



Автоматизация. Анализ данных. Оптимизация

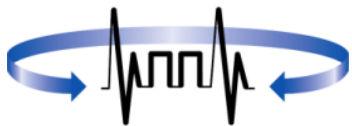
Содержание

- **О компании DATADVANCE**
- Программный комплекс pSeven
 - Зачем нужен pSeven?
 - Автоматизация расчётов и исследований
 - Математические методы
 - Визуализация и интерпретация результатов
- Некоторые примеры решенных задач
- Заключение

DATADVANCE

О компании DATADVANCE

DATADVANCE является частной российской компанией по разработке программного обеспечения и оказанию инжиниринговых услуг в области автоматизации инженерных расчётов, оптимизации и интеллектуального анализа данных. Компания **DATADVANCE** основана в 2010 году в результате успешного окончания совместной научно-исследовательской программы между



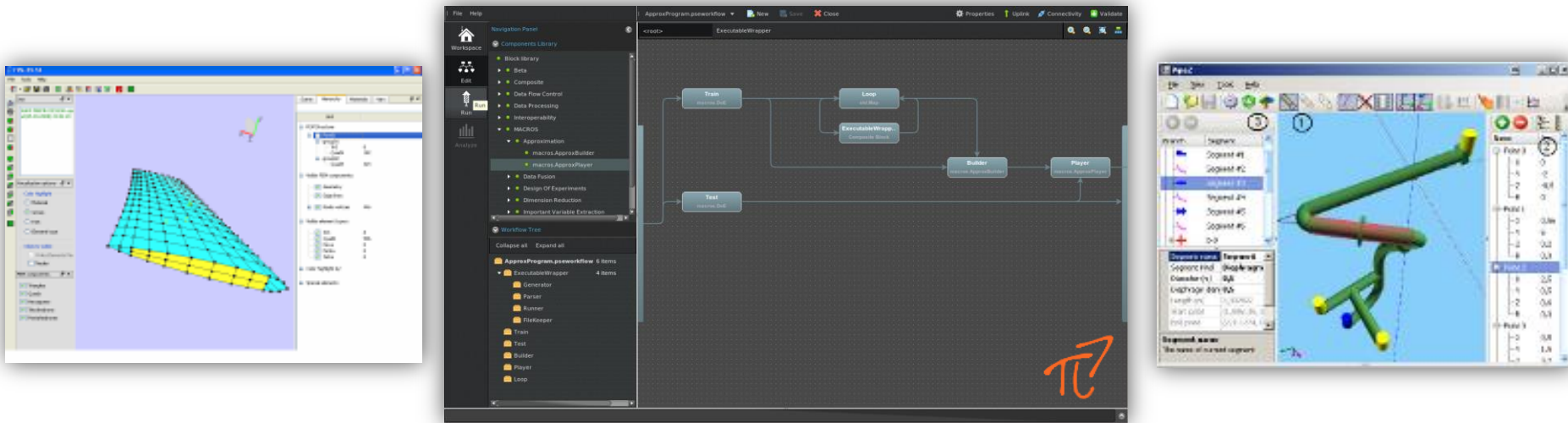
Институтом Проблем Передачи Информации РАН, одним из ведущих математических центров в России, сотрудниками которого являются три лауреата Филдсовской премии, и



Airbus Group - глобальным лидером в аэрокосмической промышленности с ежегодным оборотом порядка 50 млрд. евро.

Наши продукты и услуги

- **pSeven** – программный комплекс для автоматизации инженерных расчётов, анализа данных и оптимизации, основанный на технологии **MACROS**
- Внедрение, адаптация и разработка АРМ для решения специализированных задач
- Инжиниринговый консалтинг



Наши ключевые клиенты



Содержание

- О компании DATADVANCE
- **Программный комплекс pSeven**
 - **Зачем нужен pSeven?**
 - Автоматизация расчётов и исследований
 - Математические методы
 - Визуализация и интерпретация результатов
- Некоторые примеры решенных задач
- Заключение



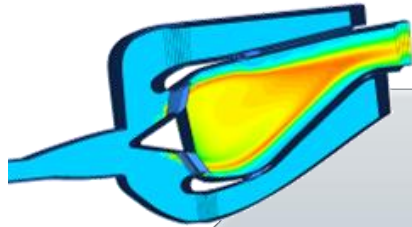
К вопросу о проектно-конструкторских работах...



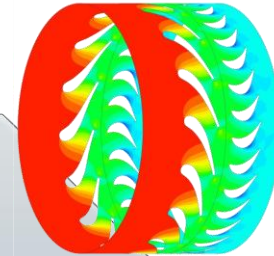
Основным средством уменьшения **сроков и снижения затрат** на разработку изделия считается использование систем автоматизированного проектирования (САПР) – [CAD](#) и [CAE](#) пакетов.

За счёт использования CAD/CAE пакетов на этапах раннего проектирования и инженерной проработки удаётся существенно сократить затраты на натурные испытания, доводку и устранения дефектов!

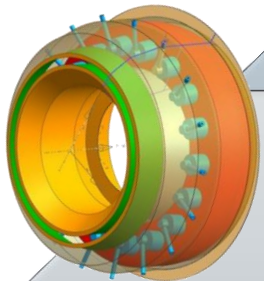
CAD – CAE – ?



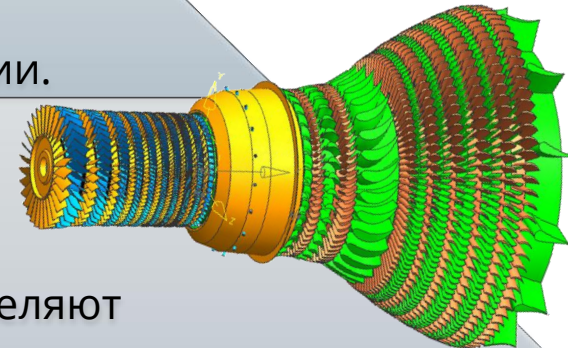
CAE



рассчитывают свойства объекта, но не приближают его облик к оговоренному в техническом задании.



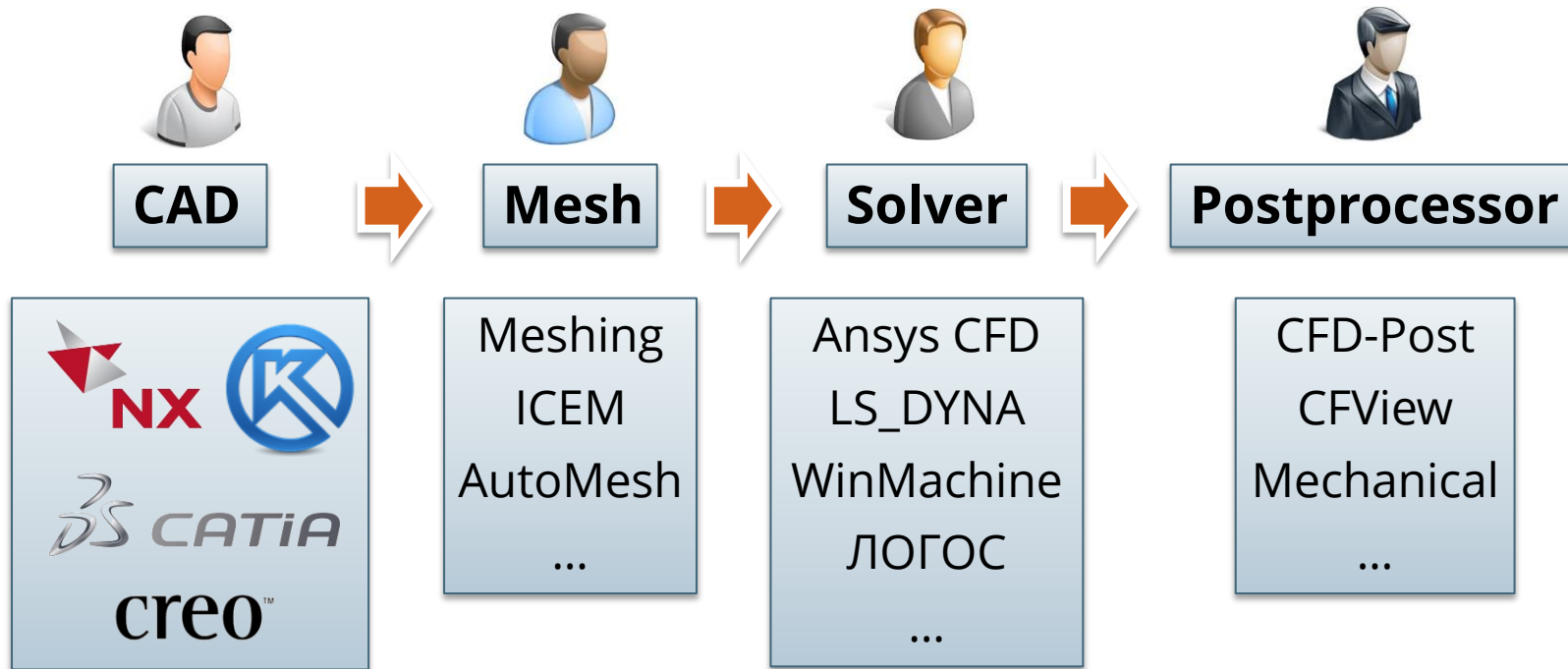
CAD



создают 3D образ объекта, но не определяют совокупности его физических свойств.

Таким образом, для эффективного решения задач по созданию новой техники необходимо **связать CAD и CAE в единую среду**, а также **применить формализованные методики научного поиска**, используя **методы оптимизации и анализа данных**.

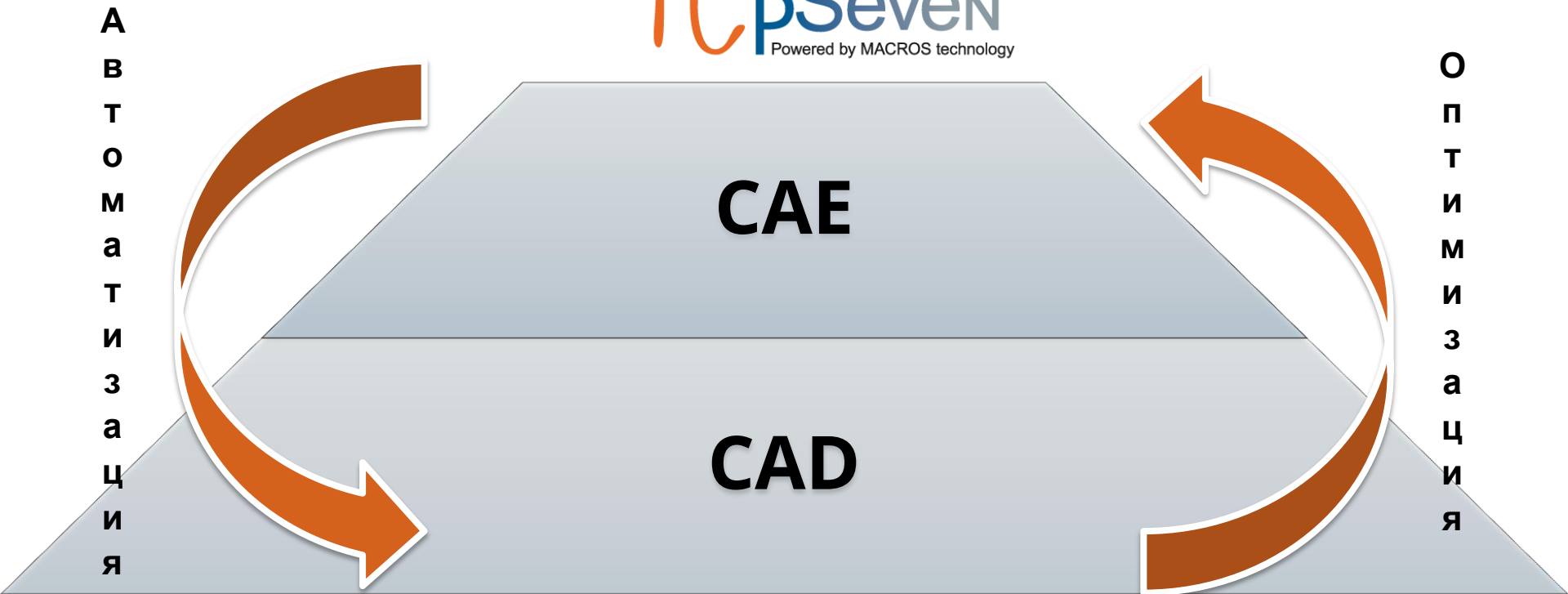
Типичная схема использования CAD/CAE пакетов



- Неэффективный «ручной» обмен данными
- Высокая вероятность ошибки при обмене данными
- Невозможность повторного использования расчётных моделей
- Ручной подбор параметров модели, для удовлетворения требованиям ТЗ

Как результат – принятие необоснованных и неоптимальных проектных решений, и увеличение времени и стоимости проектирования.

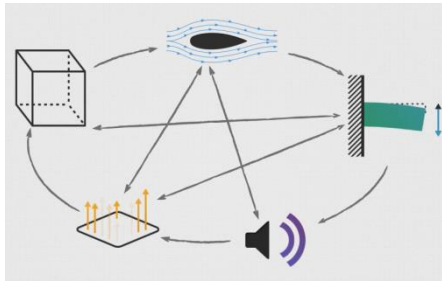
Программный комплекс pSeven



pSeven, основанный на алгоритмическом ядре **MACROS**, - это

- Автоматизация взаимодействия CAD/CAE систем и связывание их в единую среду,
- Широкие возможности по оптимизации и анализу моделей методами интеллектуального анализа данных.

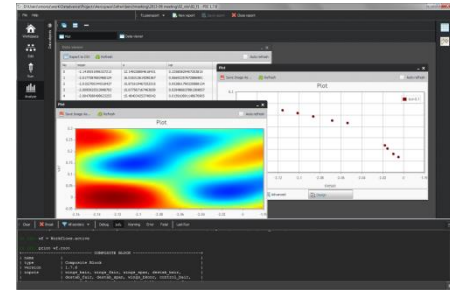
Основные возможности pSeven



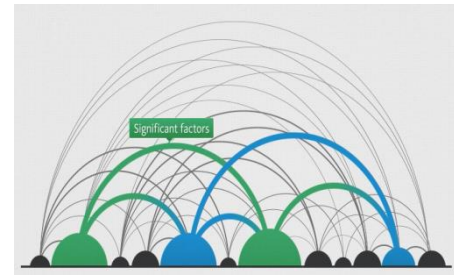
Интеграция
CAD/CAE



Выполнение
расчётных схем



Визуализация и
интерпретация
результатов



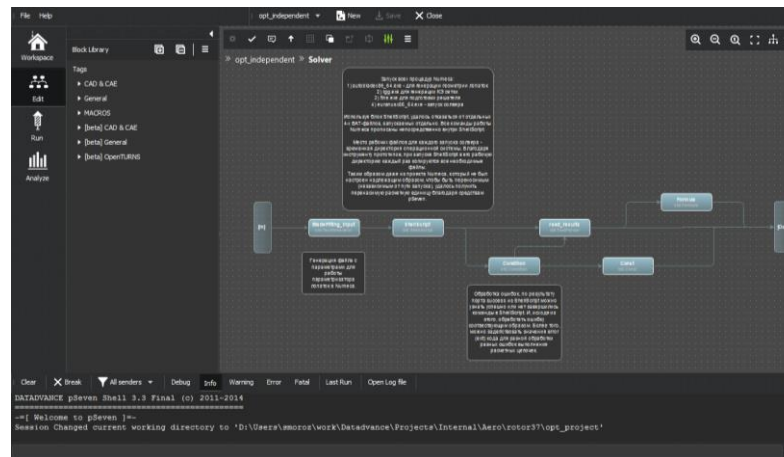
Анализ данных
и оптимизация

Что дает применение pSeven?

- **Улучшение характеристик** проектируемых изделий, таких как качество, производительность, надежность, безопасность и др.
- **Сокращение сроков и стоимости** проектирования новых изделий.
- **Формализация и сохранение** знаний, опыта и методик проектирования за счёт автоматизации.
- **Решение сложных задач** предсказательного моделирования и оптимизации **в КБ**, без привлечения экспертов в этой области.
- **Повышение качества** взаимодействия групп разработчиков.

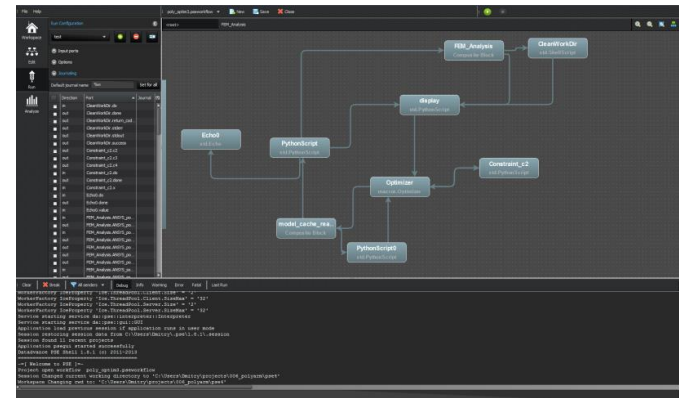
Содержание

- О компании DATADVANCE
- **Программный комплекс pSeven**
 - Зачем нужен pSeven?
 - **Автоматизация расчётов и исследований**
 - Математические методы
 - Визуализация и интерпретация результатов
- Некоторые примеры решенных задач
- Заключение



Автоматизация расчётов и исследований

- Визуальное построение расчётных схем
 - Автоматизация расчётов
 - Автоматизация исследований
- Прямая интеграция с CAD системами
- Интеграция с CAE системами ([на основе текстовых файлов](#))
- Богатая библиотека компонентов: управление потоком исполнения, доступ к данным, передовые математические методы и многие др.
- Удобный и простой в использовании графический интерфейс



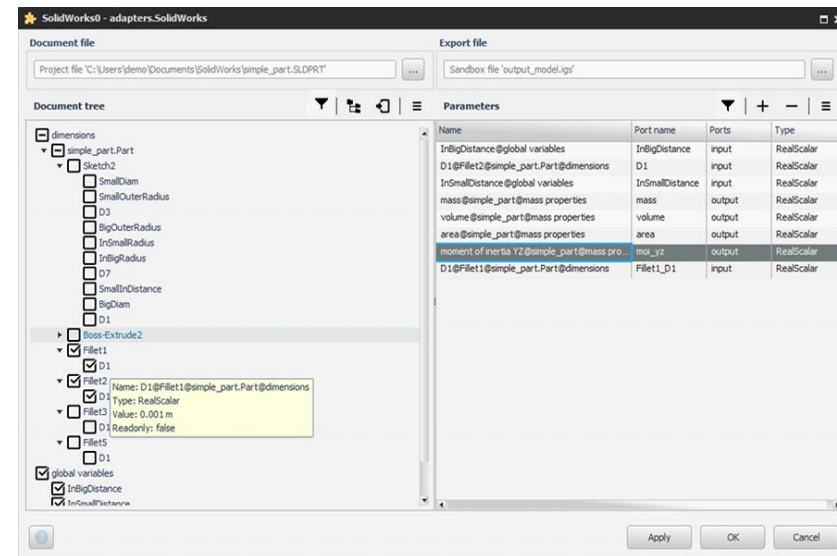
Построение расчётных схем любой сложности

- Интеграция расчётных моделей любой сложности
 - Прямая интеграция с CAD системами
 - Интеграция с CAE системами
 - Интеграция аналитических моделей (std.Formula)
 - Интеграция произвольного кода на Python (std.PythonScript)
- Гибкая обработка ошибок расчётных моделей (std.Condition)
- Управление потоком исполнения расчётной схемы
 - Ветвления (std.Condition)
 - Циклы (std.For, std.Foreach)
- Построение иерархических расчётных схем (std.Composite)
 - Построение вложенных циклов
 - Вложенная оптимизация
 - Робастная оптимизация с использованием внешних модулей оценки робастности и надежности
- Автоматическое управление обменом файлами между блоками расчётной схемы, включая блоки, запущенные на удаленных машинах.

Интеграция с CAD системами

- Полная поддержка **SolidWorks, КОМПАС-3D и Creo**
 - Полная поддержка деталей и сборок
 - Полная поддержка глобальных переменных и единиц измерения
 - Экспорт в нейтральные форматы (STEP, IGES, ASIC, Parasolid и др.)
 - Удобная настройка взаимосвязей между параметрами детали или сборки и переменными блока pSeven
- Поддержка **CATIA**
 - Полная поддержка деталей
 - Экспорт в форматы STEP и IGES
- Поддержка **NX** (в pSeven 5)

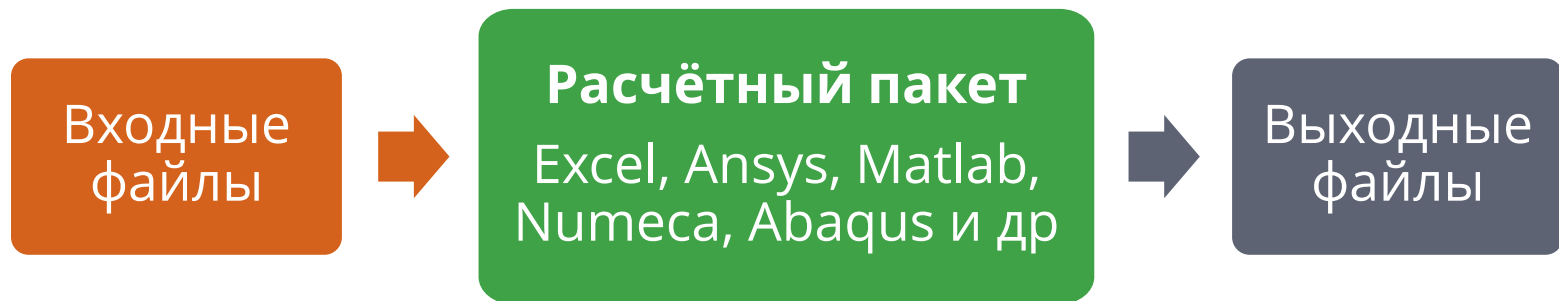
pSeven – единственный пакет в своем классе полностью поддерживающий КОМПАС-3D!



Интеграция с CAE системами

Интеграция с CAE системами реализована через текстовые входные и выходные файлы. Это позволяет эффективно работать с

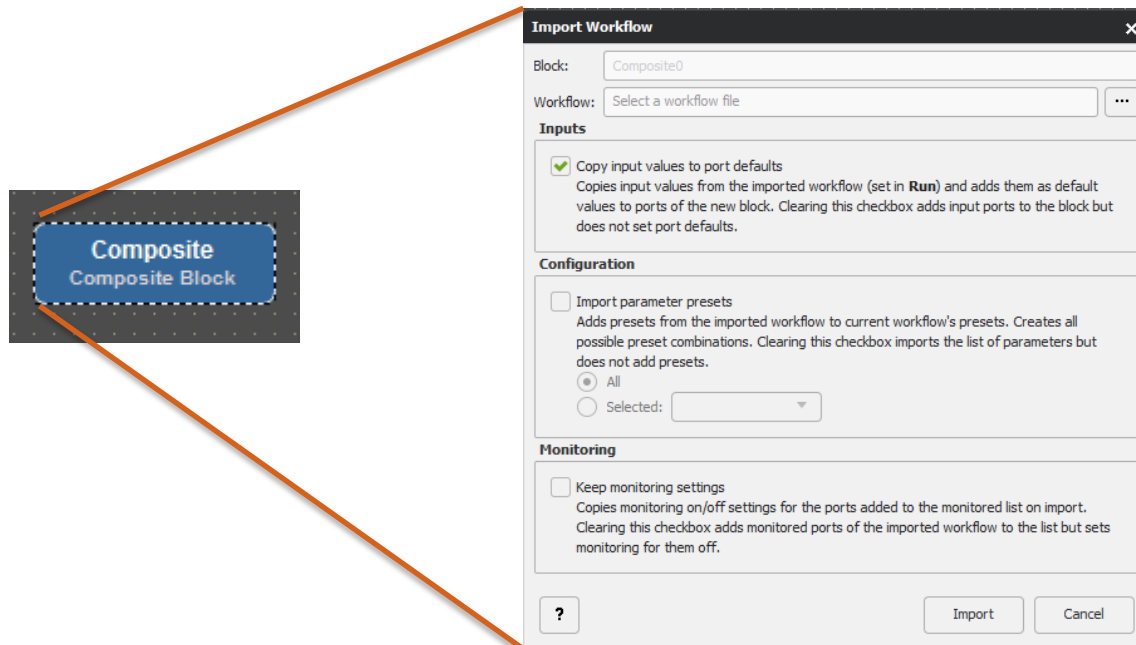
- Отечественными коммерческими пакетами [FlowVision](#), [Фидесис](#), [Универсальный Механизм](#) и другими
- Зарубежными коммерческими пакетами, например, Numeca FINE/Turbo, Ansys CFX/Fluent, Ansys Mechanical, Abaqus, LS_DYNA, Star-CCM+ и многими другими
- Корпоративными пакетами, включая программы для MS DOS
- Базами данных



Повторное использование расчётных схем

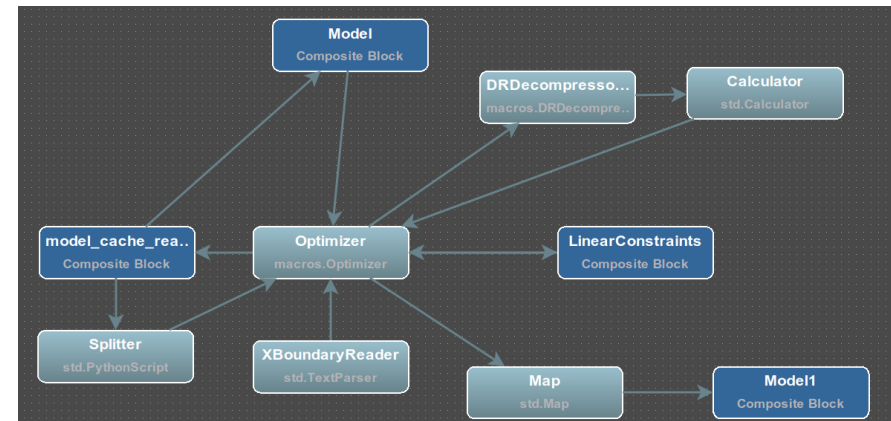
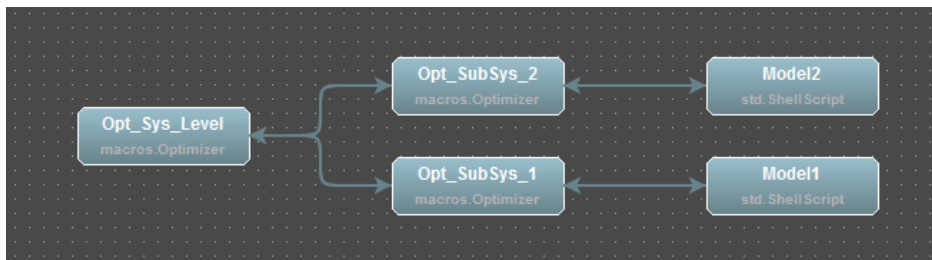
rSeven позволяет повторно использовать ранее созданные расчетные схемы, загружая их в другие схемы как составные блоки.

Например, расчётная схема, в которую интегрирован и настроен внешний расчетный модуль, в дальнейшем может использоваться в новых схемах как готовый блок.



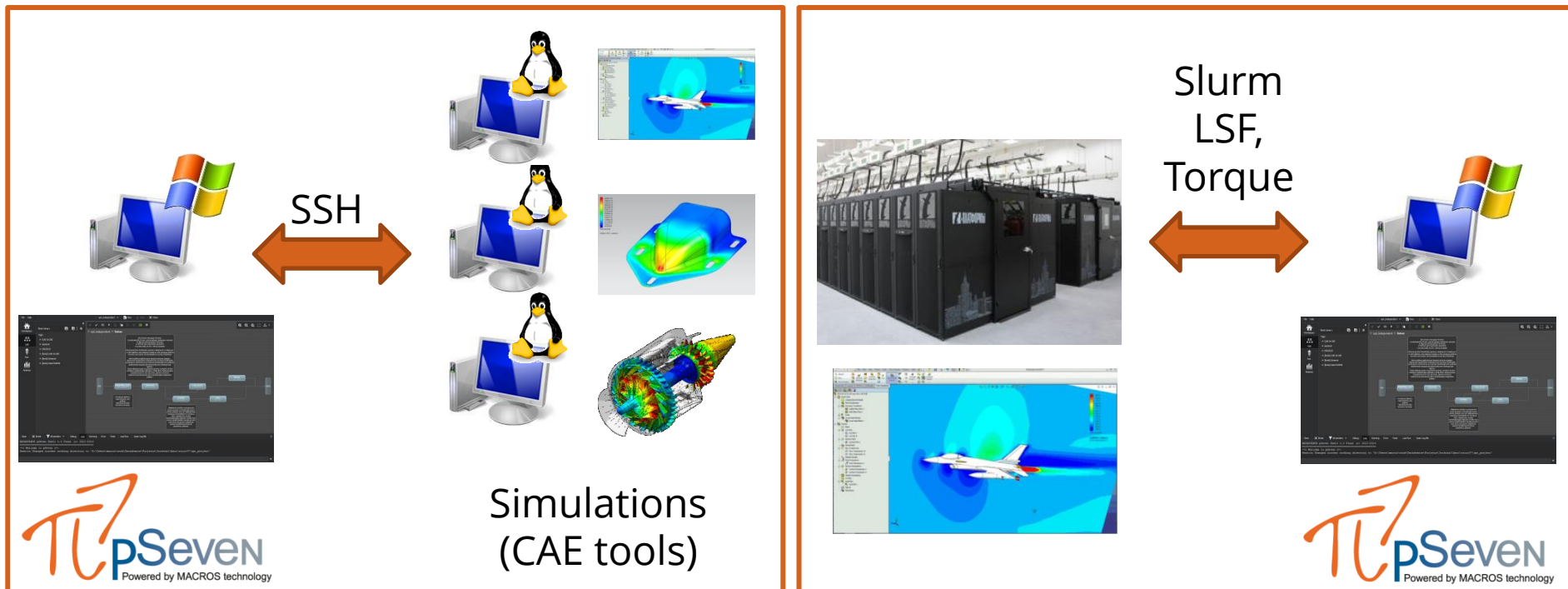
Автоматизация исследований

- Многодисциплинарный анализ (MDA):
 - Параметрические исследования
 - Анализ чувствительности
 - Планирование экспериментов
 - Построение метамоделей
- Многодисциплинарная оптимизация (MDO):
 - Одноуровневая
 - Многоуровневая (поддержка CO, ATC, BLISS и др.)
- Анализ робастности и надежности (Uncertainty Quantification)



Distributed computing

- Automatic workflow parallelization
- Execute blocks on remote hosts to reduce overall simulation time
- HPC support
 - Direct interfaces with Slurm, LSF and Torque
 - Automation of data transfer



Содержание

- О компании DATADVANCE
- **Программный комплекс pSeven**
 - Зачем нужен pSeven?
 - Автоматизация расчётов и исследований
 - **Математические методы**
 - Визуализация и интерпретация результатов
- Некоторые примеры решенных задач
- Заключение

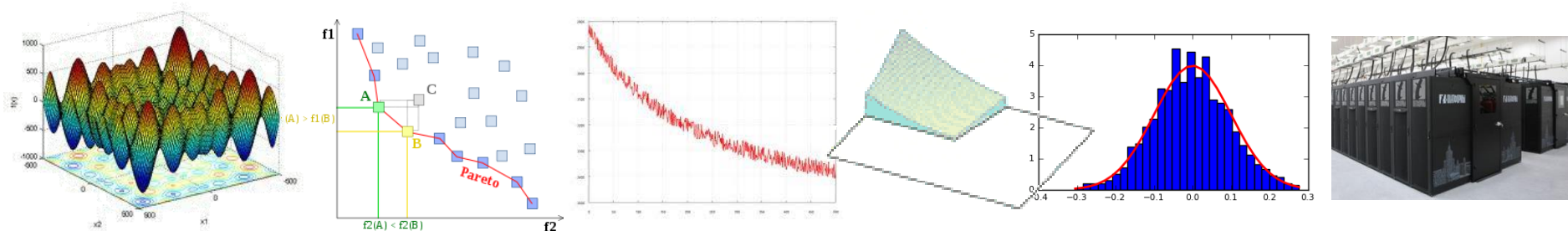
Оптимизация

- Поддерживаемые классы задач
 - Одно- и многокритериальная условная оптимизация
 - Удовлетворение ограничениям (CSP)
 - Оптимизация в условиях неопределенности (RDO и RBDO)
- Некоторые реализованные алгоритмы оптимизации
 - Автоматический адаптивный выбор наиболее подходящего оптимизационного метода для решаемой задачи (эвристика)
 - ПКП с адаптивным фильтром
 - Градиентный метод многокритериальной оптимизация
 - Оптимизация на основе метамоделей (Surrogate Based Optimization)
 - [IOSO NM](#)
- Возможность указания известных пользователю [особенностей модели](#) для ускорения процесса оптимизации
- Поддержка параллельного вычисления целевых функций и ограничений

Особенности задач инженерной оптимизации

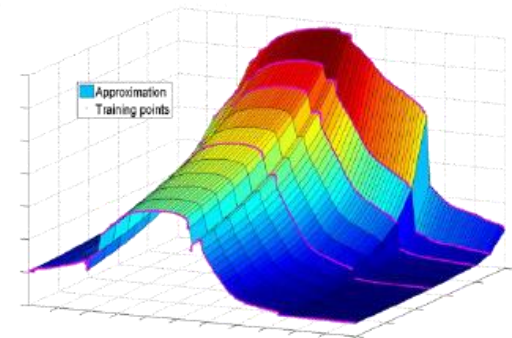
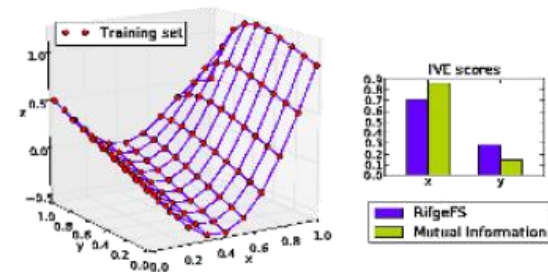
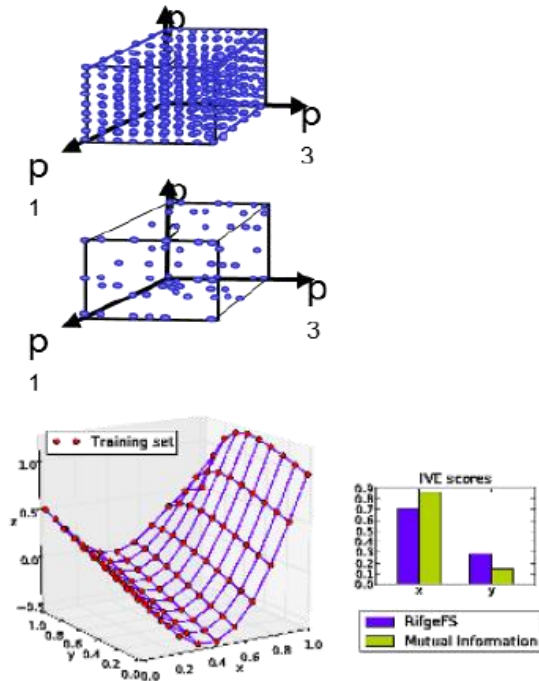
- Большая размерность оптимизационной задачи
 - Число параметров порядка $O(100)$,
 - Число ограничений общего вида порядка $O(100)$
 - Несколько целевых функций
- Нелинейность и многоэкстремальность
- Зашумленность
- Наличие областей невычислимости
- Большое время одного вычисления → необходимость минимизации числа необходимых запусков модели

В pSeven реализованы алгоритмы, которые эффективно справляются со всеми эти особенностями!



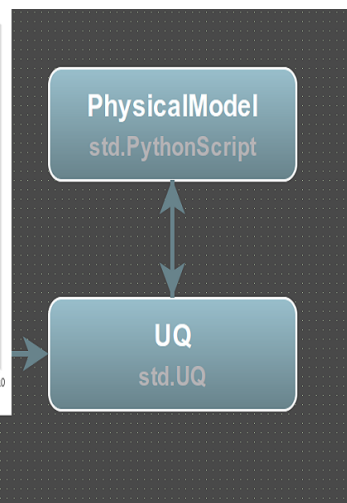
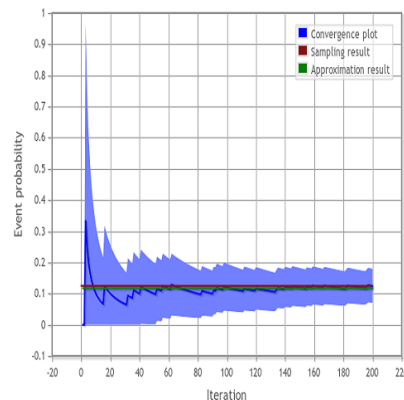
Анализ моделей

- Планирование экспериментов
 - Факториальные и композиционные планы
 - X-оптимальные планы
 - Адаптивные планы
- Анализ чувствительности
 - Корреляционный анализ
 - Оценка взаимной информации
 - Индексы Соболя
 - Полиномиальный хаос
- Автоматизированное построение метамоделей
 - Автоматический адаптивный выбор наиболее подходящего метода по данным
 - Классические методы (LR, RSM, ..)
 - Методы собственной разработки (HDA, GP, SGP, ...)
 - Оценка точности построенных моделей
 - Агрегация разноточных данных
 - Сглаживание



Анализ робастности и надежности

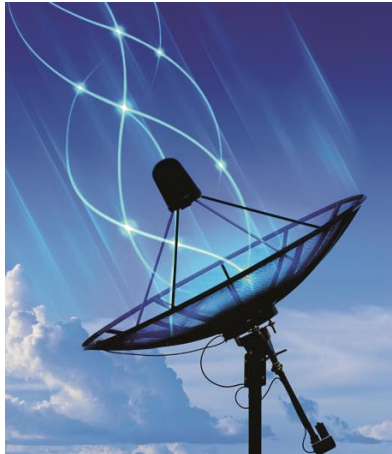
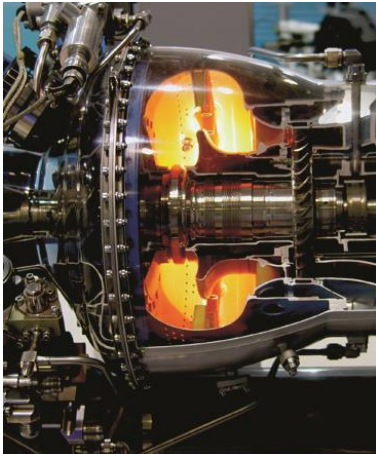
- Создание вероятностных моделей
 - Параметрические распределения (нормальное, бета и др.)
 - Непараметрические модели (гистограмма, kernel smoothing и др.)
- Оценка робастности
 - Монте-Карло
- Анализ надежности
 - Аппроксимационные методы (FORM, SORM)
 - Монте-Карло
 - Квази Монте-Карло
 - Направленное сэмплирование



Содержание

- О компании DATADVANCE
- Программный комплекс pSeven
 - Зачем нужен pSeven?
 - Автоматизация расчётов и исследований
 - Математические методы
 - Визуализация и интерпретация результатов
- **Некоторые примеры решенных задач**
- Заключение

pSeven отлично зарекомендовал себя в самых различных отраслях промышленности!



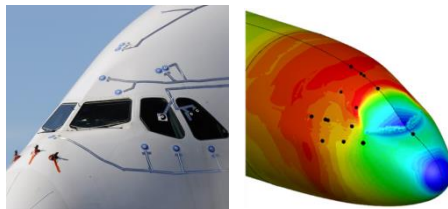


AIRBUS: сокращение времени проектирования на 10%*

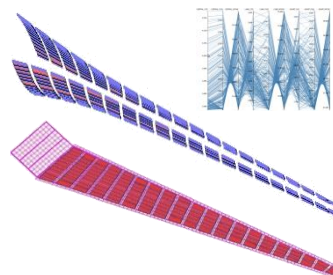
AN EADS COMPANY



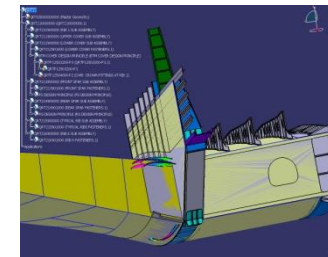
Концептуальное проектирование



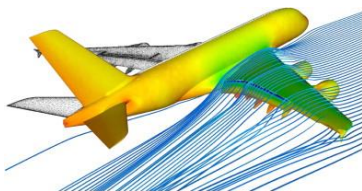
Акустика



Композиты



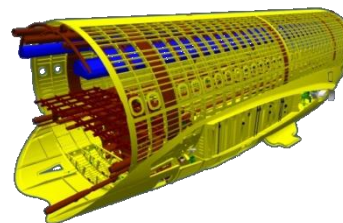
Сборка



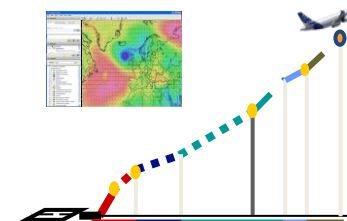
Аэродинамика



Топливные системы



Прочность



Планирование миссий

* [Пресс релиз Airbus](#)

Многокритериальная оптимизация семейства самолётов

Задача

Оптимизация конфигурации трех самолётов семейства на этапе концептуального проектирования

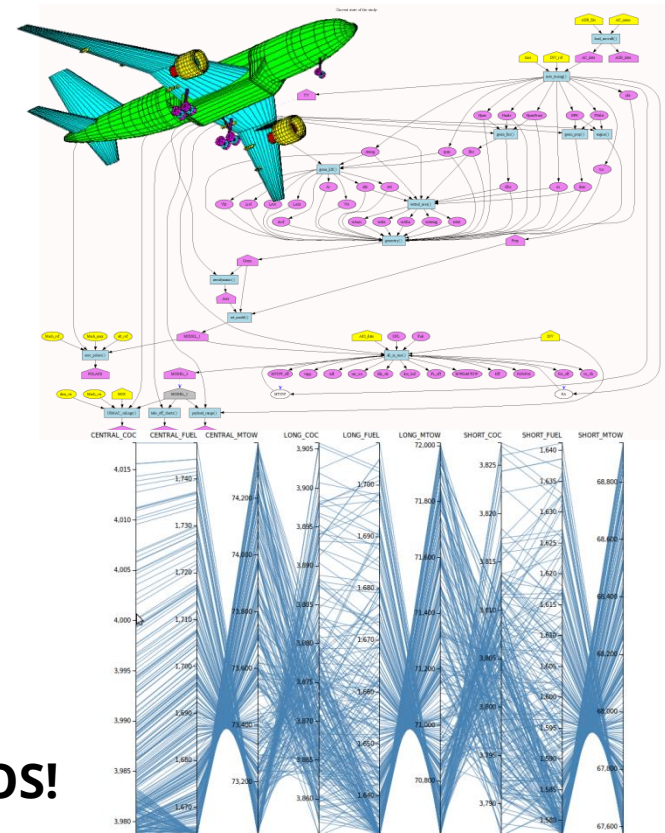
Сложность

- 9 целевых функций (операционные расходы, максимальная взлётная масса, номинальная масса топлива)
- Десятки проектных параметров
- Десятки ограничений

Результат

- Улучшение технических характеристик примерно на **5%** по сравнению с исходными конфигурациями
- Удовлетворение всем ограничениям
- Сокращение времени разработки до **20%** по сравнению с решением задачу «вручную»

Впервые решена с помощью pSeven/MACROS!



Оптимизация геометрии крыла самолёта

Задача

Оптимизировать форму крыла с целью улучшения аэродинамического качества на крейсерском полёте, уменьшения веса и стоимости крыла (статистические модели)

- Аэродинамика – 3D CFD
- Вес и стоимость – статистические модели

Проблемы

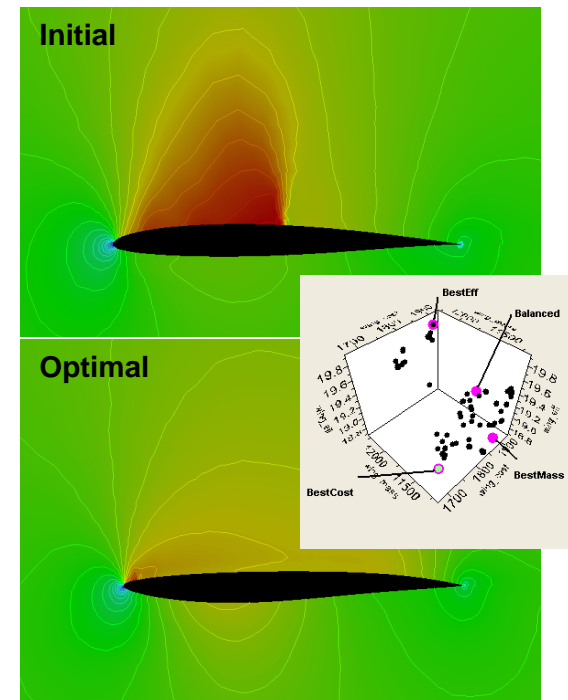
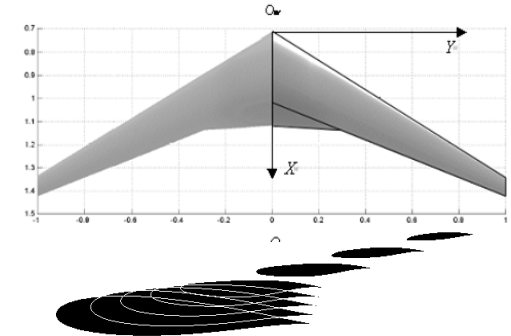
- Большая размерность – сотни параметров
- Время одного CFD расчёта – часы

Решение

- Снижение размерности исходной задачи за счёт усовершенствованной параметризации формы профиля
- Многокритериальная оптимизация на базе метамоделей

Результат

Улучшение целевых функций на **5-10%** при минимальном числе вызовов CFD!



Аэродинамическая оптимизация геометрии насадка

Задача

Обеспечить наименьшее аэродинамическое сопротивление конструкции, варьируя длину и параметры, характеризующие форму насадка, при сверхзвуковом обтекании на углах атаки $\alpha = 0^\circ, 3^\circ, 6^\circ$.

Трудности

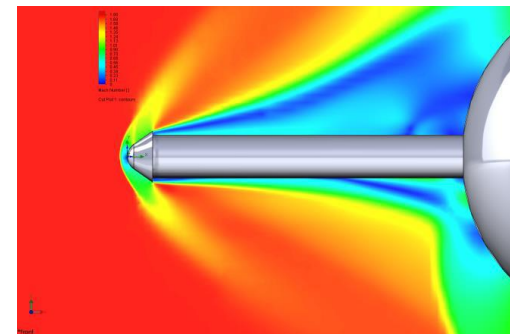
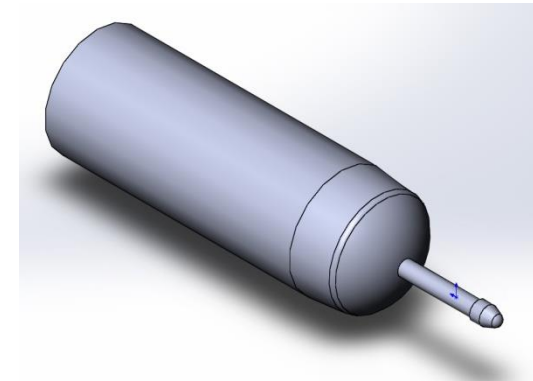
- Высокая степень нелинейности модели
- Большая вычислительная сложность:
 - Решатель FloEFD
 - Время счёта – 2-3 часов на 6 ядрах.

Решение

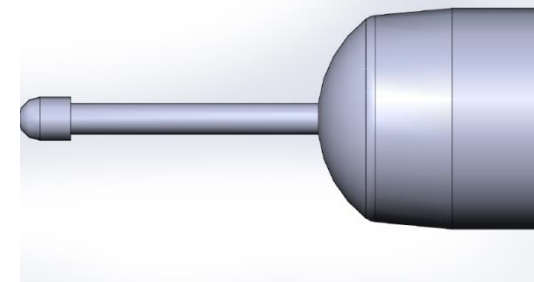
Использование pSeven для автоматизации расчётов и методов оптимизации на основе метамоделей

Результат

Сокращение сопротивления на **5%!**



Оптимальная конфигурация



Оптимизация геометрии лопатки последней ступени паровой турбины

Задача

- Поднять КПД последней ступени паровой турбины

Трудности

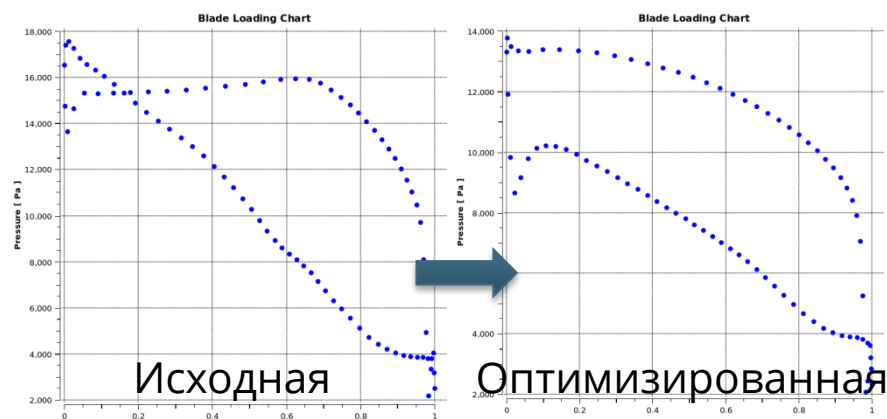
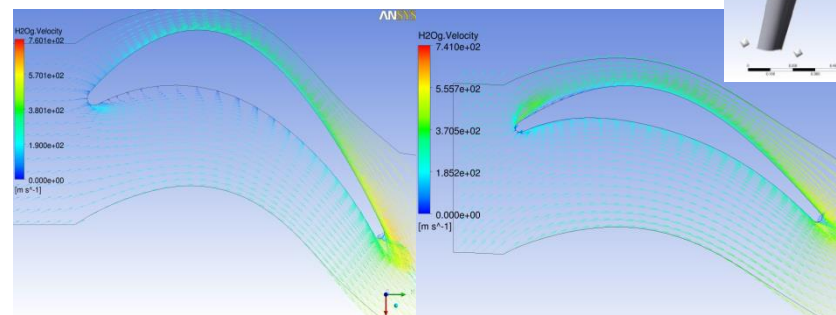
- Высокая размерность задачи
- Большое время 3D газодинамического расчёта (часы)

Решение

- Эффективное малоразмерное описание геометрии лопатки (24 параметра)
- Многоуровневая стратегия оптимизации
- Оптимизация на основе метамоделей

Результат

Оптимизация геометрии роторной лопатки позволило поднять КПД ступени на **1,8%**



Оптимизация рамы дизель-генератора

Задача

Облегчить конструкцию, обеспечив прочность и жесткость конструкции

Трудности

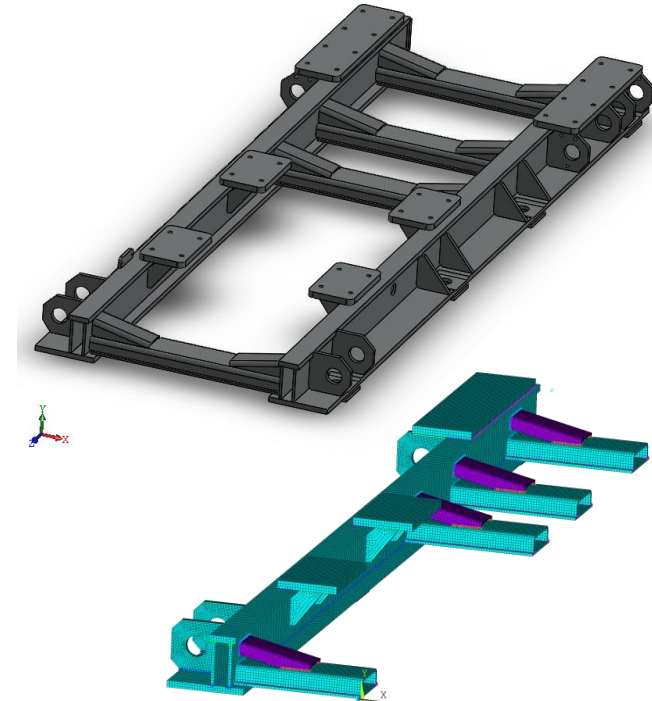
- Высокая размерность – 37 геометрических параметров
- 3 нагрузочных случая

Решение

- Использование возможностей интеграции pSeven с SolidWorks для параметрического перестроения геометрии сборки
- Оптимизация на основе метамоделей

Результат

Уменьшение массы рамы на **12%** (**170 кг**) по сравнению с начальной конфигурацией рамы



* Пилотный проект с [Центром инновационного развития СТМ](#)

Оптимизации диска турбины низкого давления

Цель оптимизации

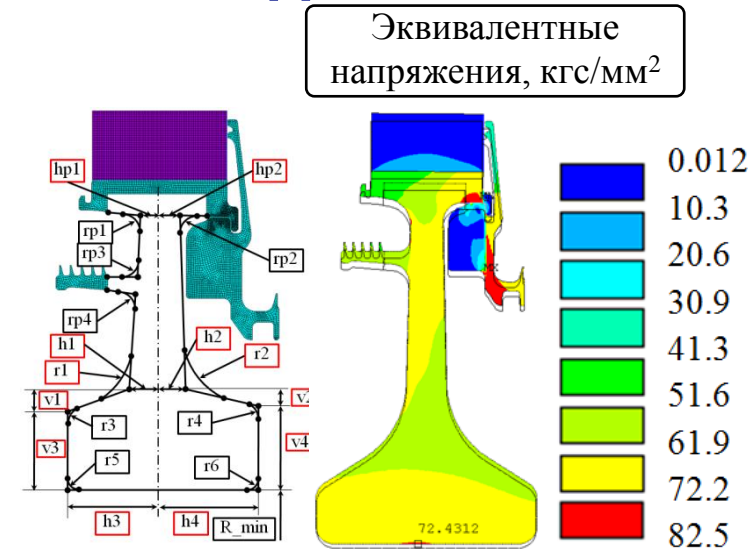
- Минимизация массы конструкции
- Уровень напряжений в ступице не более 82 кгс/мм²
- Разница радиальных перемещений выступа не более 0.07 мм

Результат оптимизации

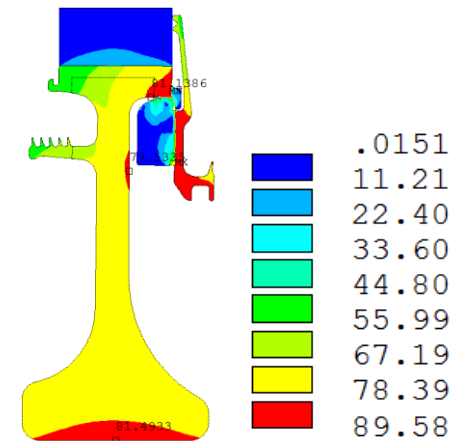
- **Уменьшение массы на 20%**
(с 30,77 до 24,48 кг)
- Напряжение – 81,5 кгс/мм²
- Перемещения – 0,068 мм
- Количество итераций – всего 400

Детали

- Варьируется 12 параметров
- Расчёт теплового состояния, напряжений и перемещений в Ansys Mechanical.



Исходная



Оптимальная

Минимизация массы композитной боковой панели болида Формула-1

Задача

Уменьшить вес боковой панели болида с учетом различных прочностных ограничений.

Анализ

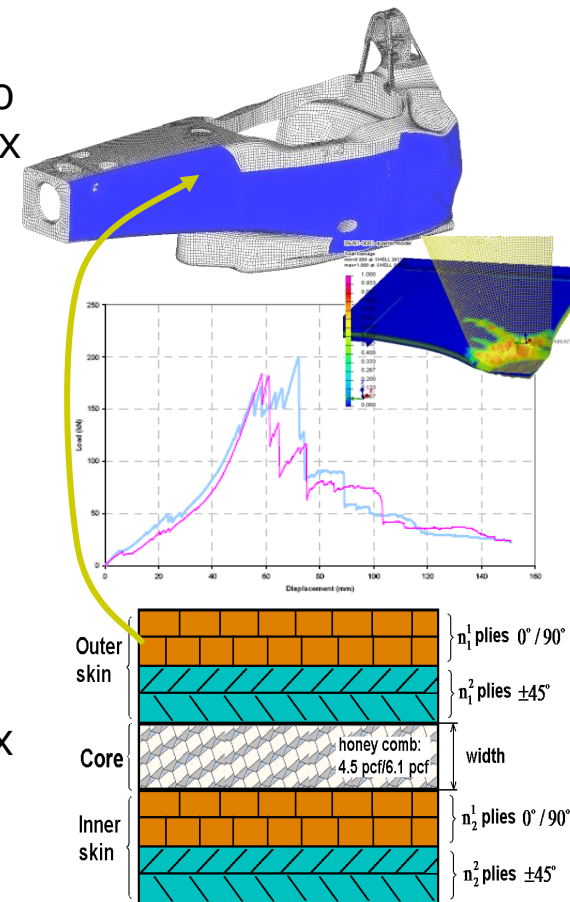
Натурные эксперименты и моделирование с помощью метода конечных элементов. Необходимость натурных экспериментов обусловлена относительно невысокой точностью численного моделирования.

Решение

- Агрегация экспериментальных данных и данных численного моделирования
- Построение метамоделей, обладающей необходимой точностью
- Оптимизация полученной метамоделей

Результат

Уменьшение на 10% массы одной из самых больших деталей болида и сокращение времени проектирования.



Содержание

- О компании DATADVANCE
- Программный комплекс pSeven
 - Зачем нужен pSeven?
 - Автоматизация расчётов и исследований
 - Математические методы
 - Визуализация и интерпретация результатов
- Некоторые примеры решенных задач
- **Заключение**

Заключение

pSeven – это пакет для автоматизации инженерных расчётов, анализа данных и многодисциплинарной оптимизации, внедрение которого позволяет

- **Улучшить характеристики проектируемых** изделий, такие как качество, производительность, надёжность, безопасность и др.
- **Сократить сроки и стоимость проектирования** новых изделий.
- **Формализовать и сохранить знание**, опыт и методики проектирования за счёт автоматизации.

Сайт

www.datadvance.net

Социальные сети



Покровский бульвар, д. 3,
стр. 1Б
109028, Москва
Tel: +7 495 781 60 88

building 74 A, E 18, Willy-
Messerschmitt-Strasse 1
D 8552, Ottobrunn, Germany
Tel: +49 (89) 6073-58-67

18 rue Marius Tercé,
31300, Toulouse, FRANCE
Tel: +33 (5) 61 16 88 92