Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Altair

Применение программных продуктов Altair HyperWorks в авиакосмической отрасли

Altair Engineering, Inc.

ООО "Лаборатория "Вычислительная механика"

2012

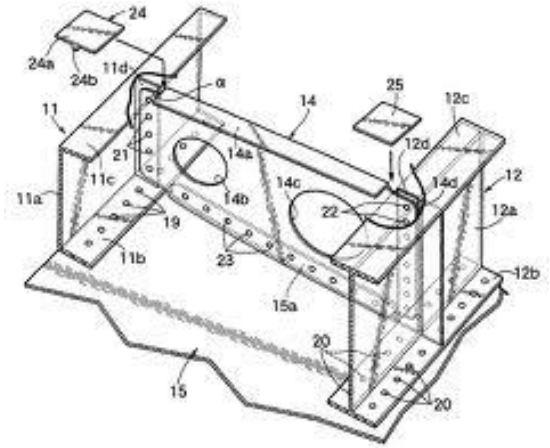
CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Внешняя кромка крыла Airbus A380

Задачи:

- Уменьшение массы самолета на промежуточной стадии проектирования
- Разработка нового дизайна конструкции:
  13 ребер жесткости размером до - 3 x 2 x 0,12 м



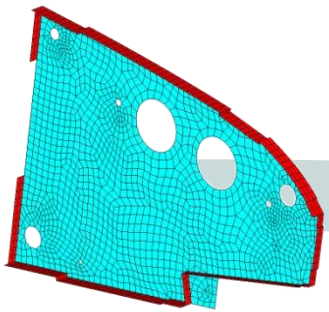
Традиционный дизайн ребер

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Дизайн ребер внешней кромки крыла Airbus A380

Altair

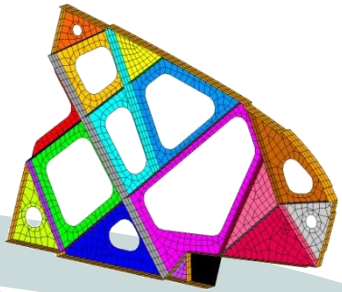
AIRBUS



Оптимизация топологии

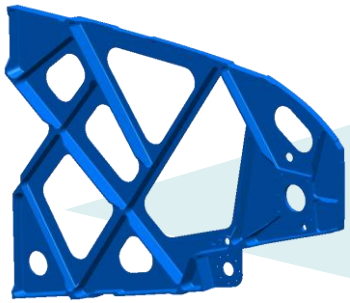
Задание пространства оптимизации и нагрузок

Результат оптимизация топологии

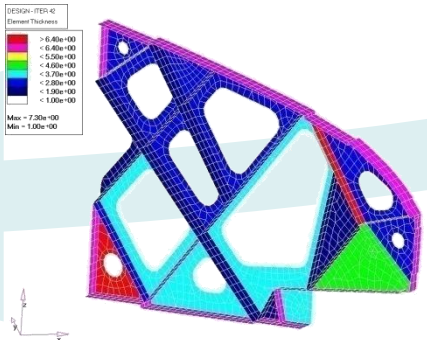


Топологическая оптимизация

Построение новой геометрии

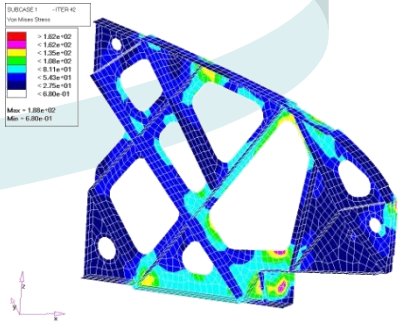


Новый дизайн



Оптимизация толщин и формы

Результат



Оптимизация толщин и формы

С учетом устойчивости и доп. напряжений

- *Уменьшение массы на 44% (500 кг)*
- *Редизайн 13 ребер занял 7 недель*

CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Дизайн ребер внешней кромки крыла Airbus A380

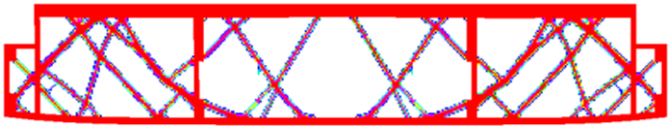
AIRBUS

BAE SYSTEMS

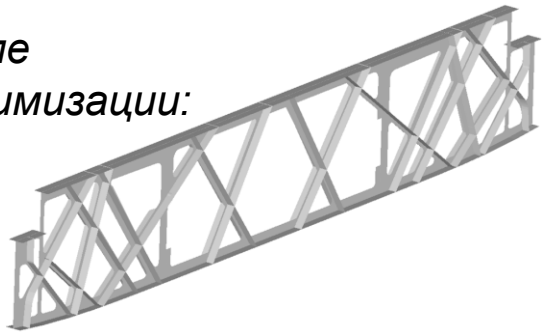
Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

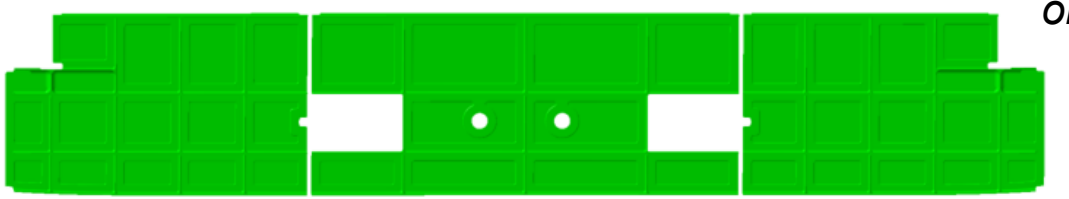
Уменьшение массы вертолета путем структурной оптимизации

- **Задачи**
  - Уменьшение массы военного вертолета Boeing CH47 Chinook для улучшения летных характеристик
  - Разработка специальной структуры для уменьшения уязвимости вертолета
- **Решение**
  - Использование топологической оптимизации OptiStruct для разработки ребер жесткости трапа (аппарели)
  - Оптимизация формы и толщин позволяет усовершенствовать структуру
- **Результаты**
  - Сокращение веса на 15%
  - Комплектующие дешевле в производстве
  - Менее “баллистически уязвимая” структура



После оптимизации:





До оптимизации

CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Altair

Оптимизация веса

OptiStruct

CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Altair

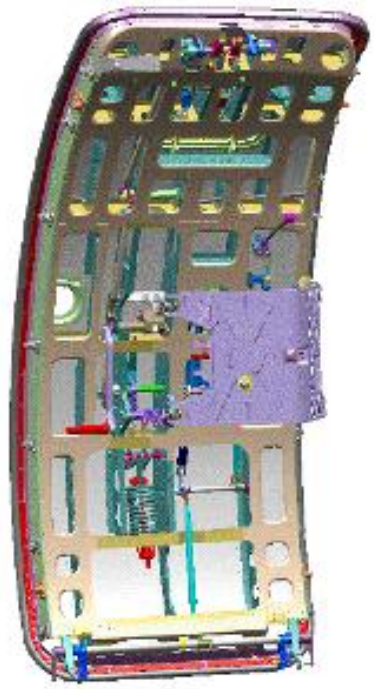
Оптимизация кронштейна двери (самолет FairchildDornier 728) компанией Eurocopter:

Задачи проектирования:

- Уменьшение массы
- Сокращение времени разработки

Используемые методы:

- Топологическая оптимизация
- Последующая оптимизация формы



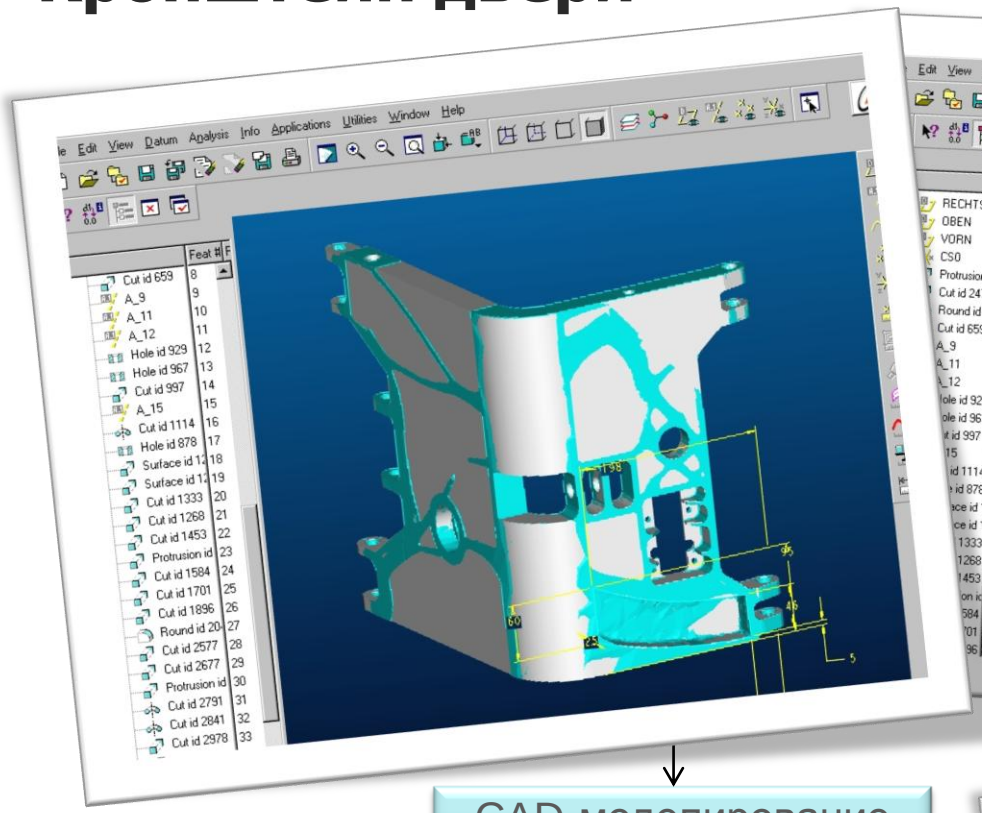
eurocopter
an EADS Company

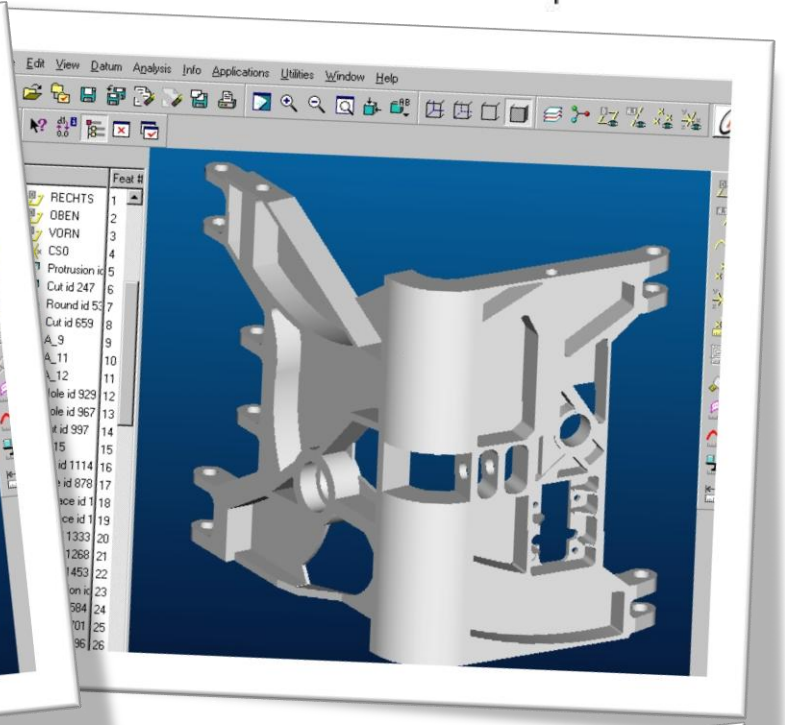
CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Altair

Кронштейн двери





CAD-моделирование концептуального дизайна

Анализ концептуального дизайна

eurocopter
an EADS Company

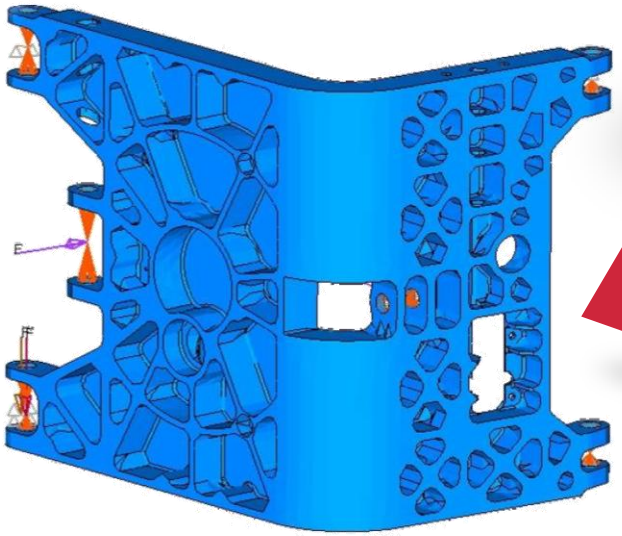
CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

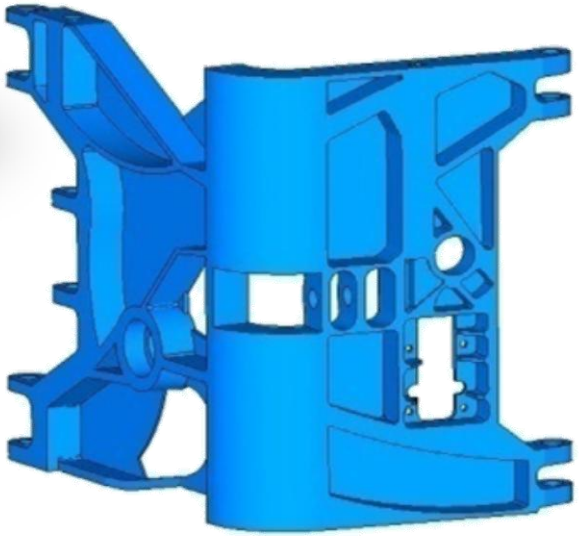
Дверные петли в вертолетах компании Eurocopter

Масса = 9.15 кг
Время разработки: 3 месяца

Масса = 7.5 кг
Время разработки: 3 недели



Градиционный подход к созданию дизайна



Подход, основанный на оптимизации

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Altair

Оптимизационный центр Boeing 787

- Число деталей для оптимизации - 1500
- При помощи моделирования в OptiStruct уменьшена масса около 150 деталей
- В ключевые моменты процесса оптимизации в проекте участвовали 35 инженеров компании Altair Engineering
- Мощный локальный инжиниринг (Сиэтл), Глобальный центр компетенций (Великобритания), Оценка эффективности (Индия)

CompMechLab®

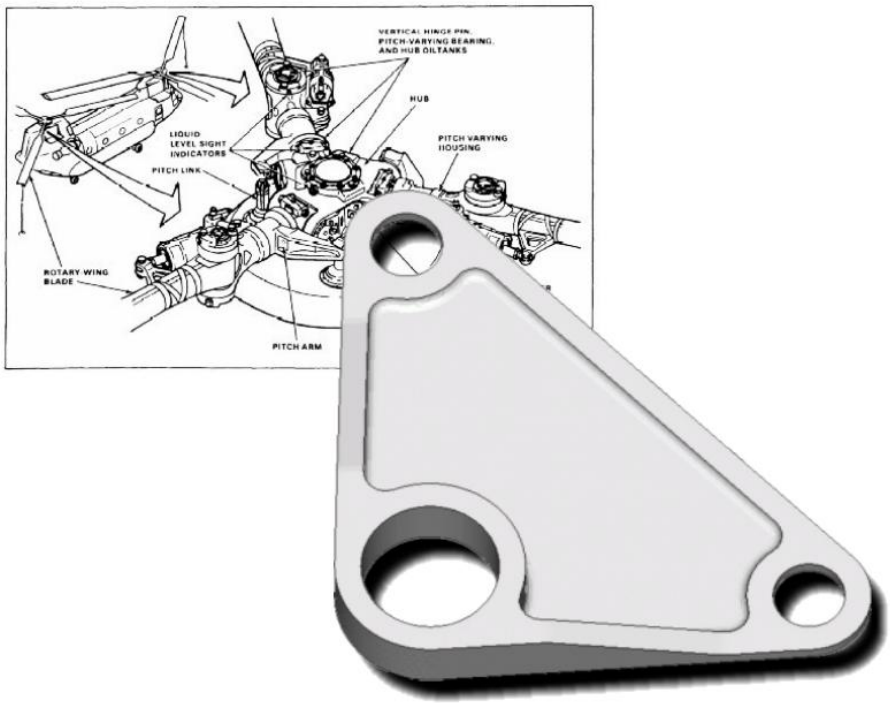
Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Altair

Оптимизация коленвала вертолета

Задачи проектирования

- Уменьшение массы
- 6 случаев нагружения
- Максимально допустимые напряжения (15 ksi)
- Однонаправленная проточка
- Сохранение существующего концепта



Результаты: уменьшение массы на 10%, не превышая макс. допустимые напряжения

Методы

- Топологическая оптимизация
- Оптимизация формы
- Задание нелинейных контактов

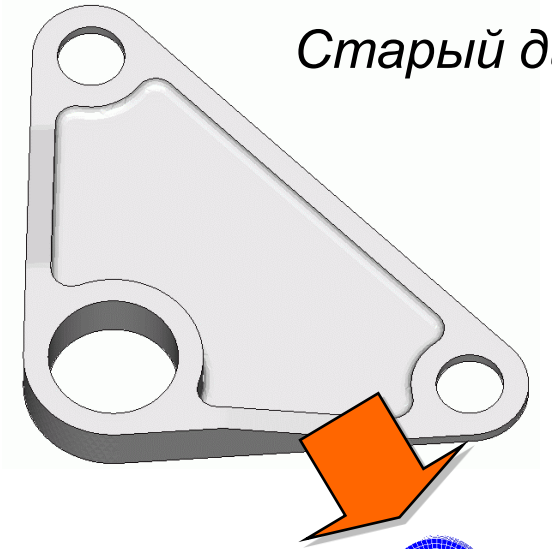
CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

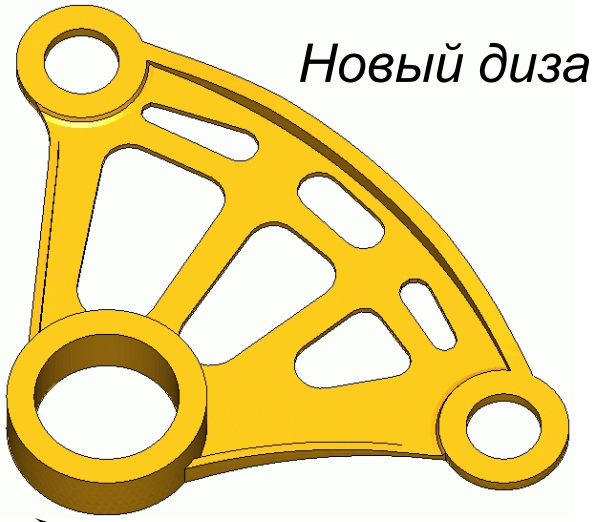
Процесс проектирования

Результат:
уменьшение массы компонентов
на 25%

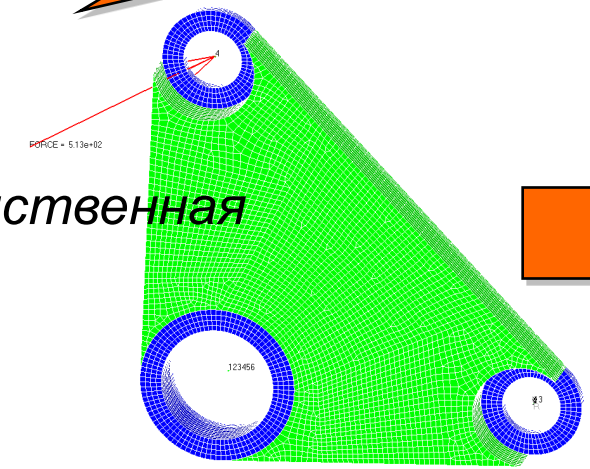
Старый дизайн

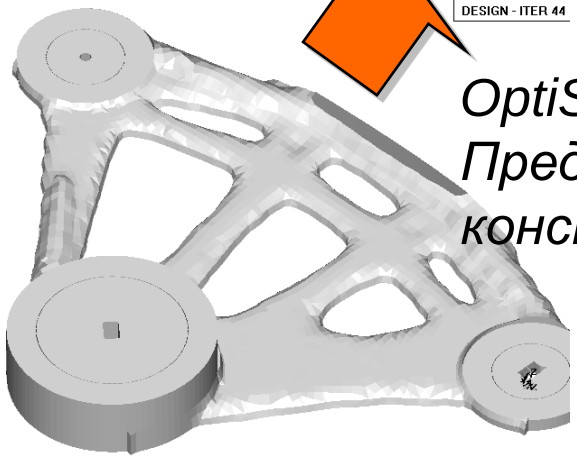


Новый дизайн



Пространственная модель

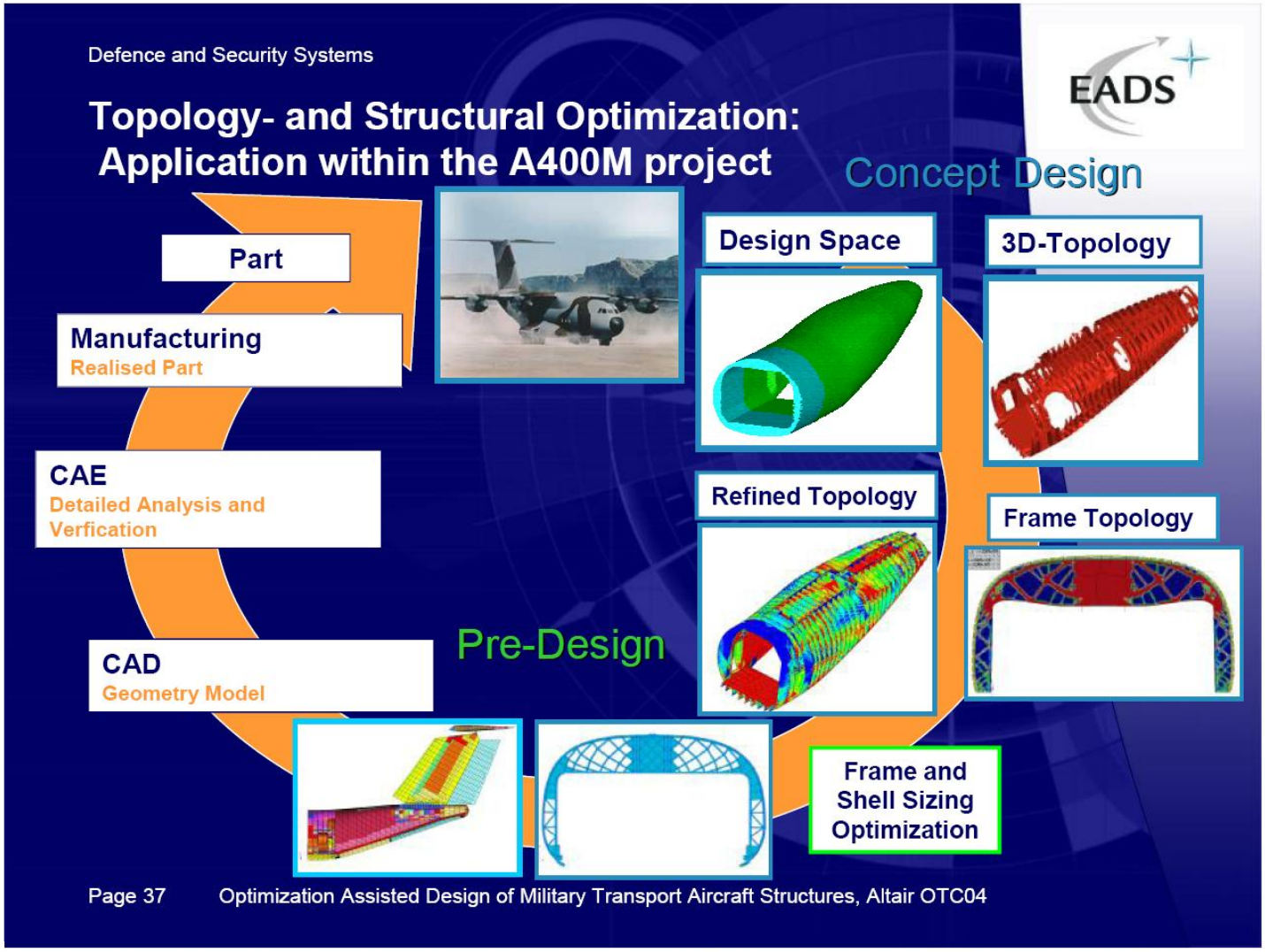




OptiStruct Предложение конструкции

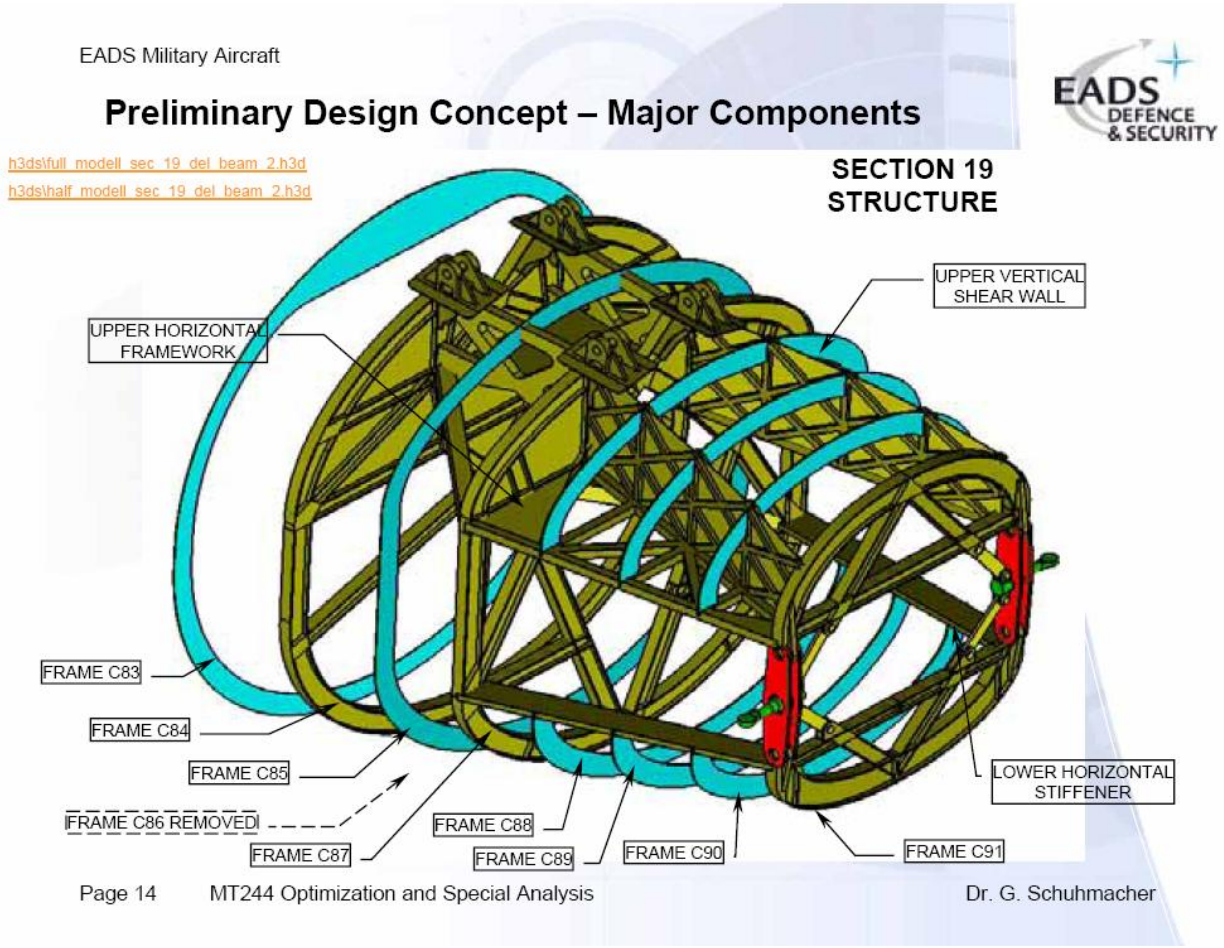
Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Пример: Схема КЭ моделирования для компании EADS



Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Исходная КЭ модель: инновационные особенности создания дизайна



Потенциал - сокращение массы до 20%

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Отзывы доктора Шумахера – EADS-DS

Application Phases and Benefits

EADS DEFENCE & SECURITY

Concept Phase → Pre Design Phase → Detail Design Phase

Topology optimization (global, local) — Concepts

Sizing (Parameter) optimization — Sizes

- Determination of ***weight optimum*** concepts, shapes and sizes
- Optimum performance of very advanced products requiring the consideration of complex, multidisciplinary relations and interactions
- **Reduced effort, time & cost** by avoiding late concept changes
- **Reduced effort, time & cost by the automation** of the design process
- Very important: Optimization process has to be an **integral part of the design process. It does not make sense to start it at the end !!!**

Page 15

© EADS 2008 – All rights reserved

HTC 08

Доктор Герд Шумахер , специалист по оптимизации и специальному анализу, EADS Defense and Security, BBC

Численные методы оптимизации при создании дизайна в авиакосмической промышленности – Применение в гражданской и военной технике –

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Оптимизация деталей истребителя F-35 JSF

Публикация:

47th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference, 1 – 4 мая 2006, Ньюпорт, Родос

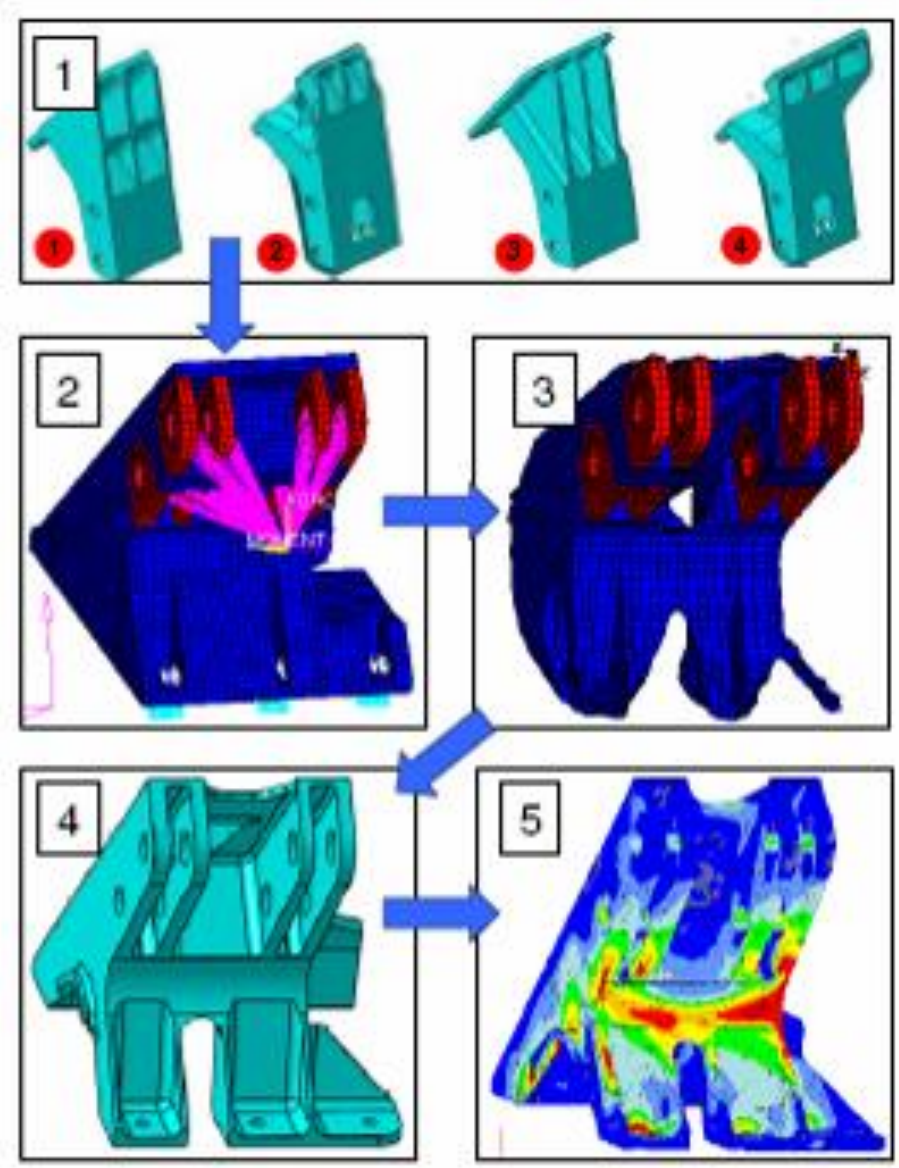
Оптимизация компонентов многоцелевого ударного истребителя F-35
Роберт М. Тейлор, Джейсон Е. Томас† и Николас г. Макарон‡, Щоун Рили и Мартин Р. Лаицок

Некоторые примеры использования структурной оптимизации компонентов F-35 JSF

Также были раскрыты возможности использования оптимизации в авиакосмической промышленности при проектировании дизайна аппаратов и при составлении графиков работ по проектам

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Оптимизация компонентов истребителя F-35 JSF



Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Altair

Оптимизация композитов

OptiStruct

CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Моделирование слоев композитов

Два типа моделирования композитов

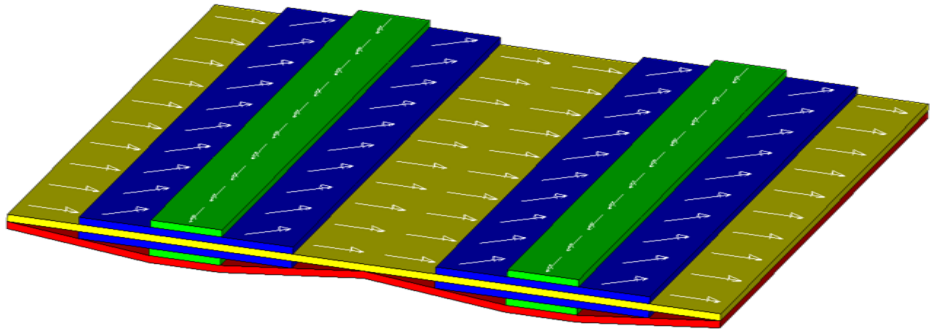
- Моделирование, основанное на локализации зон (Nastran, Abaqus,…)
- Моделирование слоев (HyperWorks)

В HyperWorks всегда использовалось моделирование, основанное на локализации зон

В версии HyperWorks v11.0 теперь доступно моделирование по слоям

- RADIOSS (Bulk)
- OptiStruct

Удобное моделирования слоев композитов в OptiStruct Composite Optimization



Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Моделирование, основанное на локализации зон композитов

Требуется задание одного свойства для каждой зоны слоя

Слои не перевязаны поперек зон

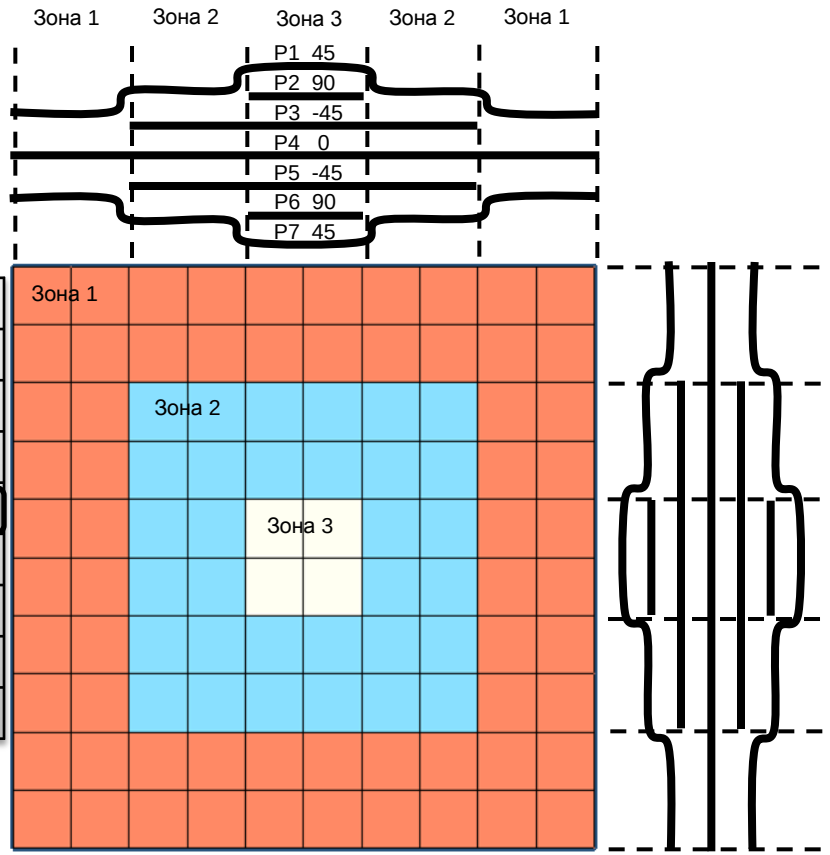
- Дублирование данных
- Форма слоя неизвестна
- Нет связи с производственным процессом

Для построения дизайна необходимо выполнить 3 обновления данных (получить 3 таблицы)

Зона 1 – Таблица свойств			
Слой	Матер	Толщина	θ
P7	M1	0.01	45
P1	M1	0.01	45

Зона 2 – Таблица свойств			
Слой	Матер	Толщина	θ
P7	M1	0.01	45
P5	M1	0.01	-45
P3	M1	0.01	-45
		0.01	45

Зона 3 – Таблица свойств			
Слой	Матер	Толщина	θ
P7	M1	0.01	45
P6	M1	0.01	90
P4	M1	0.01	0
P3	M1	0.01	-45
P2	M1	0.01	90
P1	M1	0.01	45



Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Altair

Моделирование слоев композитов

Композит создается из одной слоистой пластины с множеством слоев

- Невозможно дублировать данные
- Прямая связь с производственным процессом

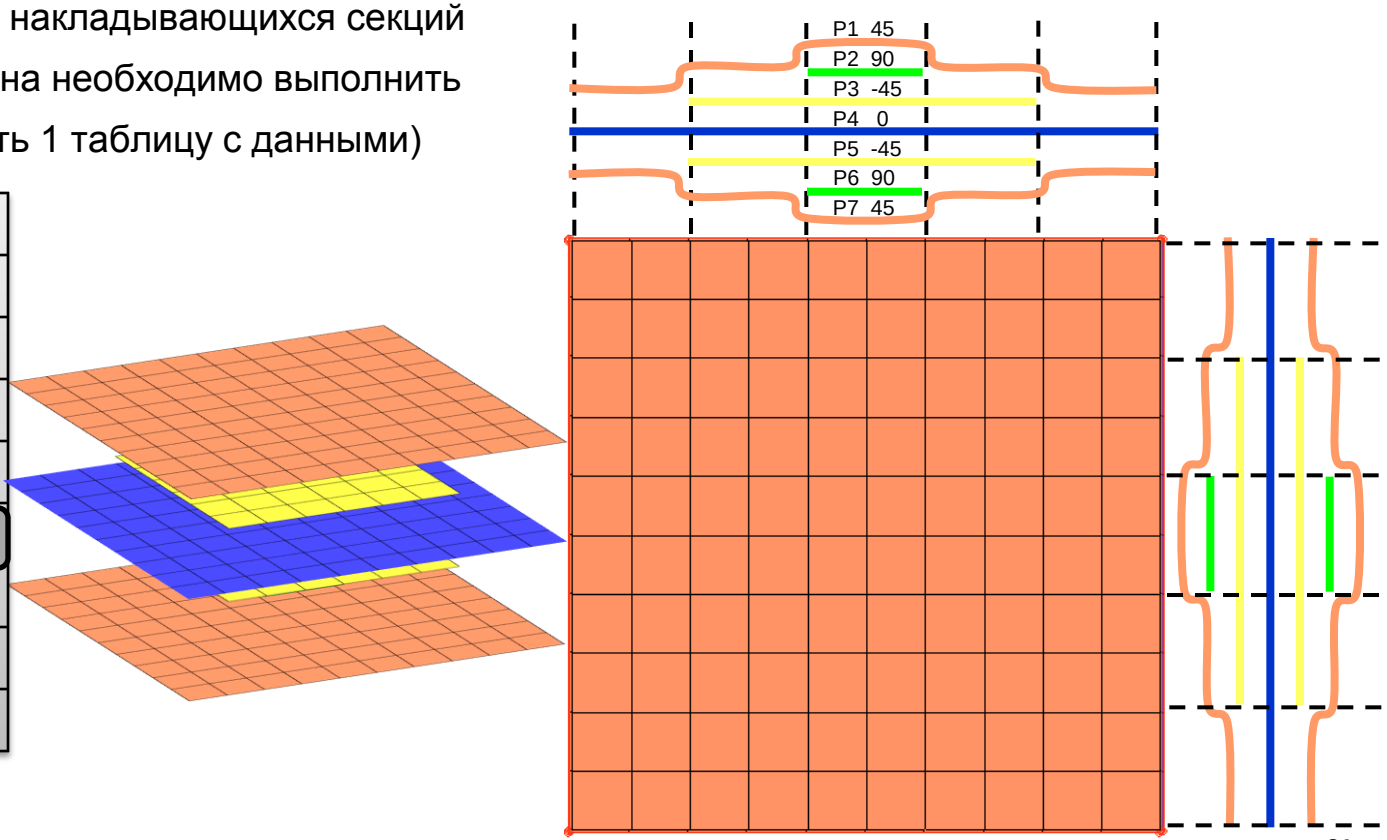
Моделирование слоев композита

- Определение формы слоев и соответствующих данных о слоях
- Определение накладывающихся секций

Для построения дизайна необходимо выполнить

1 обновление (получить 1 таблицу с данными)

Таблица укладки			
Слой	Матер	Толщина	θ
P7	M1	0.01	45
P6	M1	0.01	90
P5	M1	0.01	-45
P3	M1	0.01	-45
P2	M1	0.01	90
P1	M1	0.01	45



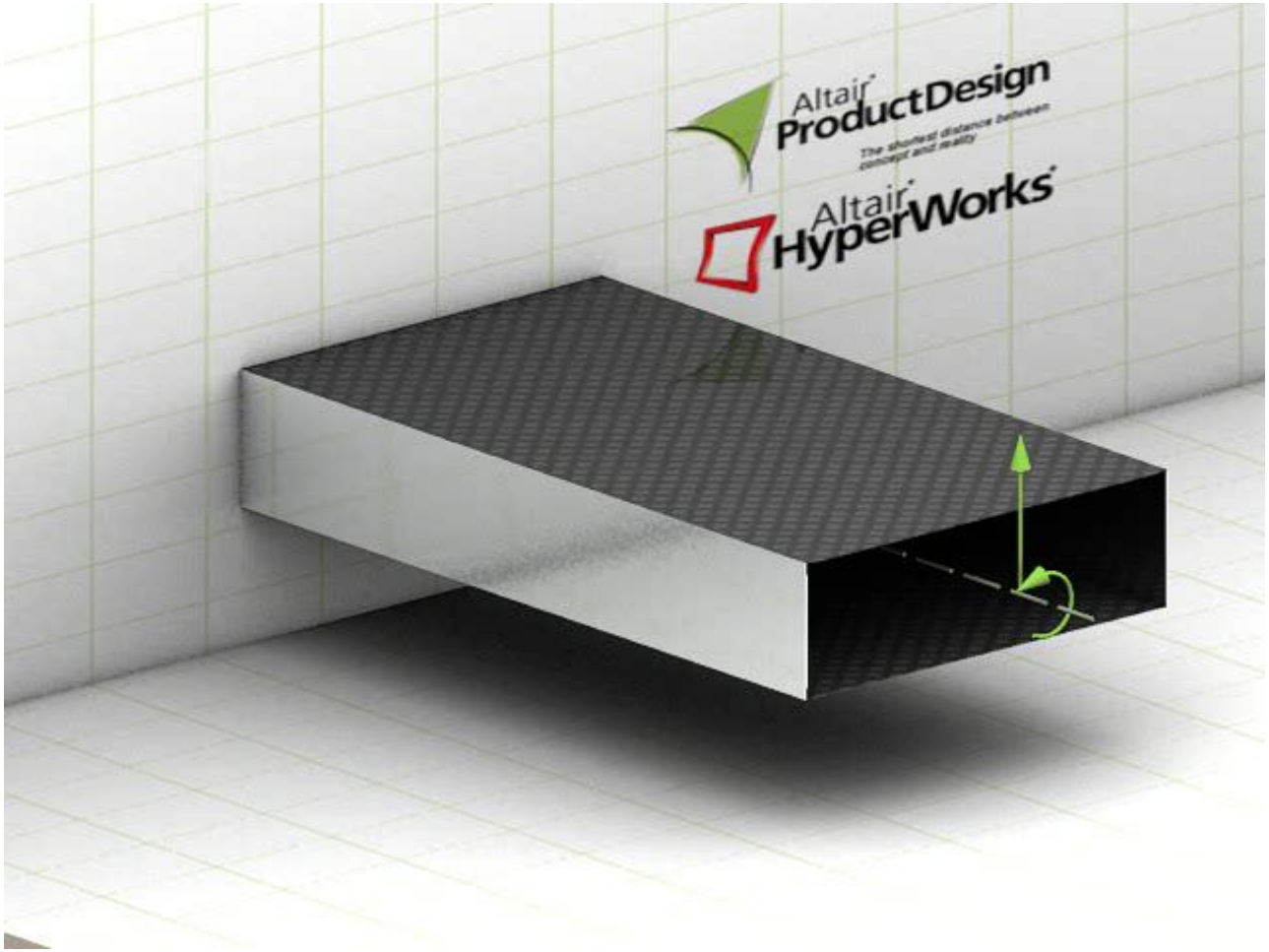
CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Инструмент для оптимизации и общего представления об укладке

Метод определения идеальных параметров компонентов для композиционных материалов

+
Процесс оптимизации композита



CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Оптимизация композитного мультилонжеронного закрылка

Altair

EADS INNOVATION WORKS

AIRBUS · EUROCOPTER · A400M · EUROFIGHTER · MBDA · GALILEO · ARIANE

Using HyperWorks to optimize a CFRP high lift structure

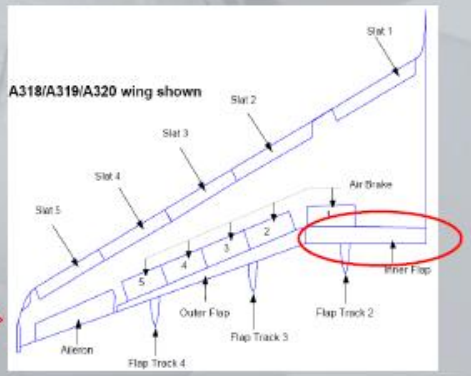
- A primary aircraft structure was chosen to establish HyperWorks software at EADS-IW
- A flap structure combines different problems regarding the optimization of a CFRP structure

Preview
Flap-Concept
Approach
Free Sizing
Optimization Constraints
Sizing
Summary

Inner flap of A320 family as baseline structure for adoption of new optimization process

→ Current structure a CFRP multi rib concept, so potential of a innovative Multi spar flap should be shown

Considered area

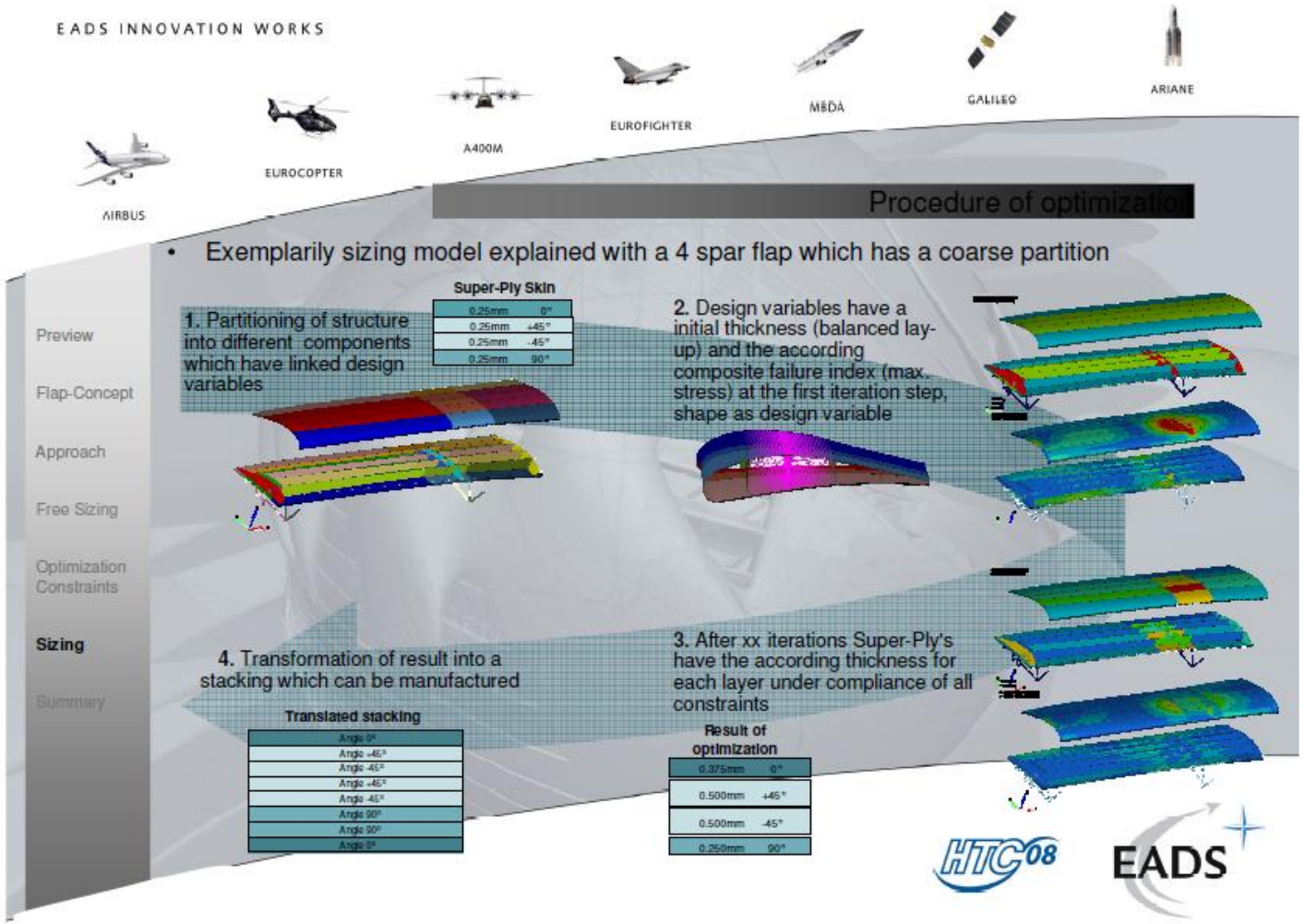


HTC08 EADS

CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

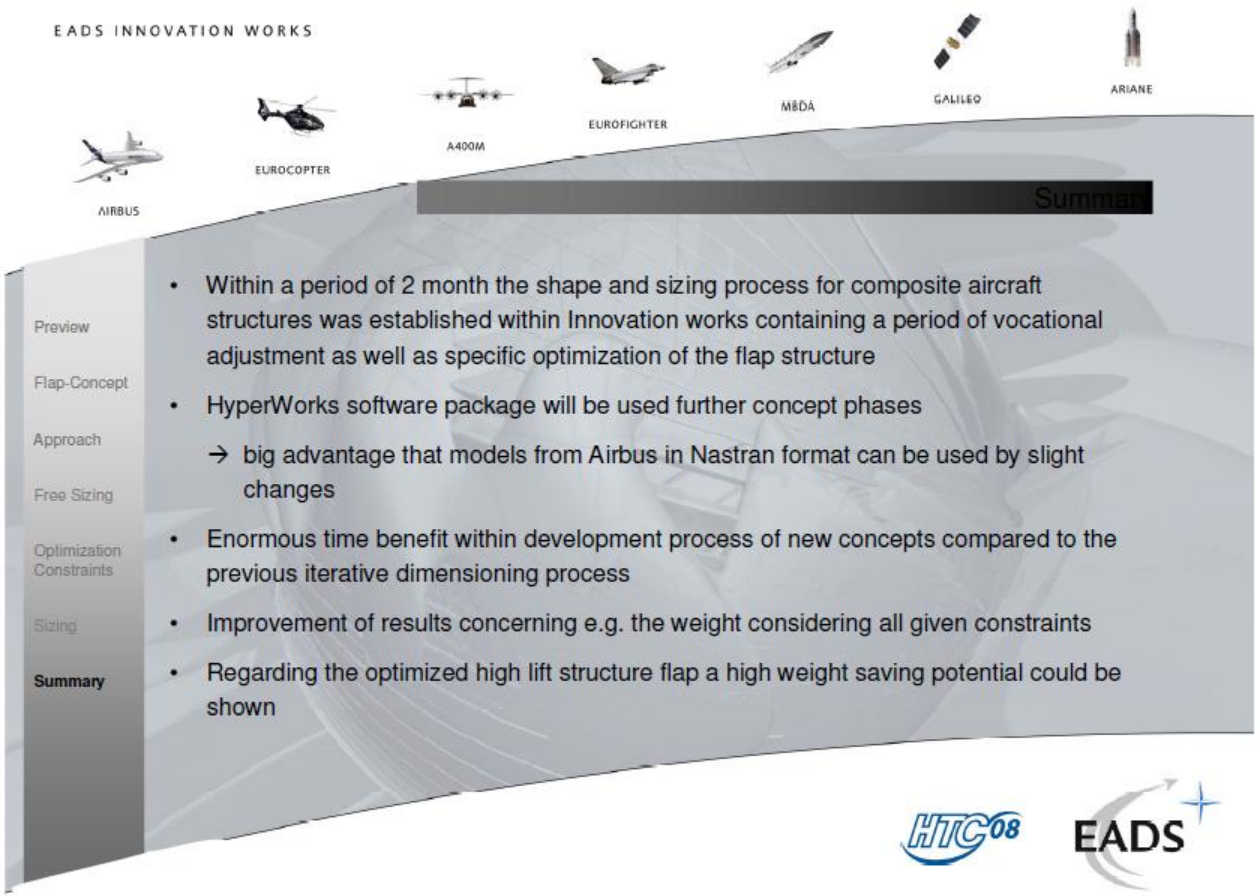
Процесс оптимизации композитов



CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Процесс оптимизации композитов



Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Уменьшение массы – рецензии пользователей

“После оптимизации процесса были разработаны более легкие компоненты…. Партнеры Boeing были очень воодушевлены эффективным использованием новой технологии оптимизации.”

Стефен Аморози – технический специаоист, Boeing

“Мы использовали OptiStruct для оптимизации различных компонентов системы пассажирских дверей . Данное программное обеспечение помогло нам достичь весомого сокращения массы.”

Питер Хэнш, Eurocopter GmbH, Германия

“Используя эту технологию оптимизации в процессе создания дизайна Bombardier, мы добились сокращения массы исследуемых компонентов примерно на 10%.

Сид Бачанан – Bombardier Aerospace, Великобритания

“В то время, как опытные инженеры выполняют стандартный структурный анализ и достигают снижения массы за достаточно длительный промежуток времени, специализированный инструмент оптимизации помогает достичь желаемого результата быстрее”

Роберт Тейлор – Lockheed Martin Aeronautics

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Altair

Динамическое разрушение композитов

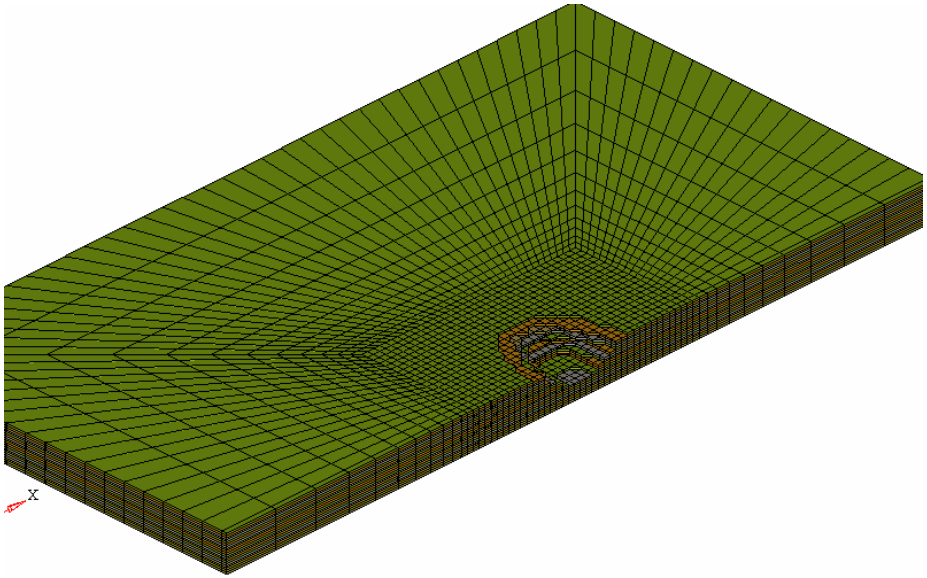
Radioss

CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Модели разрушения

- Возможность применять несколько критериев разрушения для одного материала
  - Примеры:
    - Ладевез для расслоения
    - Хашин для волокон
    - Пук для матрицы



Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Столкновение самолета со стаей птиц: результат моделирования и сравнение с натурным экспериментом

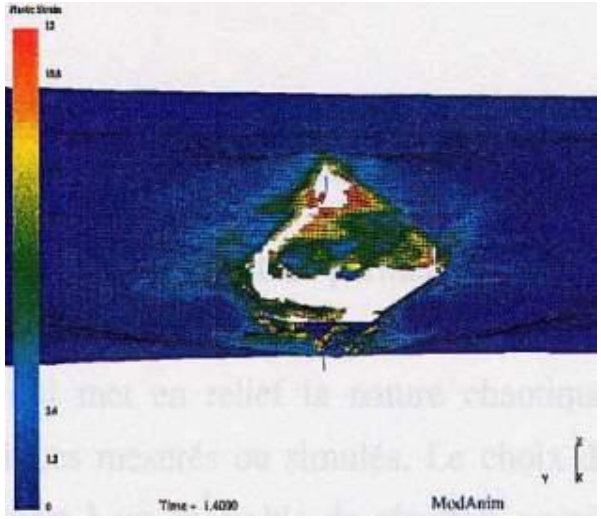
Altair

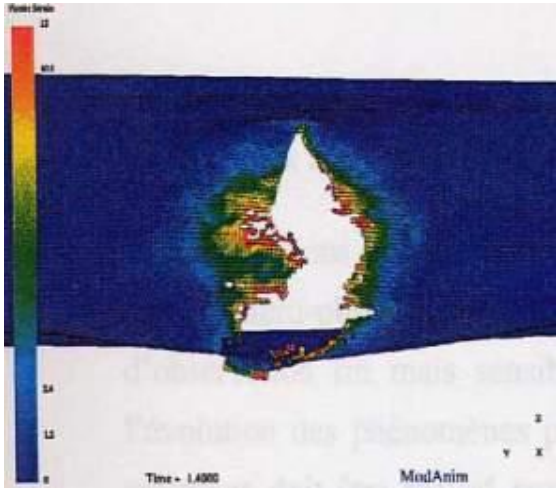
ONERA THE FRENCH AEROSPACE LAB

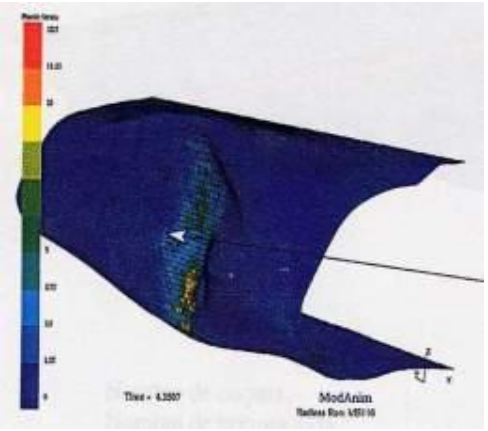
AIRBUS

Моделирование в RADIOSS

Моделирование, результат







CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Altair

Пост-процессинг данных в Excel

HyperView

CompMechLab®

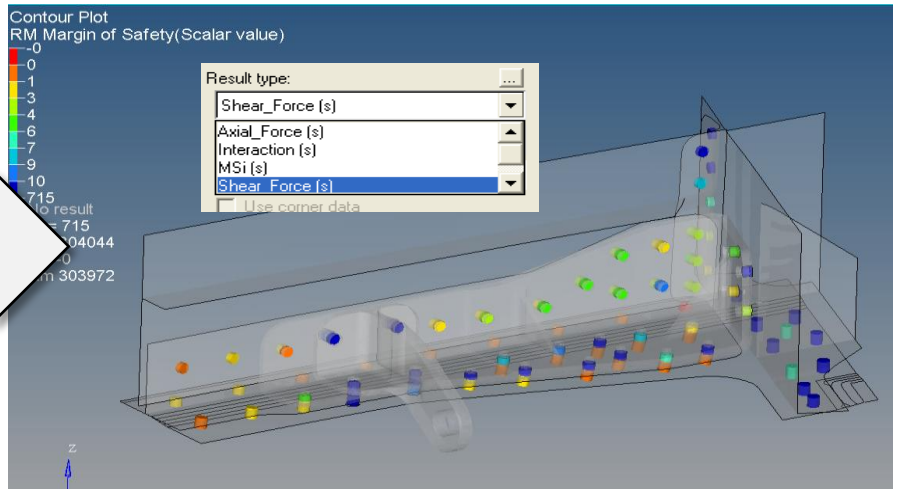
Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Пост-процессинг Excel-данных

Element ID	Contour(Element Forces (1D))		
	FX	FY	FZ
304054	-5416	537	307
304055	-2195	404	-6
304056	1047	176	119
304061	-2302	-245	168
FA	8885		
FS	6062		

$$MS_{ult_interact} = \frac{1}{\sqrt{\left[\left\{Ra_{ult}\right\}^2 + Rs_{ult}^3\right]}} - 1$$

ID	Axial Force	Combined Shear	Interaction	MSi
304054	-5416	618	0.372632	0.638173346
304055	-2195	404	0.061328	3.038052708
304056	1047	212	0.013929	7.473042343
304061	-2302	297	0.067245	2.856294116



Наложение результатов Excel со структурой через нейтральный формат “hwascii”

Применение:

- При использовании программ собственной разработки для генерации дополнительных результатов

  например, нахождение коэффициент запаса

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Altair

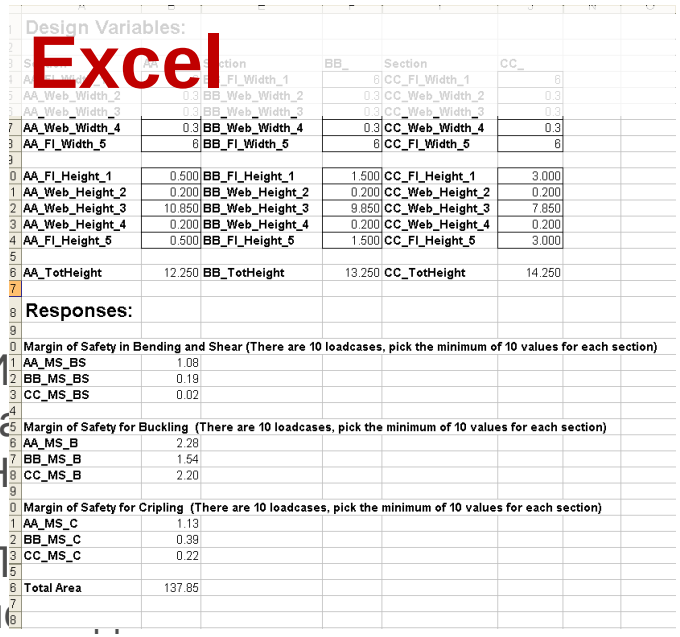
Оптимизация/Экспериментальный дизайн/Изучение случайных процессов с использованием входных данных Excel

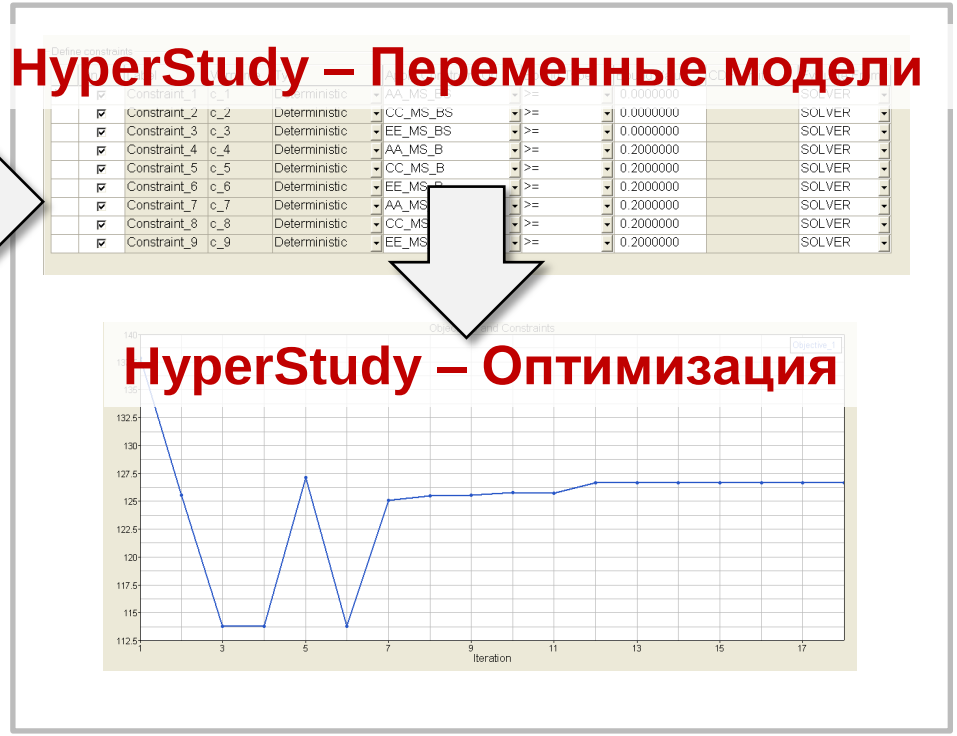
HyperStudy

CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

HyperStudy/интеграция Excel





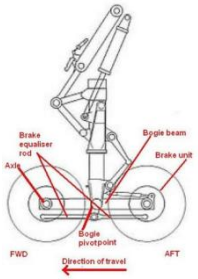
- И
ка
Н
- П
и

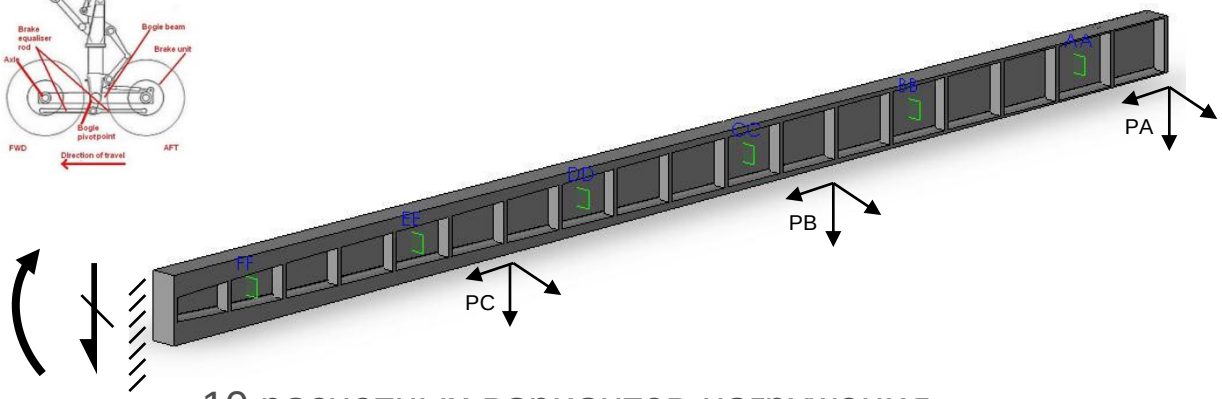
- Быстрая оптимизация
- Решение сложных задач: использование данных Excel
- Оптимизация, экспериментальный дизайн, приближенная оценка

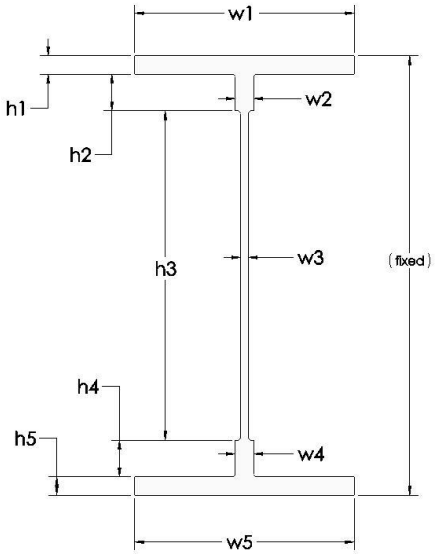
CompMechLab®

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Пример: Оптимизация балки опоры шасси самолёта



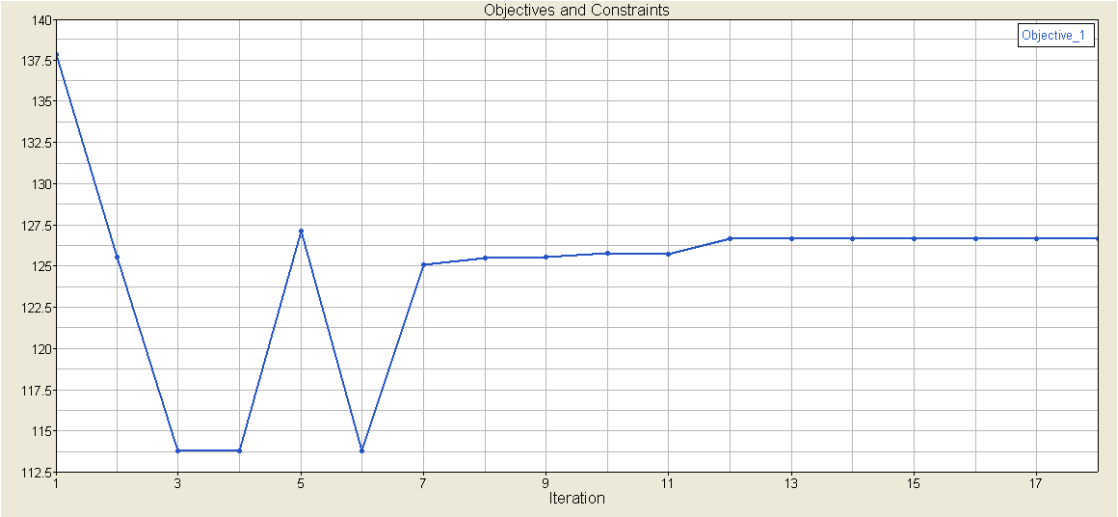




- 10 расчетных вариантов нагружения
- Требования: напряжения, потеря устойчивости
- Допустимые напряжение, данные о потери устойчивости из табличных данных Excel
- 27 расчетных параметров(w1,w2,w3,w4,w5,h1,h2,h4,h5 в трех секциях): допустимое отклонение +/- 10%
- Оптимизационные задачи: минимизация площади при наложении ограничения на коэффициент запаса по напряжениям и устойчивости

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Результат оптимизации балки опоры шасси самолёта



Сокращение массы на 8.8%

Решение задачи удовлетворяет всем наложенным ограничениям

Необходимо 70 итераций, ~ 5 минут на компьютере с частотой процессора 2.13 ГГц

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Altair

Выводы

- Программные продукты **HyperWorks** отлично подходят для выполнения разработок в авиакосмической промышленности
- Способствует сокращению времени проектирования
- Гибкое использование решателей сторонних программ
- Уникальная технология оптимизации
- Широкие возможности в области моделирования, оптимизации и анализа композитов

Copyright © 2009 Altair Engineering, Inc. Proprietary and Confidential. All rights reserved.

Контакты

ООО “**Лаборатория** “**Вычислительная механика**” (**CompMechLab® Ltd**.) – официальный дистрибьютор **Altair HyperWorks** в России, СНГ и странах Балтии. **CompMechLab® Ltd**. осуществляет продажу академических и коммерческих лицензий **HyperWorks**, оказывает пользователям техническую поддержку и проводит курсы обучения по программным системам **HyperWorks**.

Адрес: 194021, Шателена ул., д. 26А, БЦ “Ренессанс”, оф. 5.20, Санкт-Петербург, Россия
Тел./Факс: +7 (812) 309-18-88; Моб.: +7 (921) 881-41-30
Web: www.HyperWorks.CompMechLab.ru, www.CompMechLab.ru

Контактное лицо: ***Антон Алексашкин***, директор департамента “Дистрибьюция программных систем компьютерного инжиниринга”
E-mail: Aleksashkin@CompMechLab.com