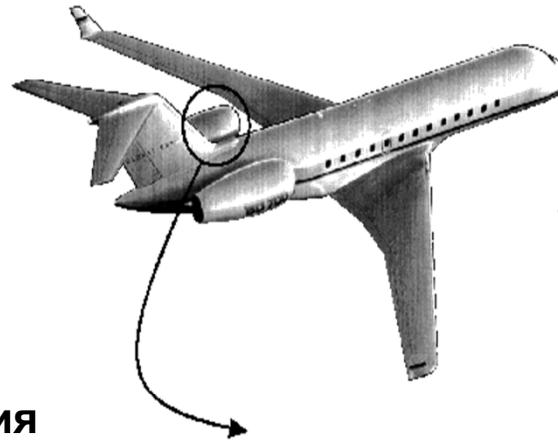
“Пространство проектирования”



Топология



Результат оптимизации



С разрешения

BMW Rolls-Royce  
AeroEngines

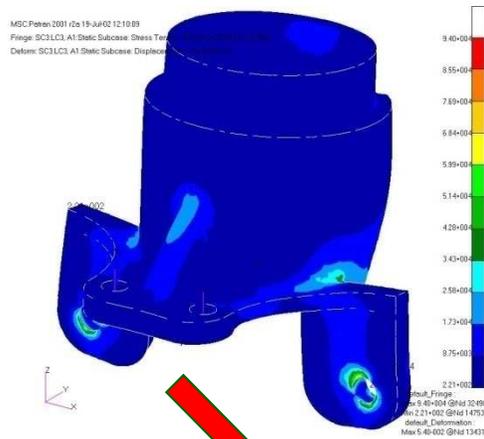
KLK



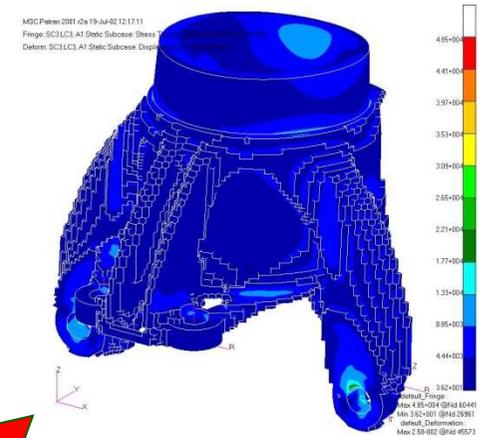
Thrust-Strut



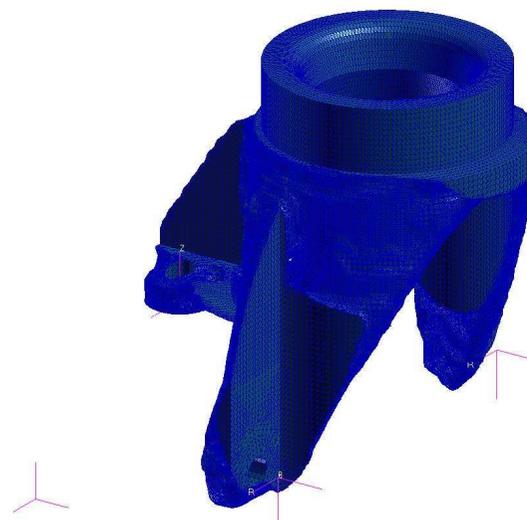
# MSC Nastran: ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ



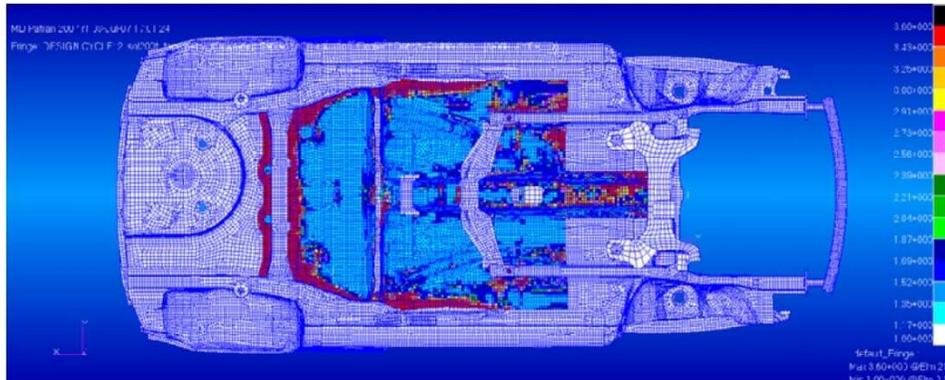
- Масса **1,59 кг**
- При вертикальной нагрузке в 480кгс напряжения **94 мПа**



- Масса **1,49 кг**
- При вертикальной нагрузке в 480кгс напряжения **48,5 мПа**

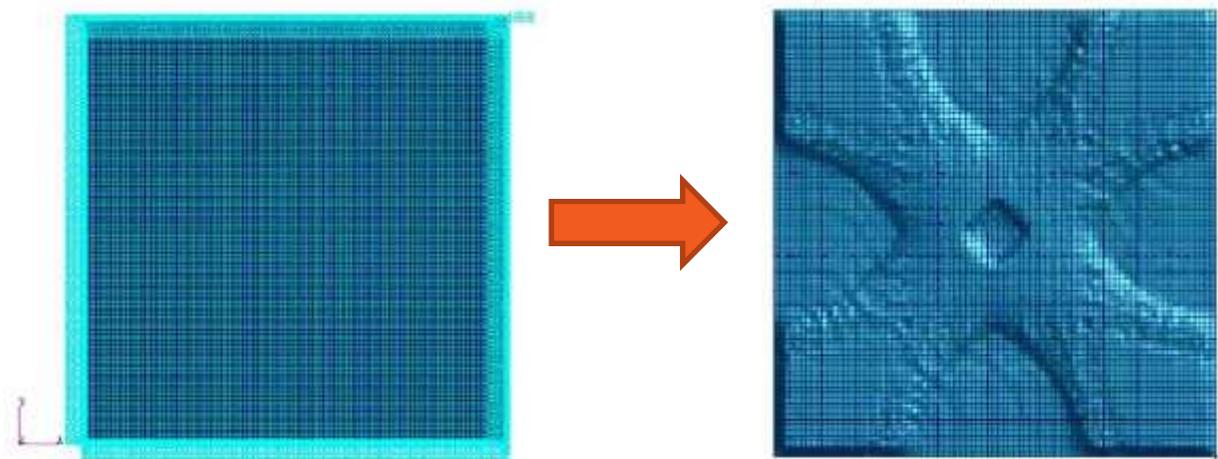


# MSC Nastran: топометрическая и топографическая оптимизации



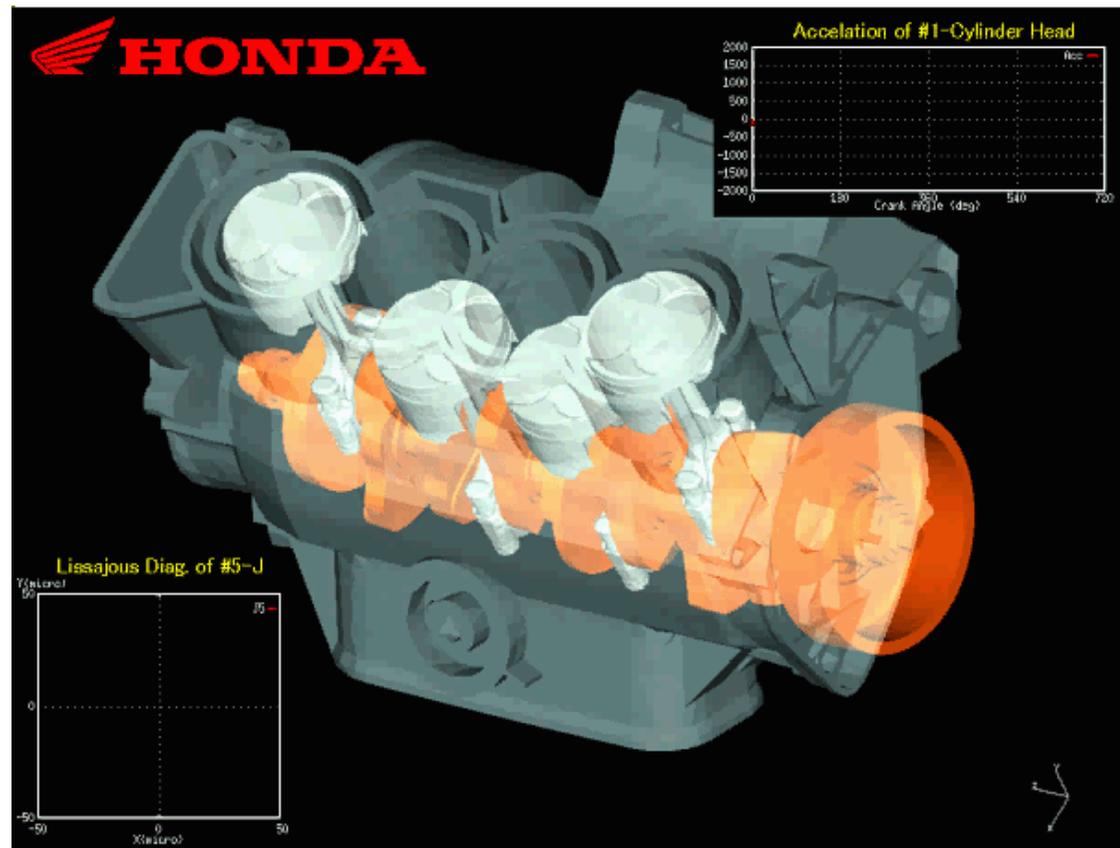
- Оптимальное распределение толщин в кузове автомобиля – результат топометрической оптимизации

- Оптимальное изменение формы тонколистового материала – результат топографической оптимизации



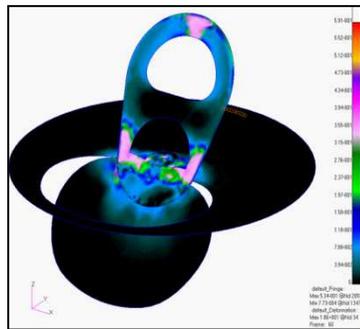
# MSC Nastran: интеграция с Adams

- Учет упругости компонентов для точного моделирования динамики всего изделия
  - **ADAMS/Flex** - импорт модальных моделей из КЭ систем, поддержка счёта комплексной модели

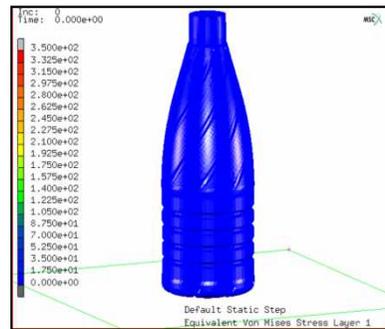


# Семейства программных продуктов MSC

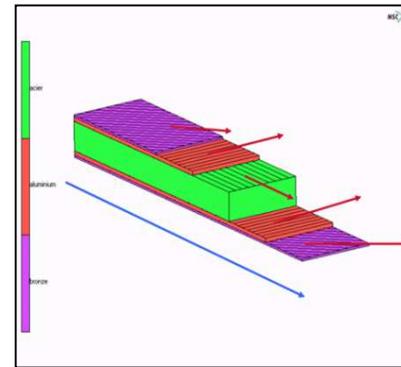
- **Marc** – конечно-элементный решатель для комплексного анализа конструкций с учетом сложных трехмерных контактов, больших пластических и упругих деформаций, сложных моделей материалов, значительного изменения температур, циклического нагружения, а также для моделирования технологических процессов, анализа разрушения конструкций, электромагнитных расчетов, гидродинамического и акустического анализа, решения связанных задач и др.



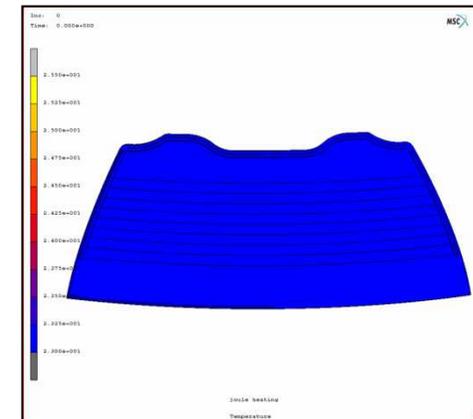
Открытие банки



Пластиковая бутылка



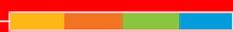
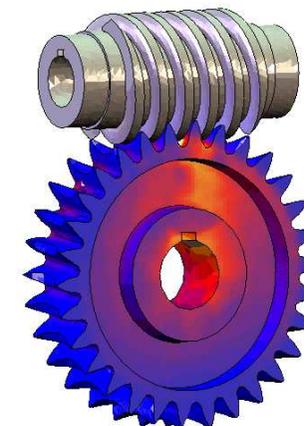
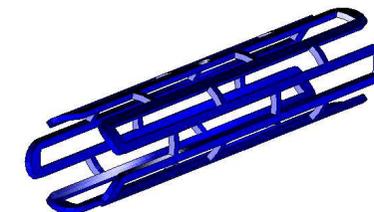
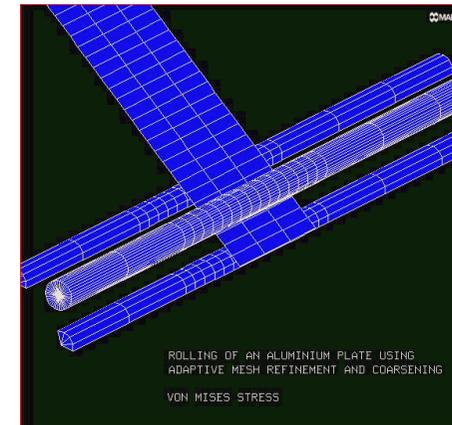
Композиционные материалы



Заднее стекло автомобиля с нагревательными элементами

# Marc: специальный решатель для нелинейных задач

- Система КЭ анализа углублённого анализа конструкций в полной нелинейной постановке
  - Нелинейные процессы
  - Моделирование процессов производства
- Геометрическая нелинейность
  - Большие перемещения
  - Большие деформации
  - Потеря устойчивости
- Физическая нелинейность
  - Пластичность, ползучесть
  - Гиперэластичность
  - Вязкоупругость, вязкопластичность
  - Материалы с памятью формы
- Нелинейные граничные условия
  - Различные модели контакта
  - “Следящая” сила
  - Взаимодействие “конструкция-жидкость”
- Алгоритмы глобального и локального перестроения КЭ сеток
- Связь прочностных, тепловых, электрических, магнитных, акустических, эффектов



# MSC Nastran SOL600: Marc, встроенный в MSC Nastran

- **Задача:**
  - Сокращение времени на анализ состояния корпуса корабля для поддержания его постоянной готовности
- **Решение:**
  - **Использовать возможности нелинейного анализа в MSC.Nastran**
- **Эффект:**
  - Сокращение времени на 12 дней и финансовых затрат на \$200.000 (на один корабль), более точные рекомендации по ремонту

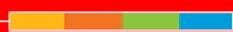


*“Использование MSC.Nastran 2004 привело к ускорению возврата инвестиций и даже экономии средств при выполнении всего одного проекта.”*

-- Jerry Nyland, Puget Sound Naval Shipyard Structural Engineering, Division Manager

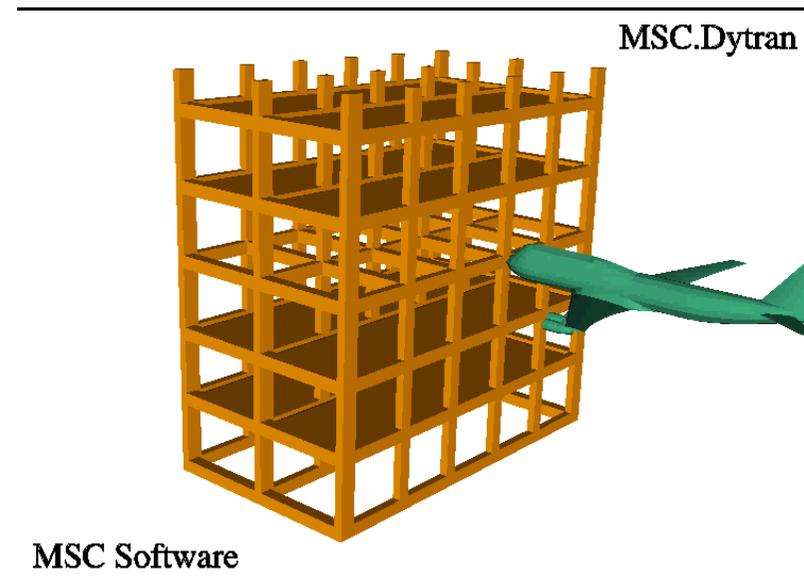
*“Использование MSC.Nastran 2004 привело к значительному сокращению затрат времени на нелинейный анализ: с 14 до 2 дней... Мы не только стали создавать лучшую продукцию более эффективно, мы также получили существенную экономию.”*

-- Ronald Simmons, Puget Sound Naval Shipyard Structural Engineer



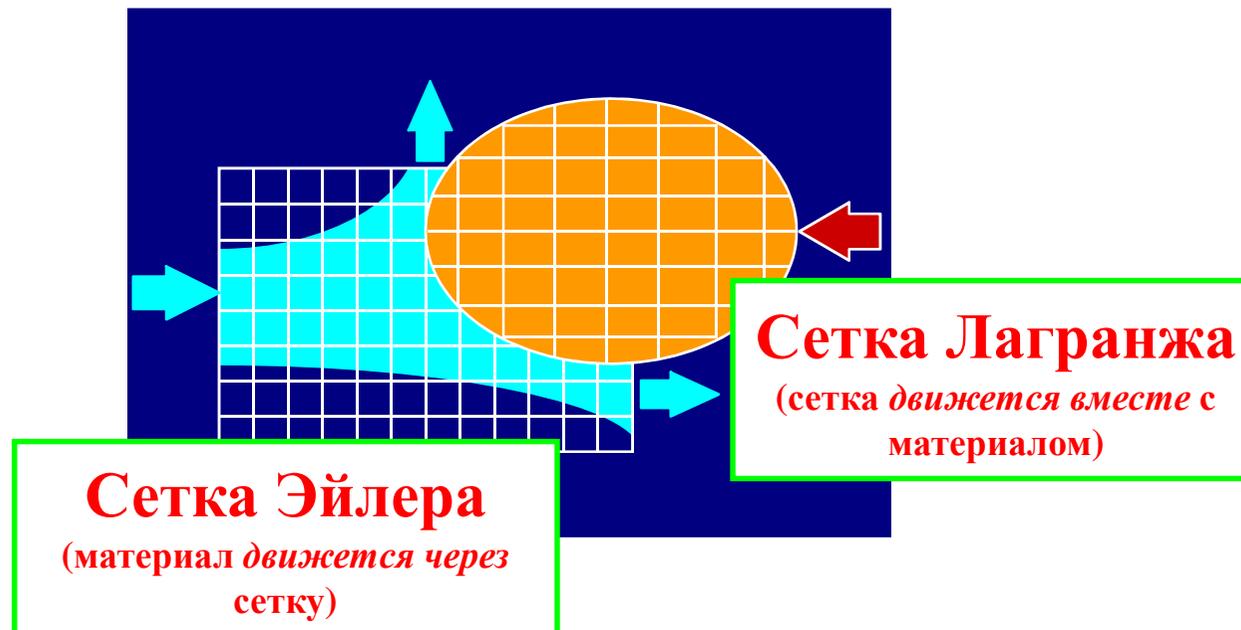
# Семейства программных продуктов MSC

- **Dytran** – конечно-элементный решатель для анализа существенно нелинейных быстропротекающих динамических процессов взаимодействия "конструкция – конструкция" и "конструкция – газ/жидкость": столкновение конструкций с разрушением, попадание птицы в авиадвигатель, взрывы, штамповка металла и т.д.



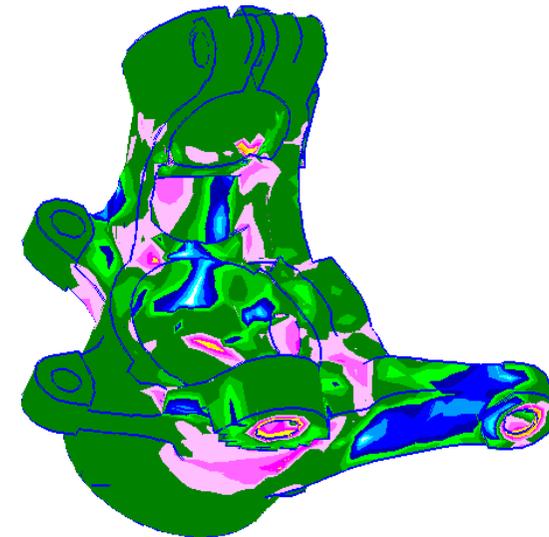
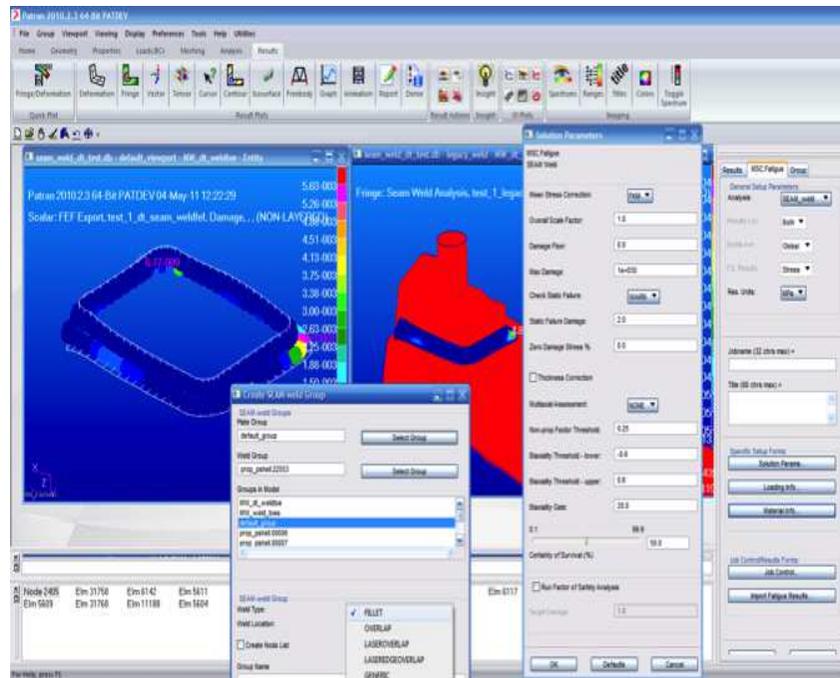
# Dytran и MSC Nastran SOL700: моделирование ударных процессов

- Возможности моделирования неограниченных деформаций
- Моделирование гидродинамических явлений
- Моделирование специальных динамических воздействий на конструкцию (взрыв, пробитие и т.п.)
- **Применение в различных областях:** автомобилестроение, авиастроение, судостроение, моделирование технологических процессов, оборонные исследования, ...



# Семейства программных продуктов MSC

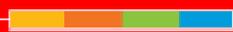
- **Fatigue** – система анализа ресурса и долговечности: расчет долговечности, усталости, моделирование появления и роста трещин, оптимизация конструкций по ресурсу и живучести.



# Исследование усталостных разрушений.

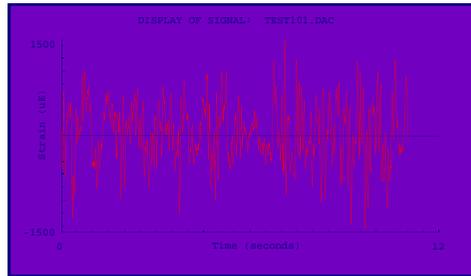
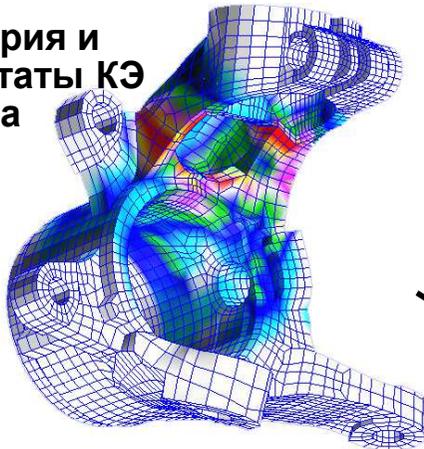
## Предмет анализа **MSC Fatigue**

- Потребителя не интересуют напряжения. Потребителю важно время гарантированной функциональности конструкции
- Оказалось что безопасное динамическое возбуждение конструкции, если оно носит продолжительный характер, способно вызвать усталостное разрушение
- Усталостное (Fatigue) разрушение – разрушение конструкции от действия повторяющихся или иных переменных нагрузок, которые никогда не превышают уровня, достаточного для разрушения при одиночном нагружении
- MSC Fatigue – инструмент углубленного анализа и прогноза усталостного разрушения

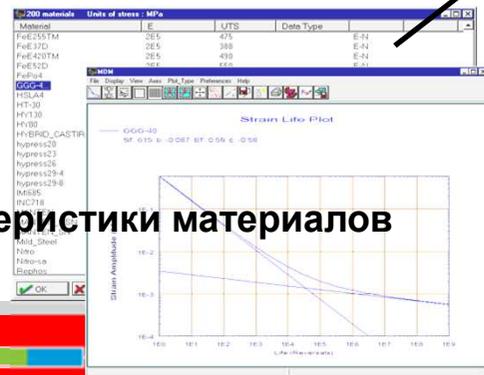


# Fatigue: анализ усталости и долговечности

Геометрия и результаты КЭ анализа



Нагрузки и результаты испытаний



Характеристики материалов

Опции анализа

Метод номинальных напряжений

Метод номинальных деформаций

Анализ роста трещины

Вибрационная усталость

Анализ точек сварки

Анализ сварных швов

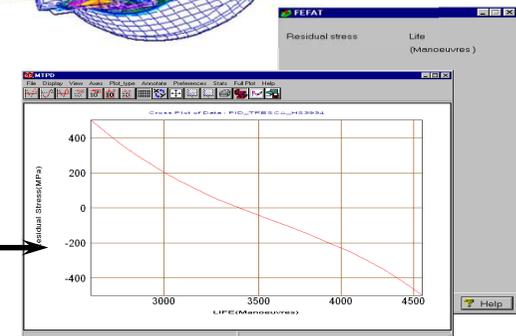
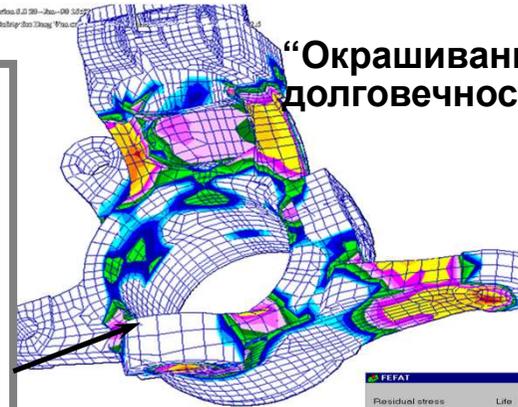
Виртуальные тензодатчики

Узлы вращения

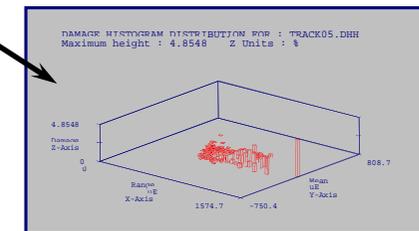
Утилиты

Усталость при многоосном нагружении

“Окрашивание по долговечности”

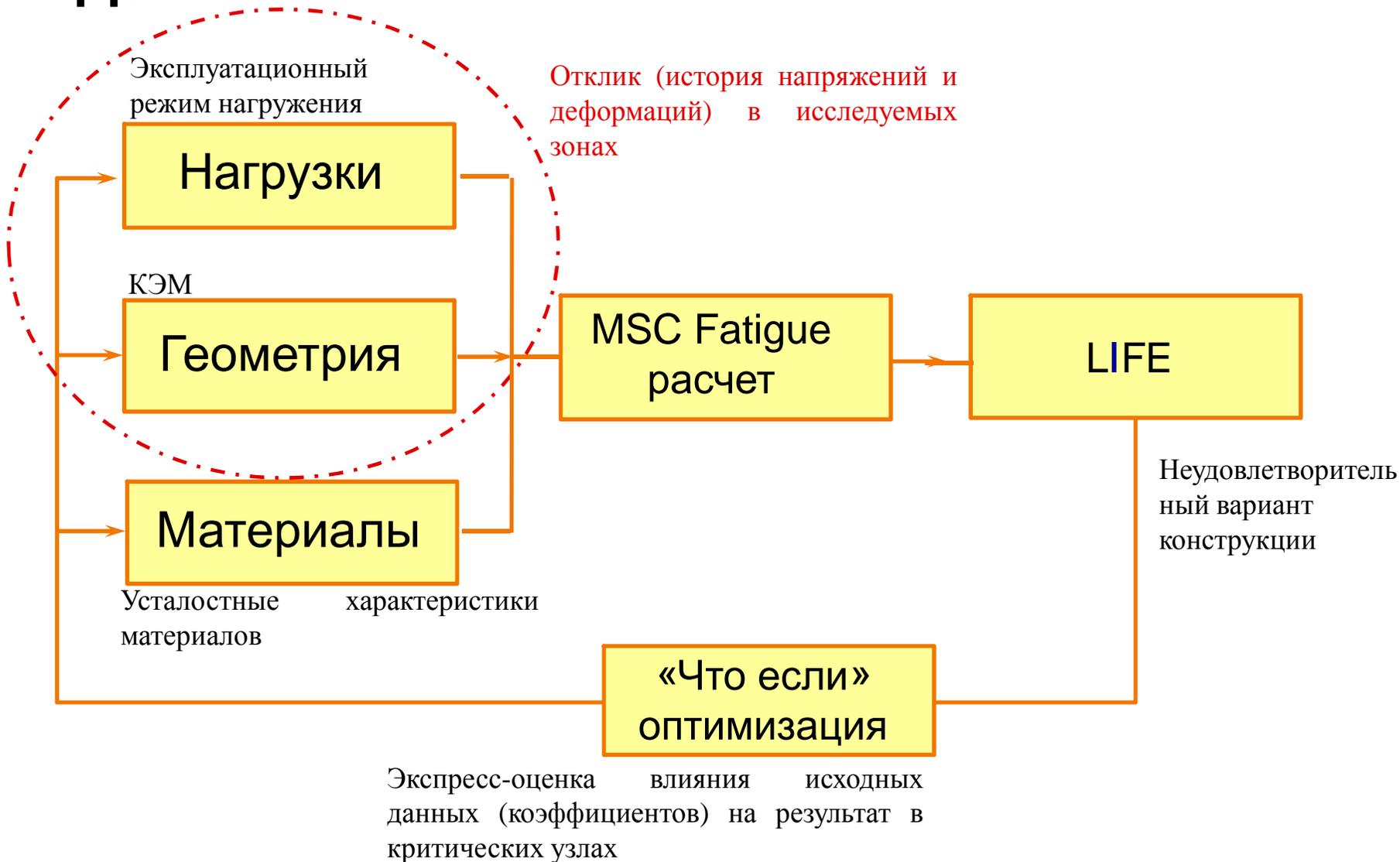


Анализ чувствительности и оптимизация



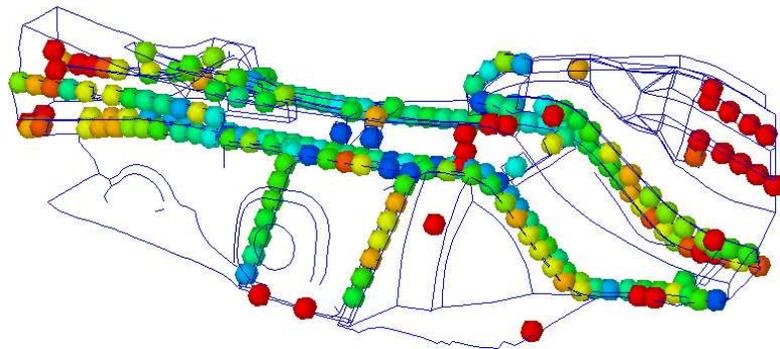
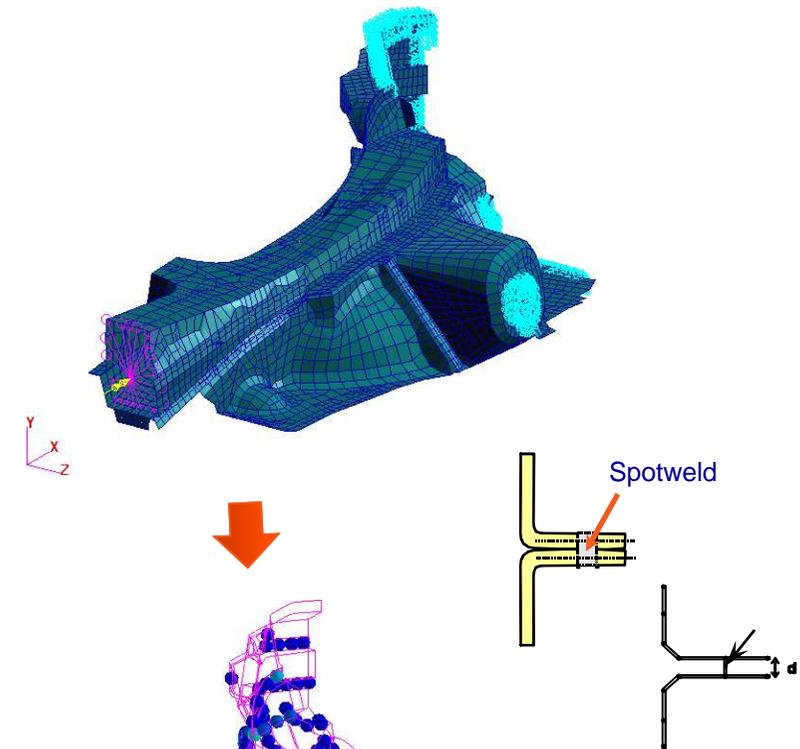
Схематизация повреждений

# Fatigue: идеология решения усталостных задач

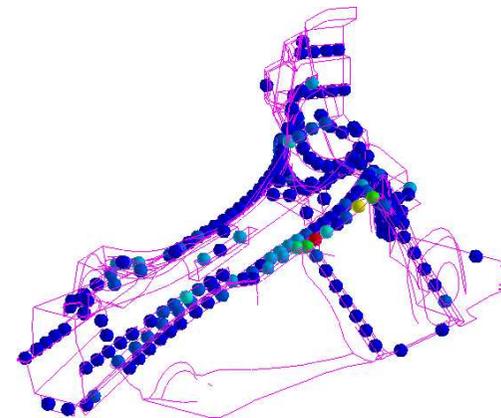


# MSC Fatigue: анализ долговечности сварных точек

- Поддерживаемые MSC Nastran модели сварных точек: CBAR, CWELD, CHEXA
- В анализе долговечности сварных точек используется S-N метод
- Требуются S-N кривые для ядра точки и металла в зоне провара
- S-N кривые разные для разных комбинаций толщин свариваемых листов и диаметров точек (10 распространенных комбинаций - в MSC.Fatigue Material DB)
- Специальные средства визуализации
- Анализ направления разрушения



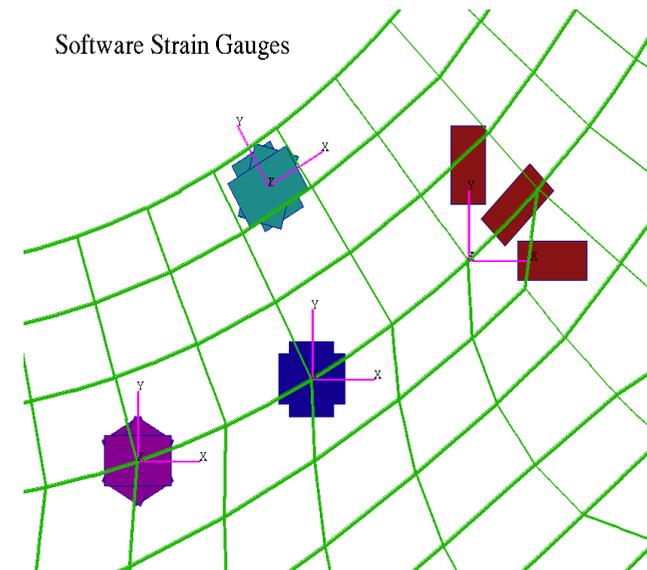
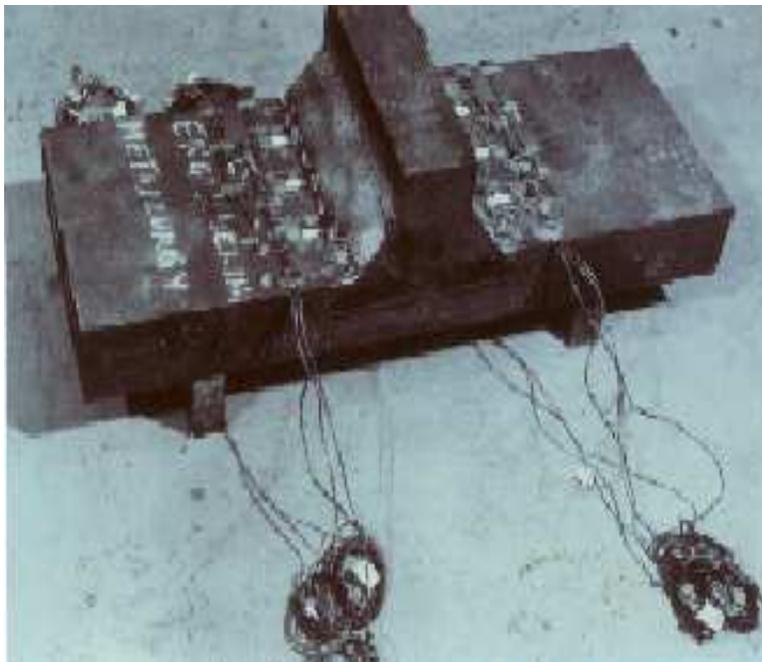
Результаты анализа долговечности сварных точек в MSC.Fatigue



Результаты расчета в MSC.NASTRAN

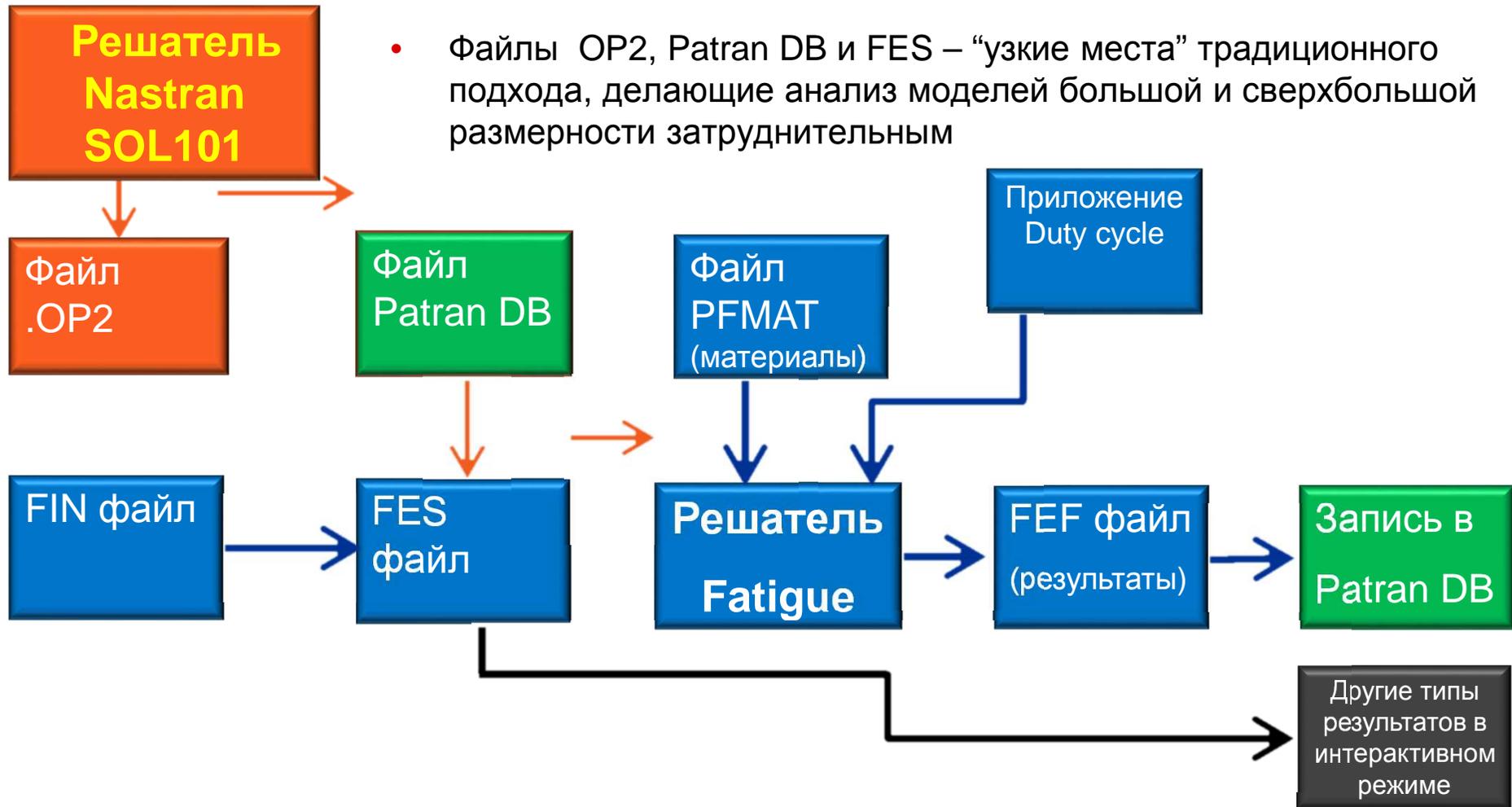
# Виртуальные тензодатчики

- В программе MSC.Fatigue возможно создавать виртуальные тензодатчики на конечно-элементной модели.
- По этим датчикам возможно создать аналитическую временную историю отклика.



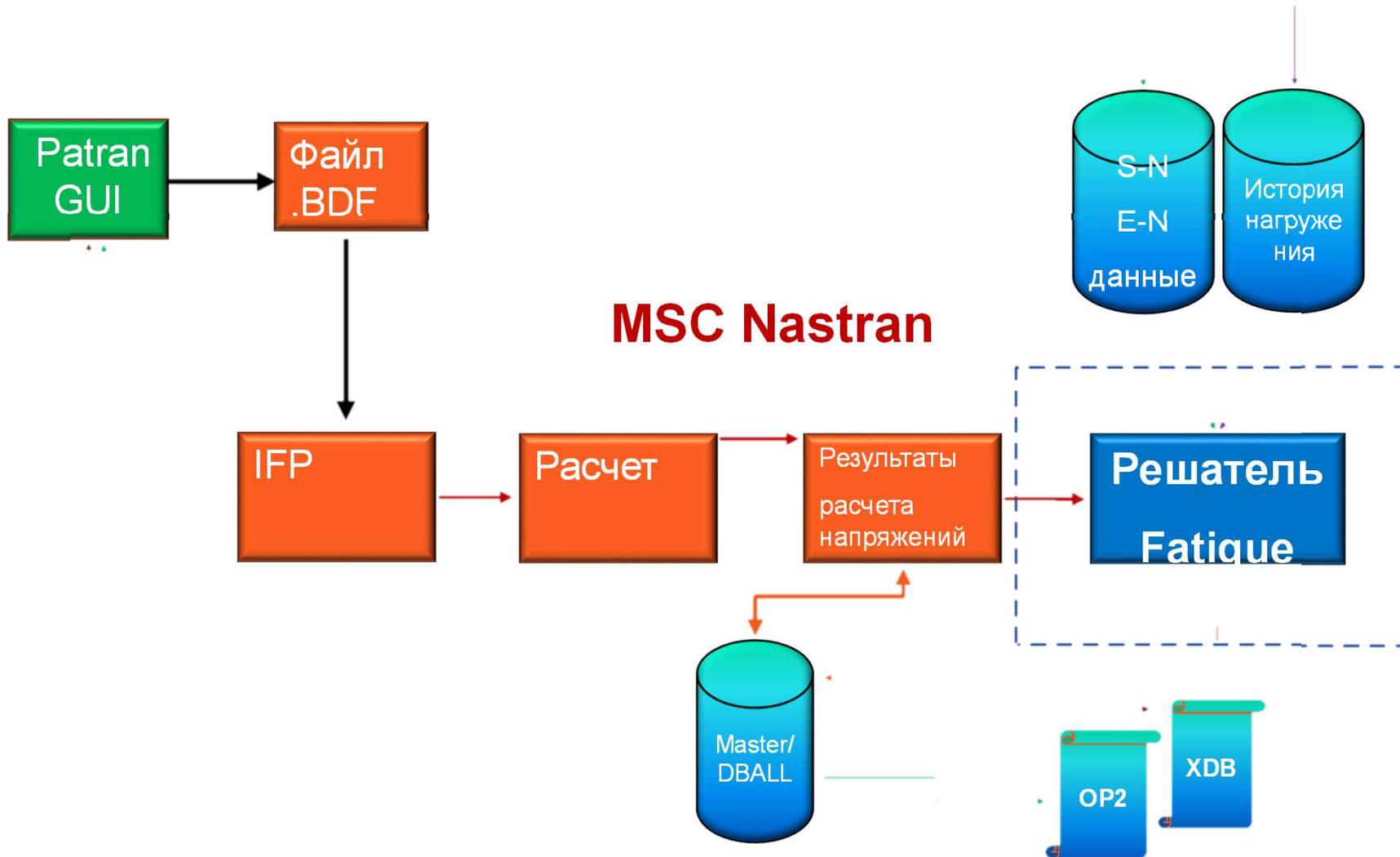
# Nastran Embedded Fatigue (NEF)

Традиционная схема реализации расчёта долговечности



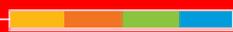
# Nastran Embedded Fatigue

Схема реализации процесса численного интегрирования в NEF



# Преимущества Nastran Embedded Fatigue

- Передача файлов, содержащих большие объемы информации больше не требуется
- Нет необходимости в организации сложного управления входными файлами и файлами результатов
- Существенное снижение уровня требований к производительности центрального процессора
- Процесс вычисления долговечности для моделей большой размерности теперь может быть реализован в оперативной памяти компьютера
- Открывает новые возможности для полномасштабной оптимизации расчетной модели с учетом полученных усталостных характеристик
- Комплексный расчет долговечности изделия, включая динамическое поведение, фактически становятся опцией MSC Nastran



# Различия NEF и “традиционного” подхода с использованием MSC Fatigue

## MSC Fatigue (Patran GUI)

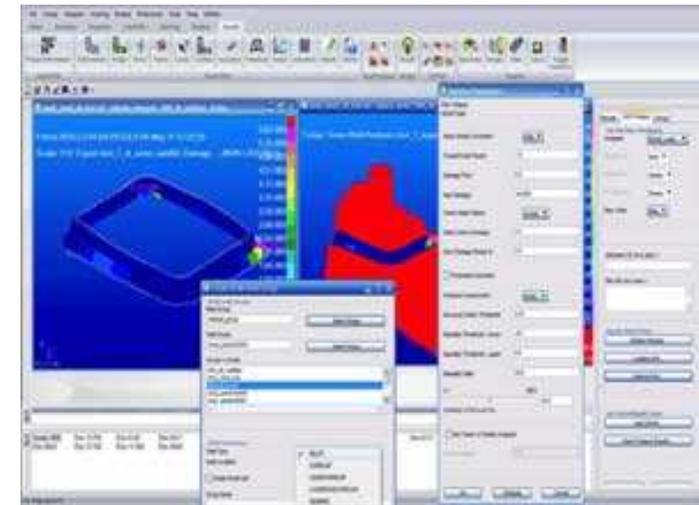
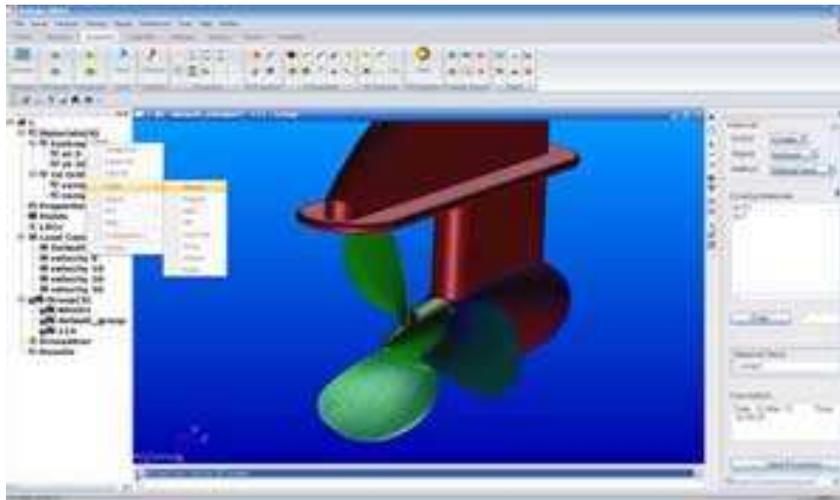
- **Используется:**
  - При исследовании механизма разрушения
  - При анализе чувствительности конструкции (изменение амплитуды нагрузки и т.д.)
  - При использовании входных данных полученных с помощью сторонних решателей
  - Для интерактивного процесса отладки модели
  - При большом количестве типов данных для постпроцессинга

## MSC Nastran Solver Fatigue

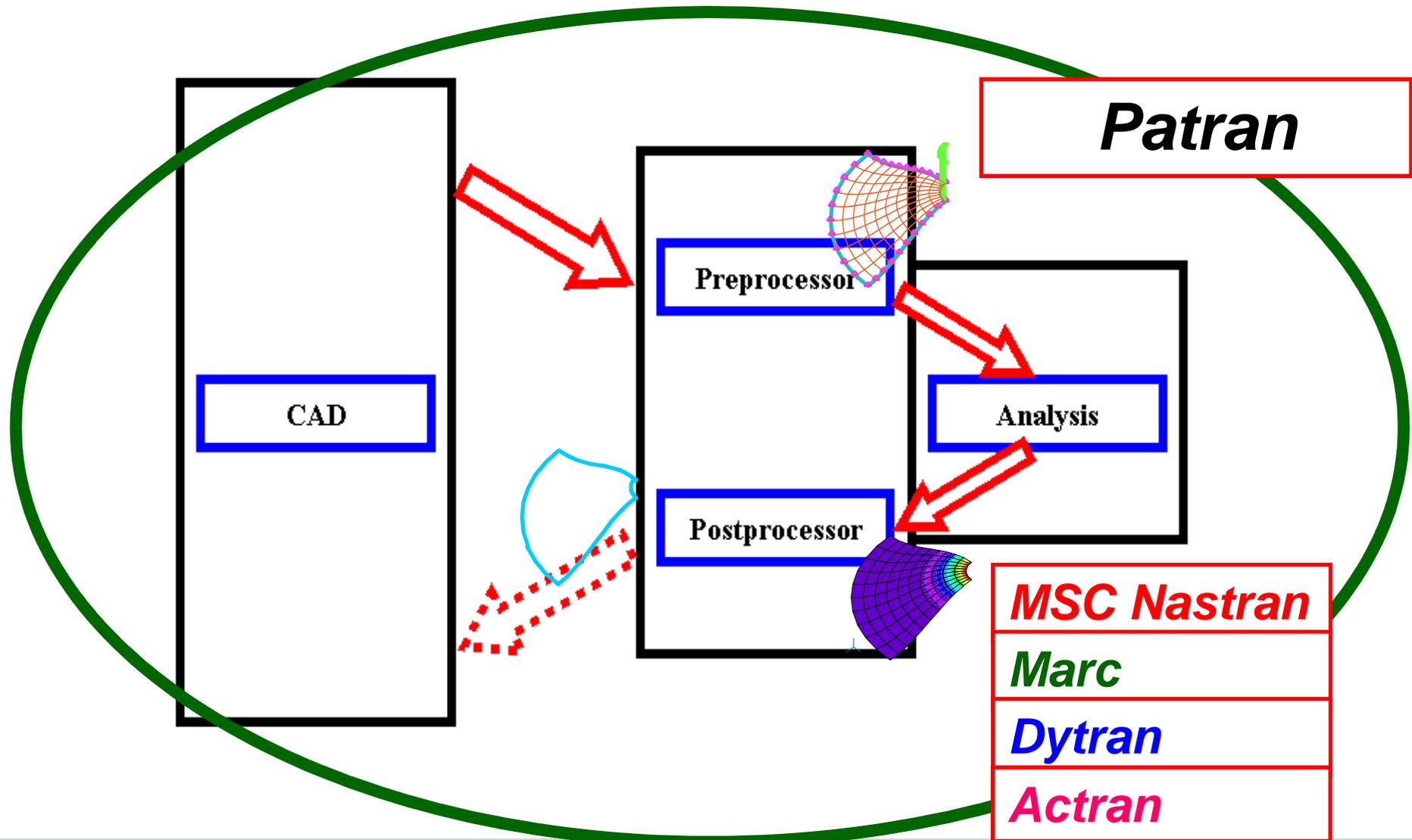
- **Используется:**
  - При расчете хорошо отлаженных моделей
  - При расчете моделей большой и сверхбольшой размерности
  - При использовании DUTY CYCLE
  - При наличии множества точек приложения входного сигнала
  - При решении задачи оптимизации
  - При необходимости существенно увеличить скорость расчета
  - При необходимости оперативно внести изменения в расчетную модель (используется только .bdf файл )

# Семейства программных продуктов MSC

- **Patran** – интегрирующая универсальная среда для систем инженерного анализа и моделирования. Современный графический пользовательский интерфейс, средство нового поколения для моделирования, анализа, интеграции с конструкторскими и инженерными расчетными системами, а также визуализации и оценки результатов.

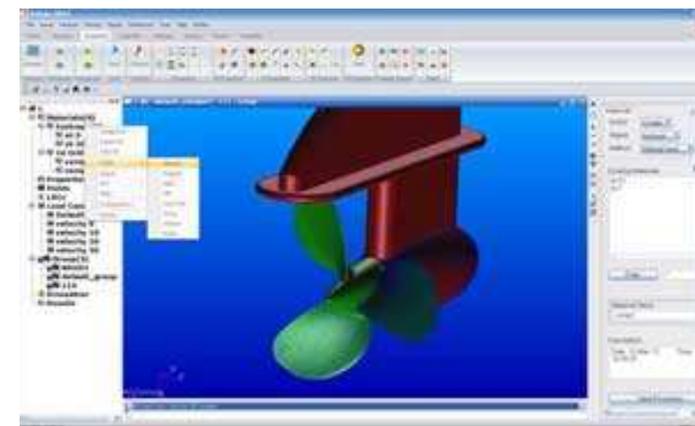
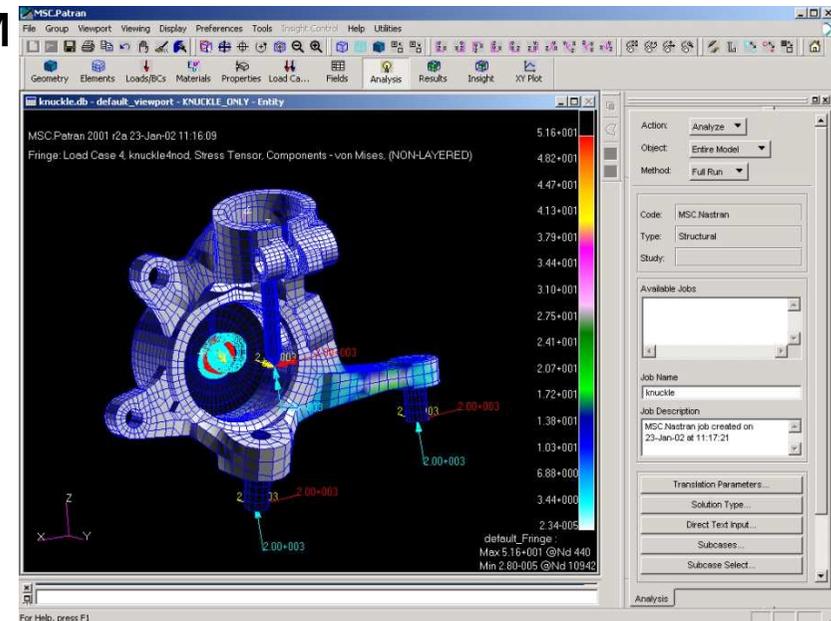


# Patran: интегрированная среда инженерных расчётов



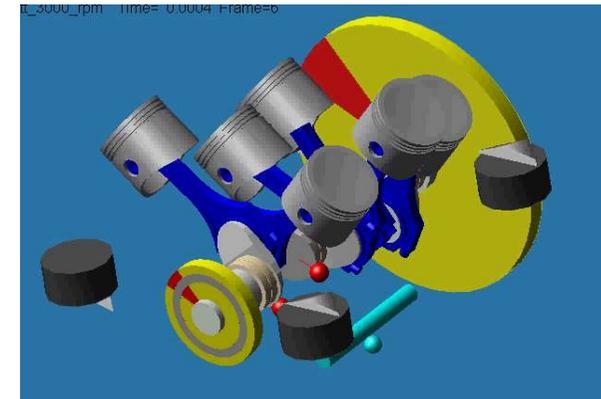
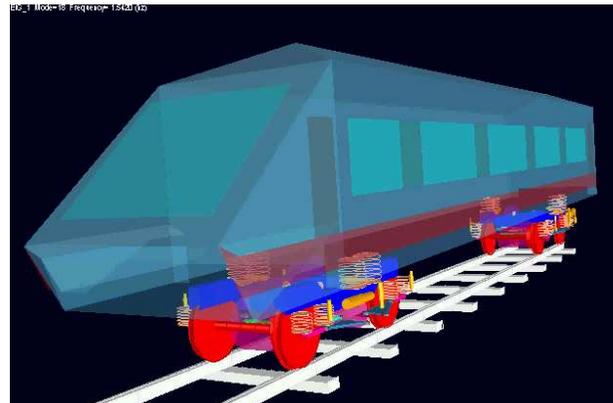
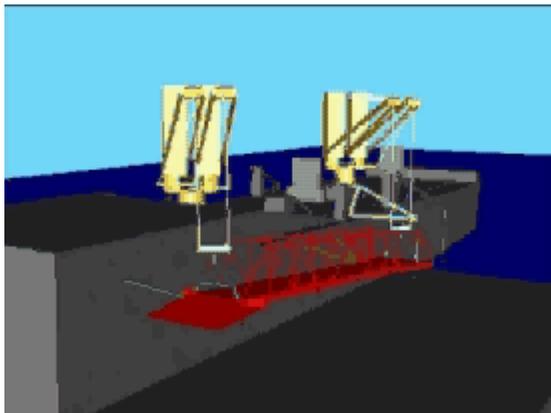
# Patran – универсальный пре- и постпроцессор

- Прямые интерфейсы к основным системам CAD (**CATIA**, **NX**, **Pro/E**, **I-DEAS**, ...) и универсальным форматам передачи информации (**IGES**, **STEP**, **Parasolid**, **ACIS**, ...)
- Интерфейсы к основным CAE системам (**MSC Nastran**, **Marc**, **Dytran**, **Sinda**, **LS-DYNA**, **ANSYS**, **ABAQUS**, ...)



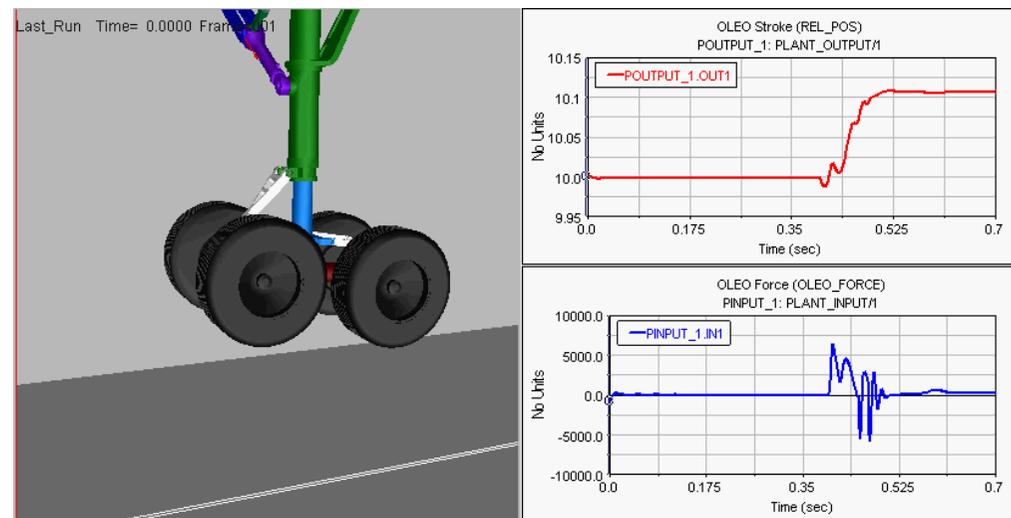
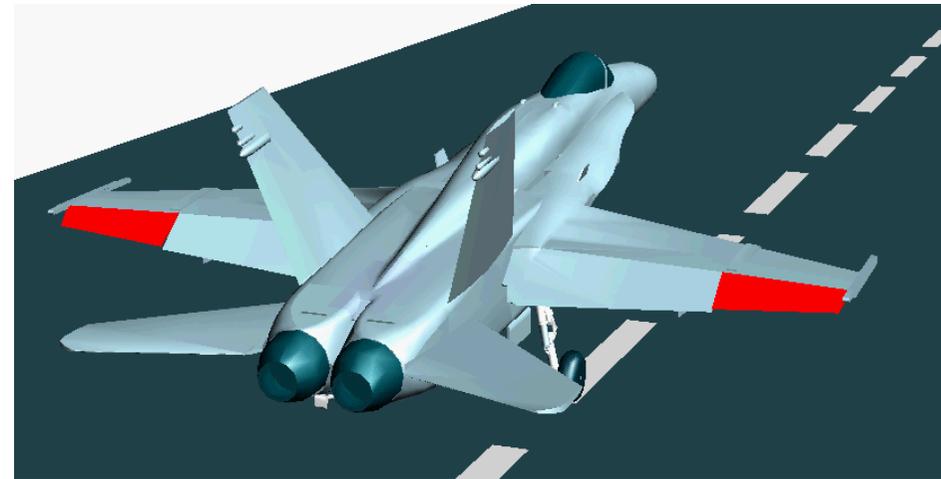
# Семейства программных продуктов MSC

- **Adams** – инструмент для создания, исследования и оптимизации виртуальных прототипов машин и механизмов, реалистично моделирующих работу разрабатываемых изделий, с учетом реальных условий эксплуатации. Замена натуральных испытаний сложных машин и механизмов на быстрое, эффективное и высокоточное компьютерное моделирование.
- **Adams/Machinery** – специализированный модуль для моделирования подшипников, а также ременных, цепных и зубчатых передач.

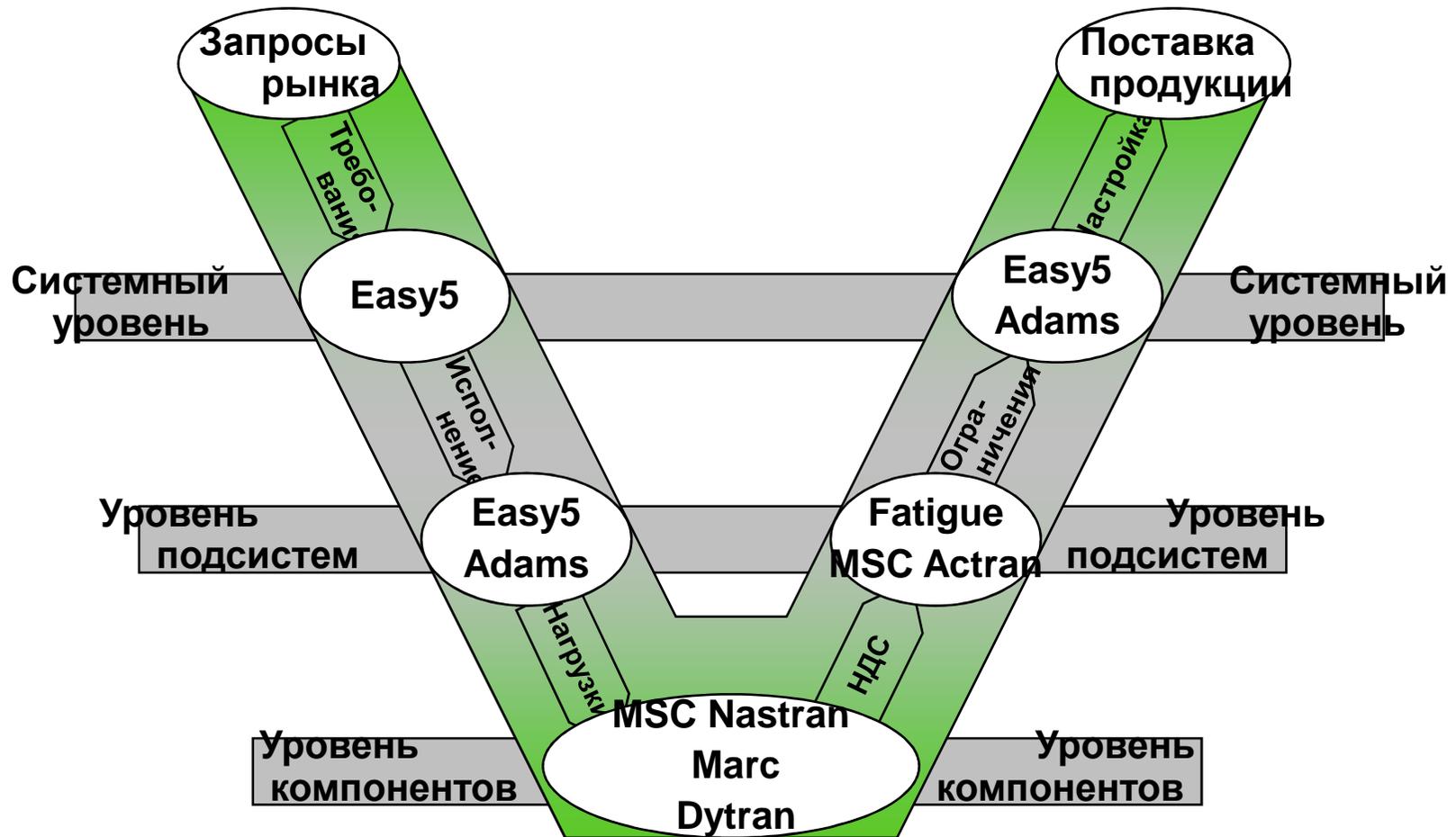


# Adams: система комплексного моделирования машин и механизмов

- Система для моделирования сложных механизмов и машин
  - Расчет динамики и кинематики механизмов и машин
  - Анимация движения и вывод результатов в любой форме
- Модель может включать:
  - Сосредоточенные массы
  - Абсолютно жесткие тела
  - Упругие тела
  - Упругие линейные и нелинейные связи
  - Демпферы
  - Контакты
  - Нагрузки самой различной природы
  - Систему управления и т.д.

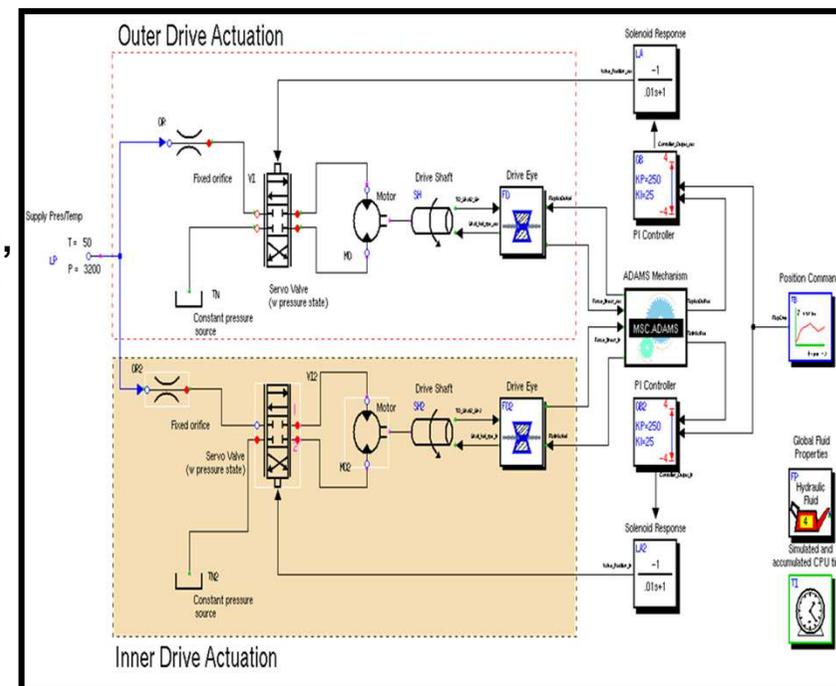


# **EASY5: система моделирования и расчета гетерогенных технических систем и устройств на схемном уровне (системы управления, гидро-, электро- и пневмосистемы)**



# Краткое описание *Easy 5*

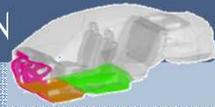
- **Easy5** позволяет моделировать:
  - Аналоговые системы управления
  - Цифровые системы управления
  - Гидравлические системы
  - Пневматические системы
  - Электрические системы
  - Гетерогенные системы, включающие гидравлику, пневматику, систему управления, электрические приводы, терморегулирование и т.д.
- Решаются следующие типы задач:
  - Расчет установившегося процесса
  - Расчет переходного процесса
  - Расчет комплексных собственных значений и анализ устойчивости системы
  - Расчет передаточной функции системы
  - Построение корневого годографа
  - Расчет спектральной плотности отклика
  - И т.д.
- Большое количество библиотек физических устройств
- Возможность создания собственных библиотек (C, Fortran)
- Легко интегрируется с Adams



# Actran: программный комплекс для анализа возникновения, распространения и поглощения шума

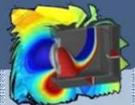
VI = Визуализация. Пре- и постпроцессор

## ACTRAN for NASTRAN



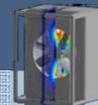
Модуль для использования расчетных моделей Nastran

## ACTRAN Vibro-Acoustics



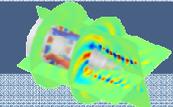
Взаимодействие акустической среды с упругой конструкцией

## ACTRAN Aero-Acoustics



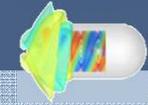
Анализ акустики в движущейся акустической среде на базе результатов CFD-расчета

## ACTRAN DGM



DGM = Метод Галеркина для несвязанных сеток  
Аэроакустика выходных устройств (сопла) на базе результатов CFD-расчета

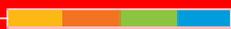
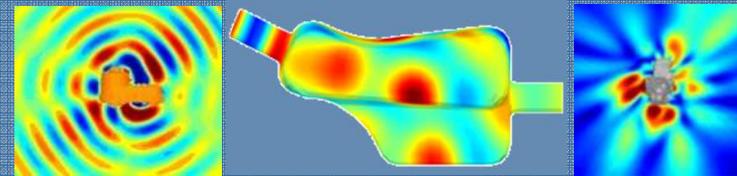
## ACTRAN TM



TM = ТурбоМашины  
Аэроакустика входных устройств и газопроводов на базе результатов CFD-расчета

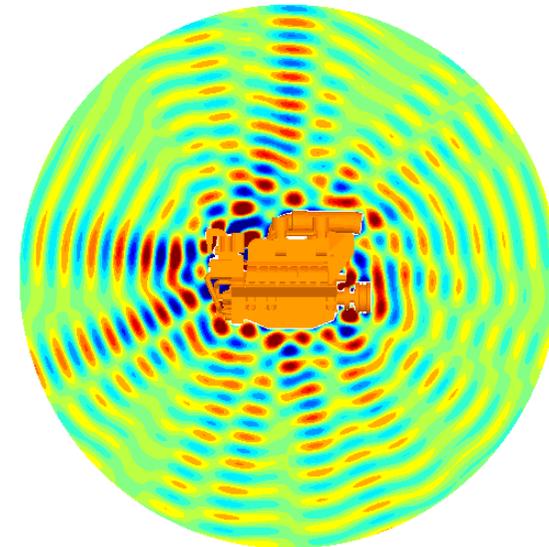
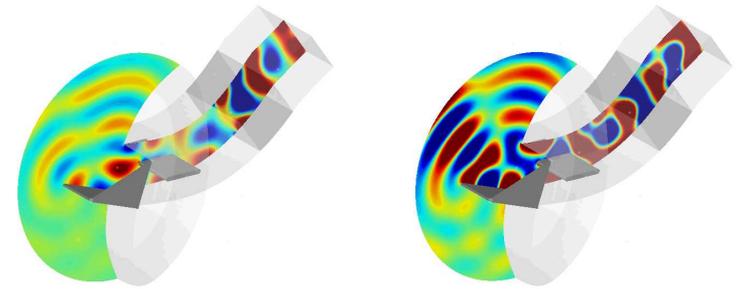
## ACTRAN Acoustics

Базовый модуль расчета акустики в неподвижных средах



# Основные сведения об Actran

- **Actran – программный комплекс в области CAE**
  - Основан на методе конечных и бесконечных элементов
  - Имеет в составе решатель для задач акустики, связанный с ним решатель структурных задач и модуль взаимодействия с MSC Nastran
  - Основными преимуществами Actran являются эффективные сверхбыстрые методы расчета акустических задач, специальные виды акустических нагрузок и граничных условий. высокоточные методы учета затухания звукопоглощающих покрытиях, акустическая среда и т.д.
  - Программные интерфейсы связи с распространенными системами генерации конечно-элементных сеток, системами структурного и гидрогазодинамического расчета
  - Специализированные методы анализа акустики для решения широкого круга практических важных задач



# • **Digmat** – уникальный программный комплекс для нелинейного многоуровневого моделирования и расчёта актуальных характеристик композиционных материалов

**Digmat-MF:** предназначен для прогнозирования нелинейного поведения многофазных материалов

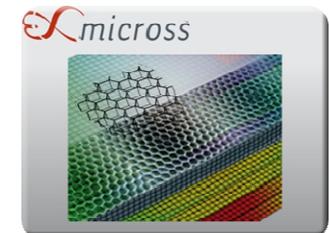
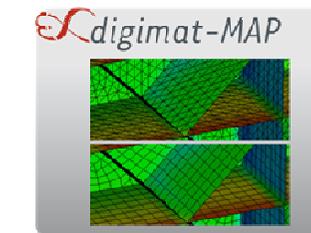
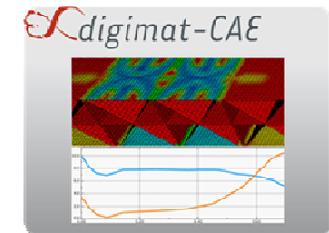
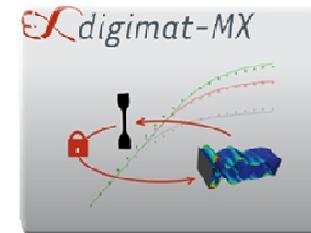
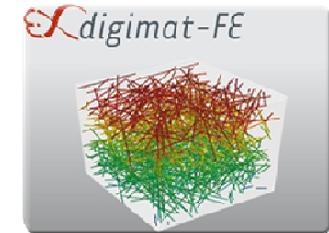
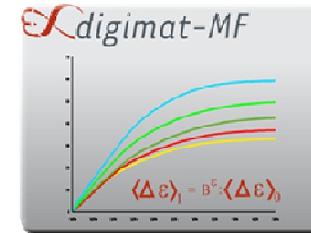
**Digmat-FE:** предназначен для генерации реалистичного представительного объема материала для детального конечно-элементного анализа

**Digmat-MX:** предназначен для проведения обратного инжиниринга, хранения, поиска и безопасного обмена моделями материалов DIGIMAT между поставщиками и потребителями

**Digmat-CAE:** объединяет в единую цепочку конечно-элементные программные комплексы для моделирования литья под давлением и прочностного анализа

**Digmat-MAP:** предназначен для передачи данных об ориентации волокон, остаточных напряжений, температур и линий спая, полученных при моделировании инъекционного литья, в различные системы конечно-элементного анализа

**Micross:** предназначен для простого и эффективного конструирования сотовых сэндвич-панелей, используя передовые технологии моделирования микромеханических свойств материала.

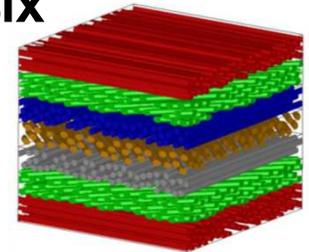


# Задачи, решаемые DIGIMAT:

- **Разработка и производство инновационных композитных продуктов**

Эффективно по времени и затратам

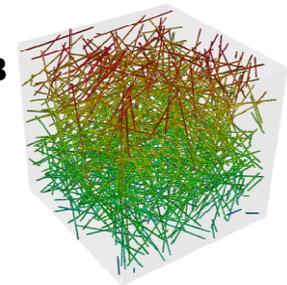
Легче, экологически чище, дешевле и более высокого качества



- **Расчет материалов, усиленных непрерывным и рубленым волокном**

Прогноз нелинейных, частотно-зависимых и анизотропных свойств материала

Учет технологического процесса; местной ориентации волокна, температуры и остаточных напряжений



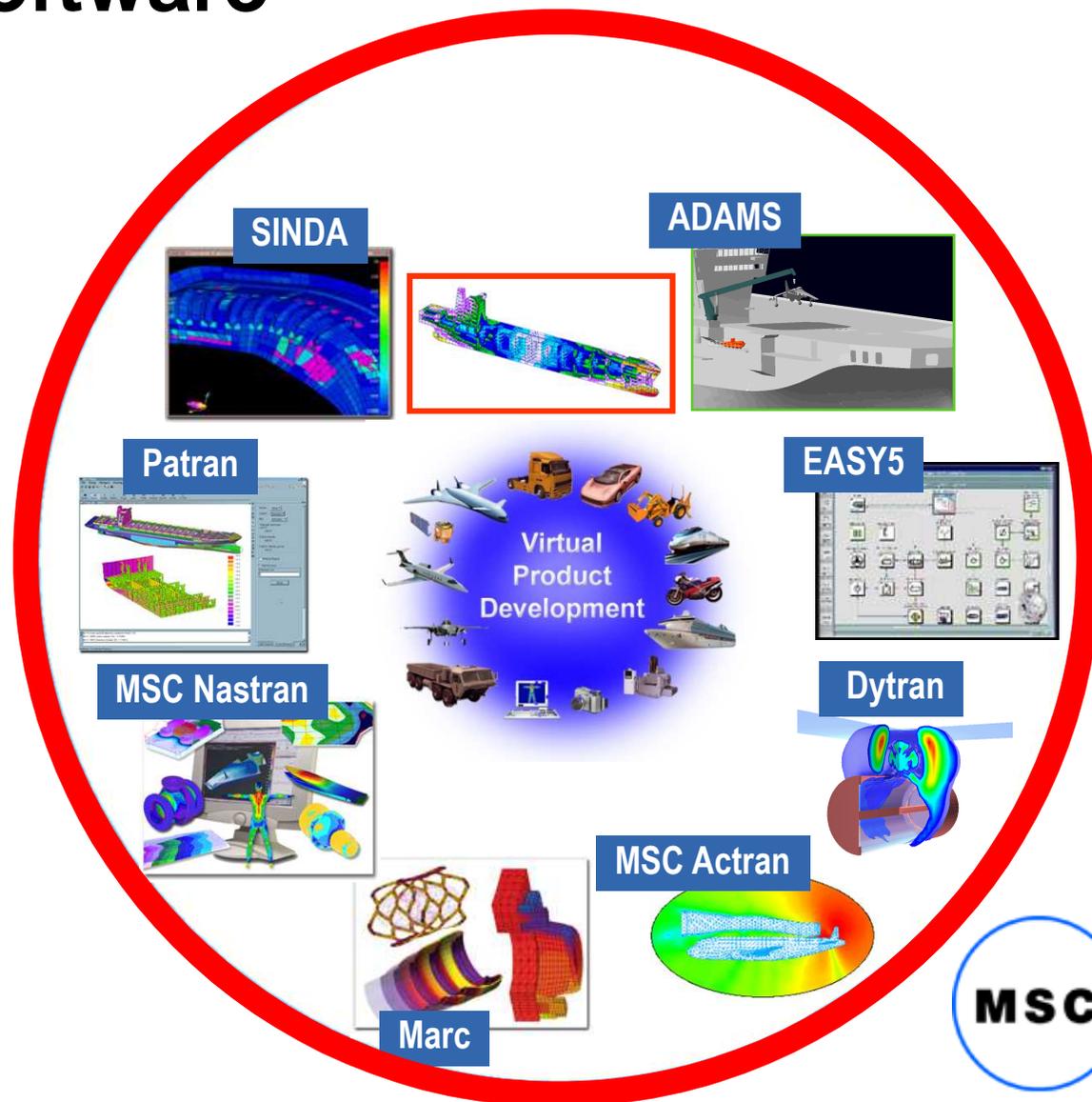
- **Нелинейное многоуровневое моделирование композитных конструкций**

Различные типы расчетов: температурно-механические воздействия, вибрации, ударные нагрузки, ползучесть, разрушение, ресурс...

Мультиматериальность: рубленое волокно, непрерывное волокно, резина, металл, нанотехнологии...



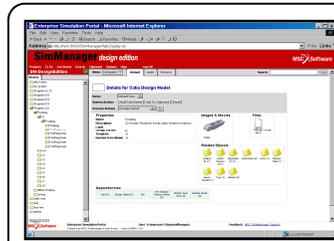
# MSC.Software



# Второй этап развития технологий Виртуальной Разработки Изделий: организация инженерных работ на уровне предприятия / ряда предприятий

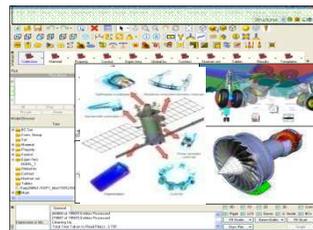


# Полное базовое комплексное решение



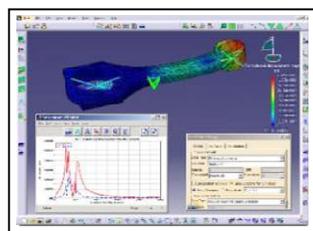
## MSC SimManager™

- Управление глобальными процессами и знаниями
- Управление и контроль над большими объемами данных
- Реализация многоуровневой системы управления инженерными работами



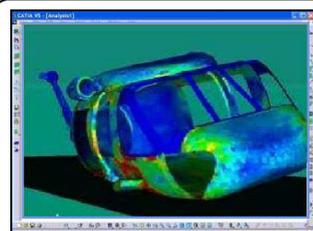
## MSC SimXpert™

- Современная среда многодисциплинарного анализа
- Разработка и управление шаблонами решений
- Автоматизация процессов



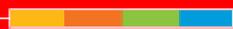
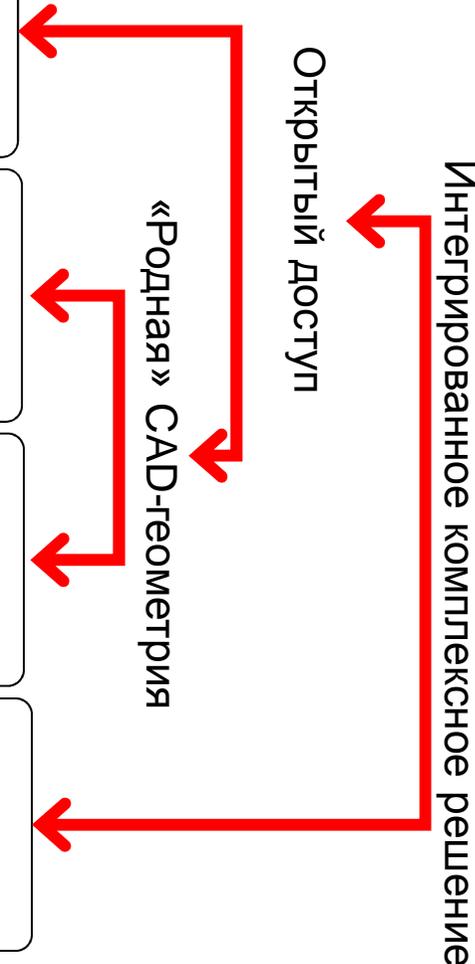
## MSC SimDesigner™

- Анализ функциональности и оптимизация изделия на ранних этапах разработки
- Полная интеграция в рамках всего предприятия
- Использование накопленного опыта, знаний, процессов

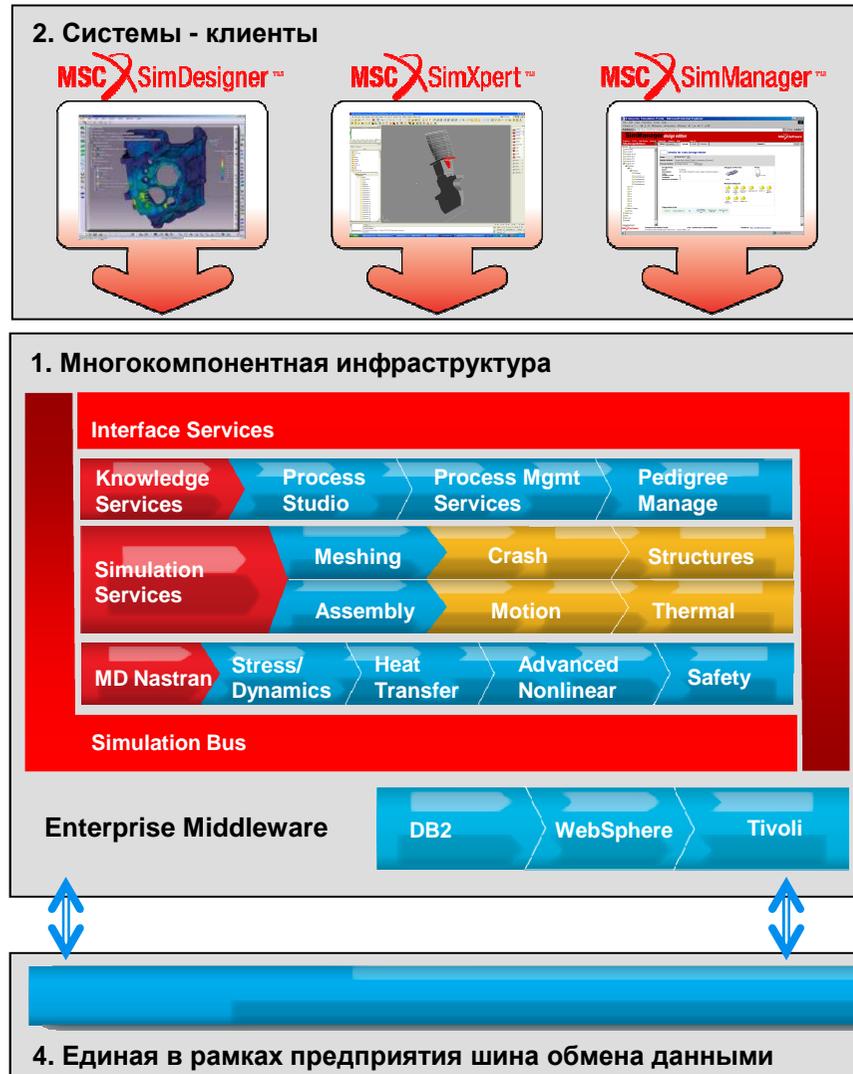


## MSC Nastran

- Обеспечение многодисциплинарных решений на базе единого решателя
- Единая среда анализа для предприятия
- Использование вычислительных ресурсов всего предприятия

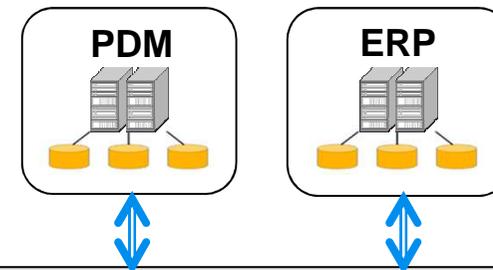


# Архитектура единой среды инженерных работ для предприятия

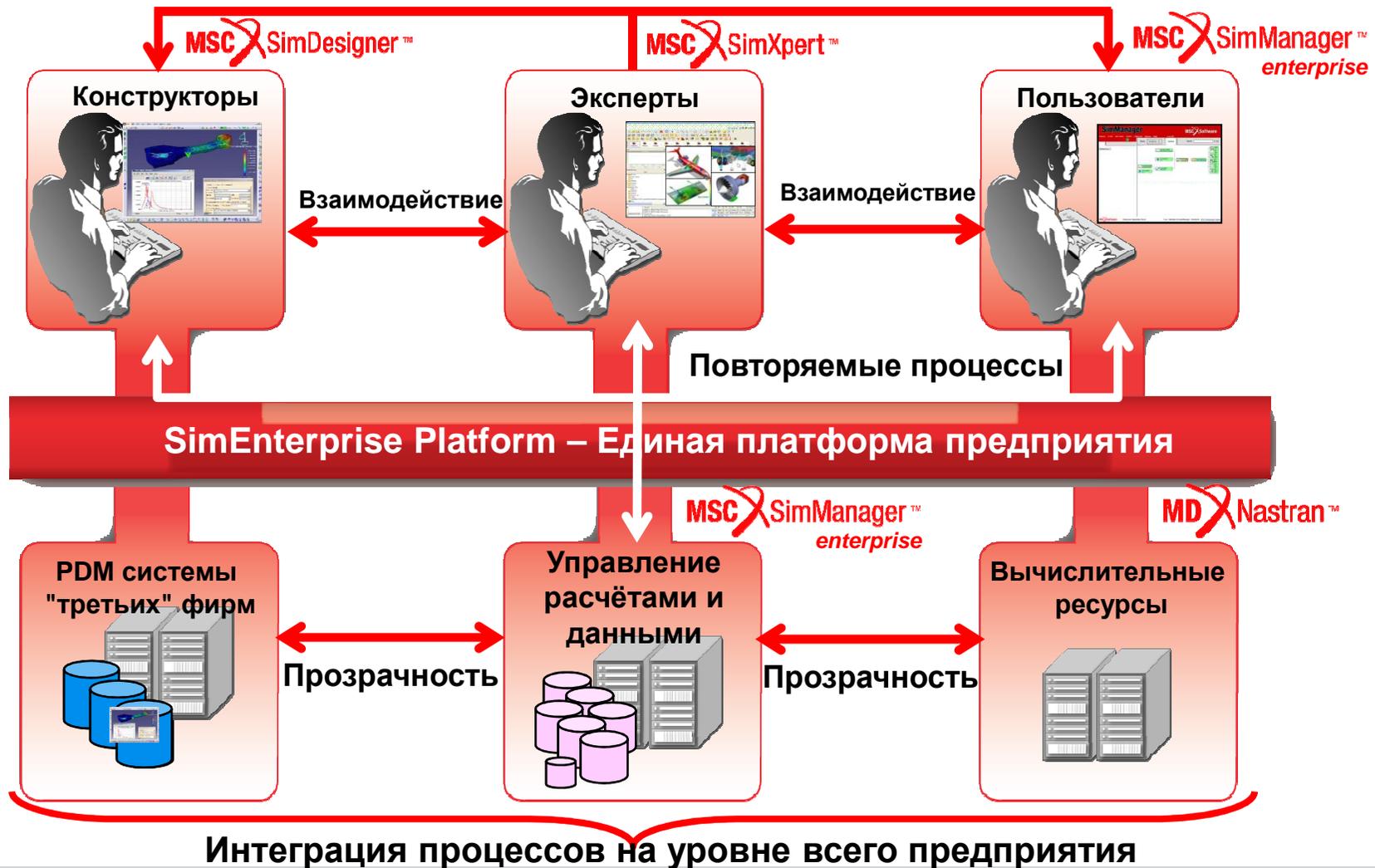


## MSC SimEnterprise™

- Сервис-ориентированная архитектура (**S**ervice **O**riented **A**rchitecture)
- Интеграция с PDM и ERP системами
- Возможность интеграции с системами "третьих" фирм
- Единое базовое комплексное решение – "MSC Complete"

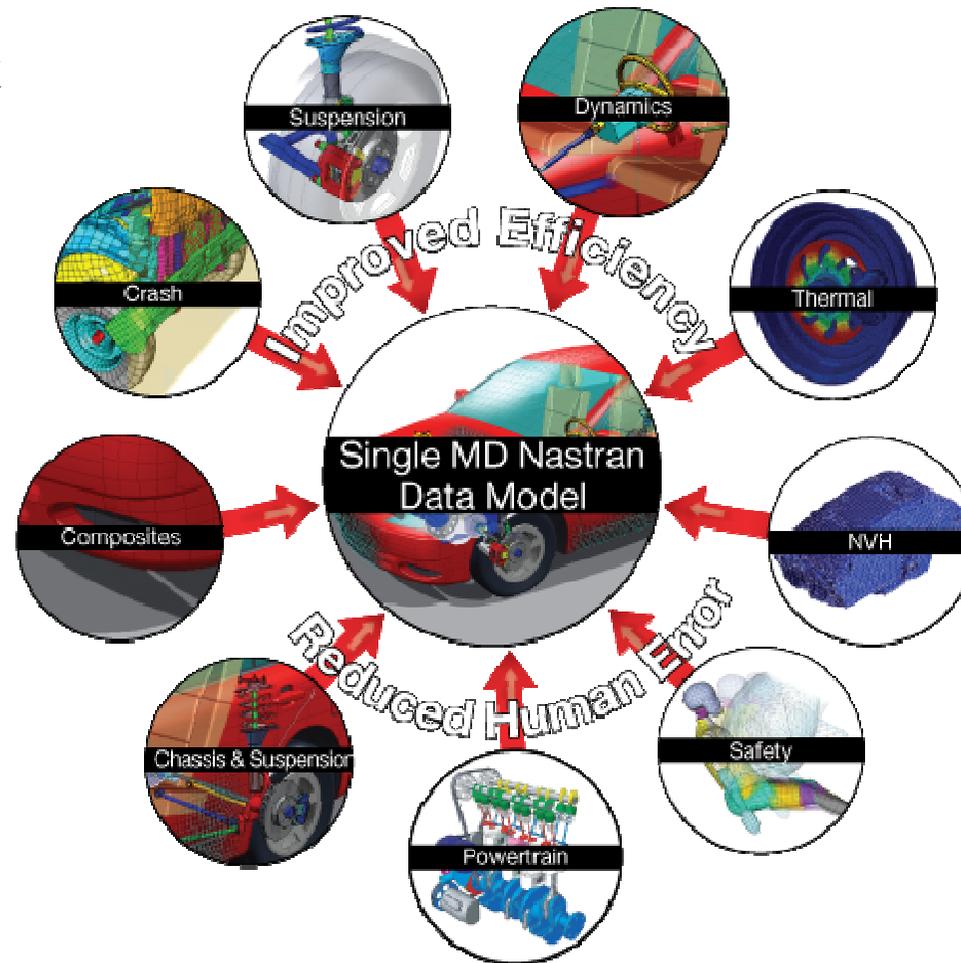


# Интеграция инженерных рабочих процессов на уровне всего предприятия

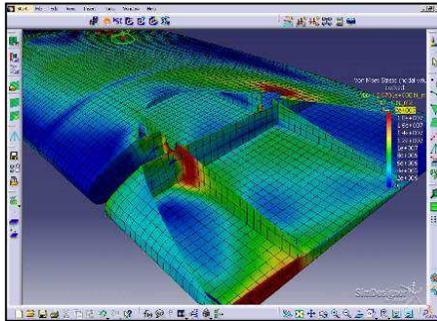


# MSC Nastran - эффективность единой модели данных

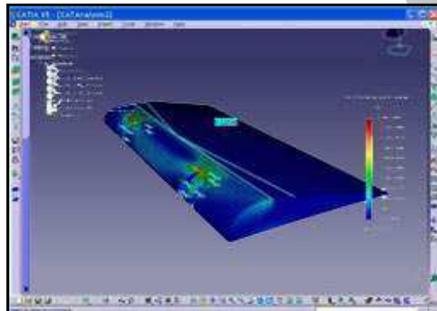
- Единая модель данных для разных дисциплин
- Моделирование сложных комплексных процессов
- Специалист изучает только одну систему
- Уменьшение объема конвертации данных = повышение эффективности, снижение риска появления ошибок



# MSC X SimDesigner™ Интегрированные в CAD-системы технологии виртуального моделирования и анализа для конструктора



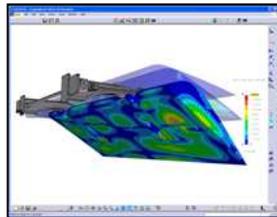
Решение задач линейной и нелинейной статики



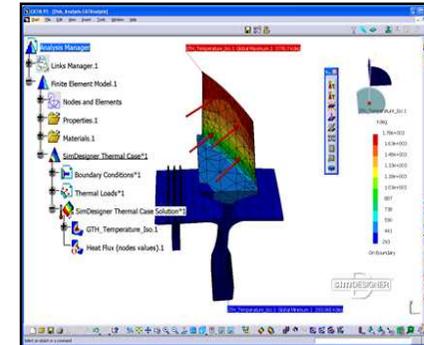
Решение задач кинематики и динамики механизмов с учетом упругости элементов конструкций



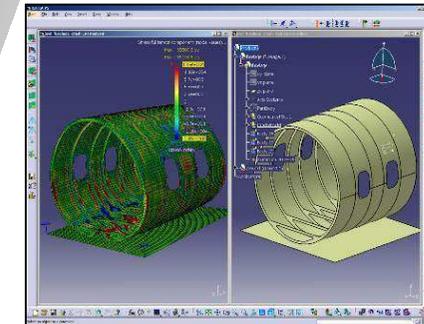
- Платформа включает – пре/пост – MD технологии



- Применение в среде CAD
- Простота использования
- Эффективная интеграция в рамках всего предприятия



Решение тепловых задач



Моделирование разрушений (аварийная посадка, попадание птицы в двигатель и т.д.)

Общий графический интерфейс

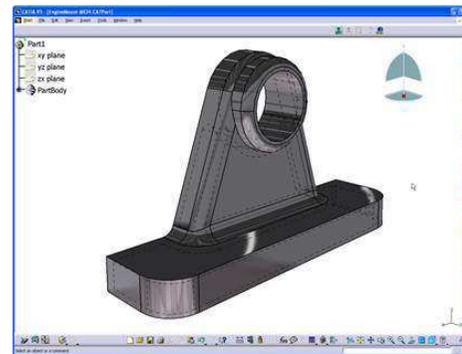




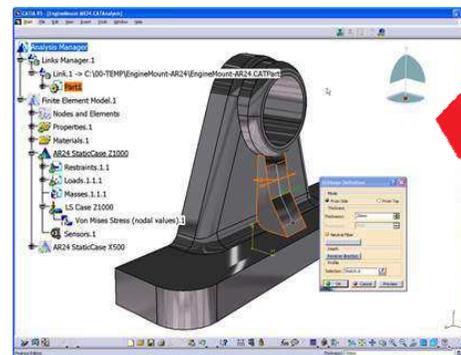
# Гарантированно надежное CAD-CAE взаимодействие

## • Полная интеграция на базе CAD-платформ

- Родная геометрия
  - Полный контроль при создании и редактировании
- Единый графический интерфейс пользователя при решении различных задач
- Полный набор возможностей CAD системы
  - Меню, навигация, инструментарий и пр.
  - Единая структура
- Объединение функций
  - конструирования
  - инженерного анализа
- CAD-системы
  - CATIA V5
  - и ...



Исходный проект

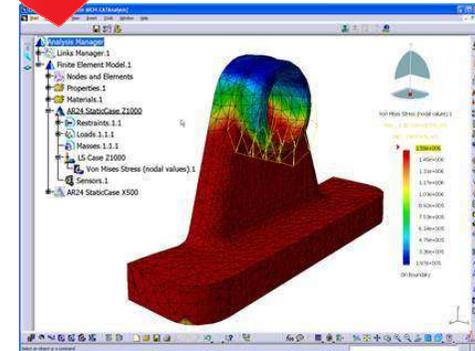
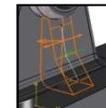


Доработка/ оптимизация конструкции

1

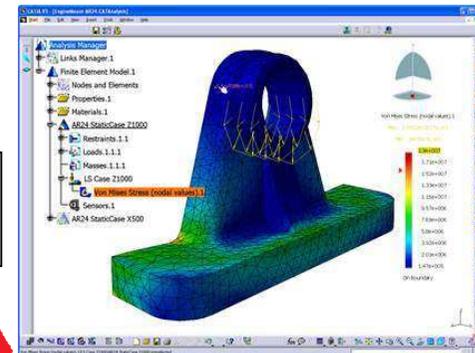


2



Анализ конструкции

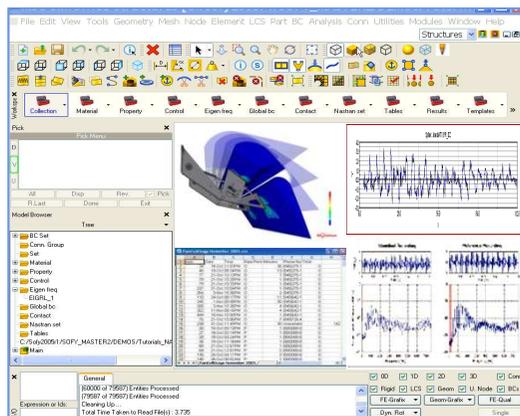
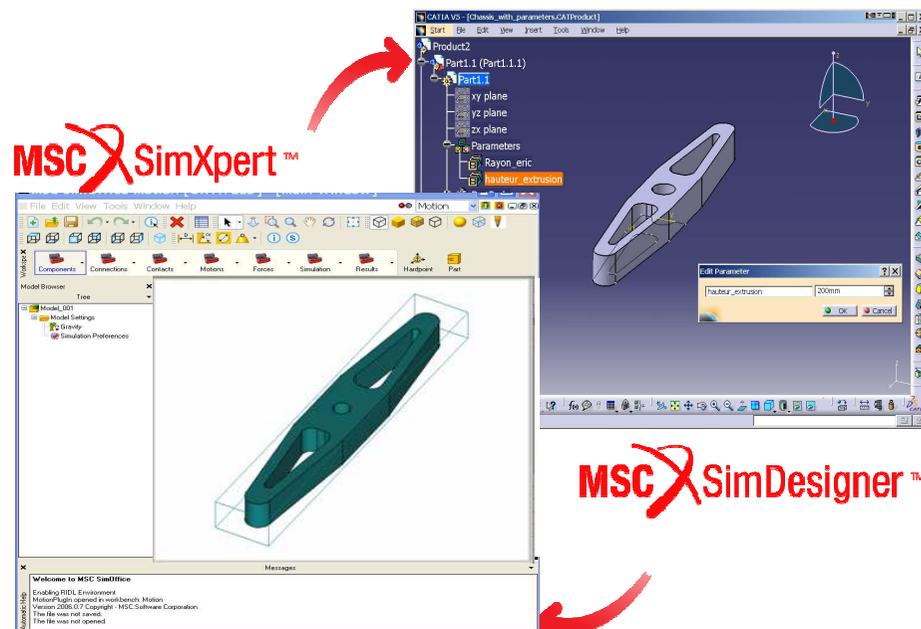
3



Предварительное проектное решение

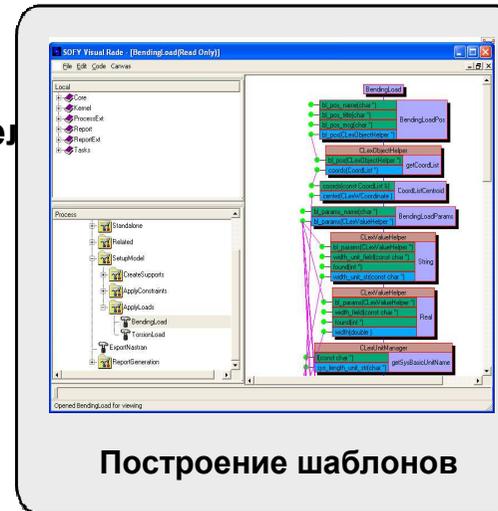
# SimXpert: Открытая архитектура высокоэффективной рабочей среды инженера-аналитика

- Использование "родной" геометрии основных CAD-систем (CATIA, UG, Pro-E)
  - Отсутствуют трансляции данных
    - Полностью параметризованная модель
    - Двухнаправленная ассоциативная связь
  - Автоматическое обновление модели
    - Параметры
    - Топология
    - Нагрузки
    - Закрепления
    - Свойства материалов
- Эффективное взаимодействие с конструкторами
  - на основе одних форматов данных
- Открытость и масштабируемость
  - Расширение за счет включения разработок сторонних фирм
  - Возможность программирования в среде
  - Подключение собственных инструментов / разработок

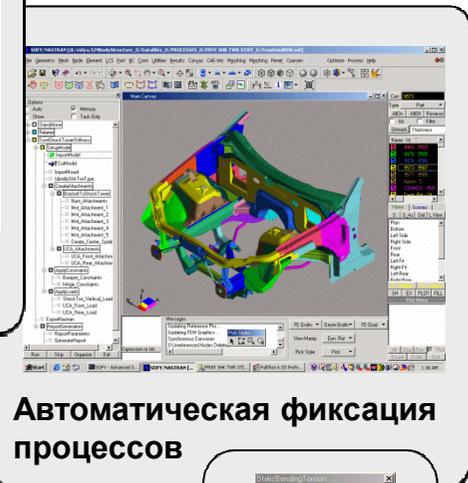


# SimXpert: Сохранение и автоматизированное повторение процессов – аккумуляция лучшего инженерного опыта на предприятии

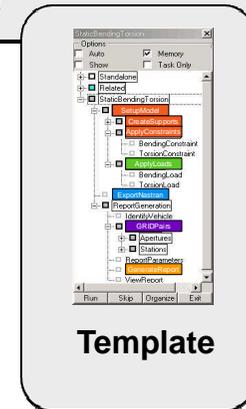
- Создание экспертных шаблонов, отражающих лучшую практику моделирования и анализа
  - Пошаговый графический построитель шаблонов решения задач
- Многократное повторное использование
  - Конструкторами
  - Всеми инженерами
  - Поставщиками и партнерами
- Создание лучших методик моделирования и решения комплексных задач
  - Фиксация и сохранение процессов и знаний, а также их повторное использование



Построение шаблонов



Автоматическая фиксация процессов



Template

Рост продуктивности  
предприятия с

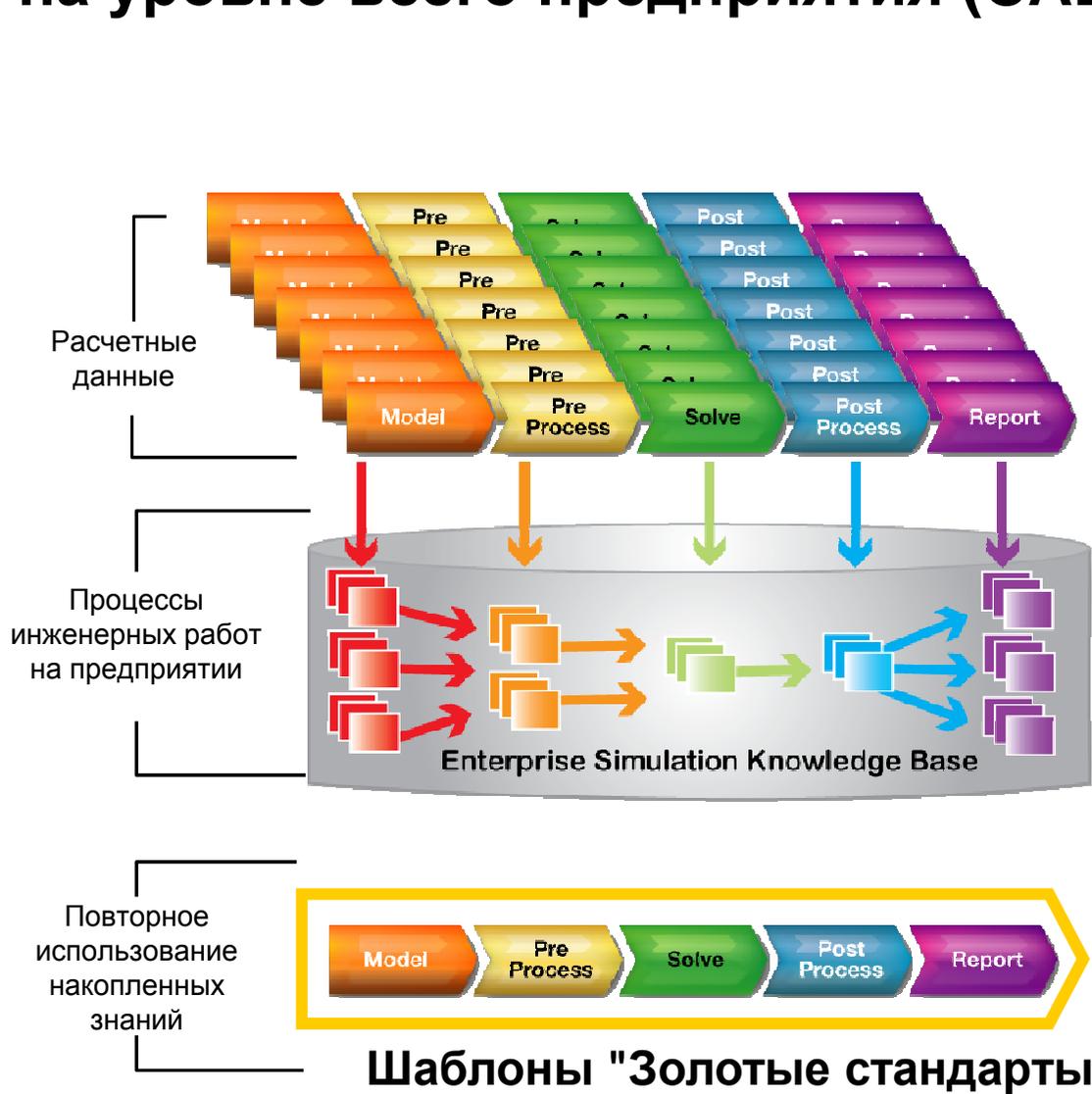
Аккумуляция знаний

Оптимизация процессов

Повторное использование



# SimManager – управление инженерными работами на уровне всего предприятия (CAE-сегмент)



- Управление данными
  - Автоматизация сбора данных
  - Включая данные моделирования, анализа, стендовых и натурных испытаний, данные по материалам и т.д.
  - Сокращение числа файлов, улучшение управляемости
  - Быстрый доступ к нужным данным в большом объеме информации
- Фиксация, хранение, многократное использование знаний "экспертов"
  - Фиксация процессов работы "экспертов" в виде шаблонов
  - Доступ всех конструкторов и инженеров-аналитиков к шаблонам
  - Организация совместных работ (специалистов, отделов, компаний) через шаблоны
- Оптимизация глобальных процессов инженерных работ в рамках всего предприятия
  - Управление повторяющимися процессами
  - Сокращение затрат времени
  - Контроль руководителей за рабочими процессами и внесением изменений
  - Обеспечение режима секретности и безопасности, сохранение коммерческой тайны на основе многоуровневой системы выделения прав доступа к информации

**SimTemplate™**

# Программные комплексы **MSC Software** – современные технологии инженерных расчётов

## Спасибо за внимание!

Эдуард Юрьевич Князев  
Руководитель технического отдела

[eduard.knjazev@mscsoftware.com](mailto:eduard.knjazev@mscsoftware.com)

MSC Software

