

На нас рассчитывают!

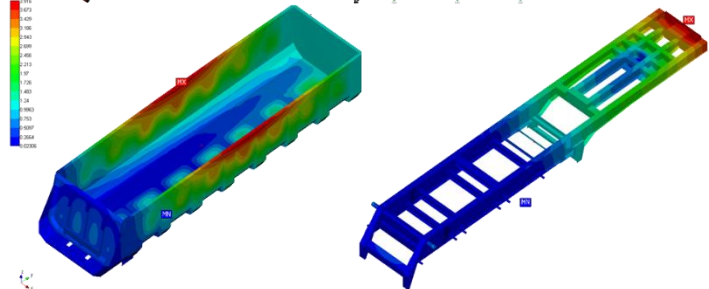
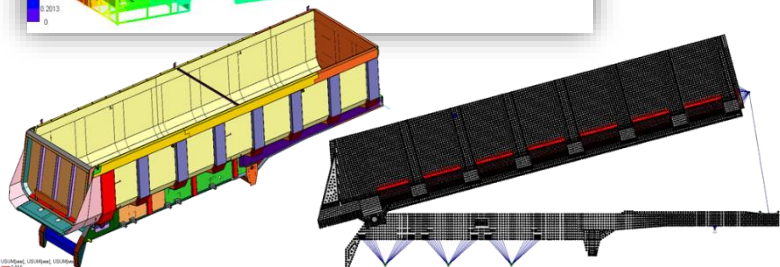
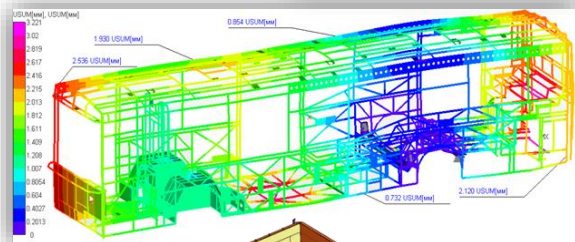
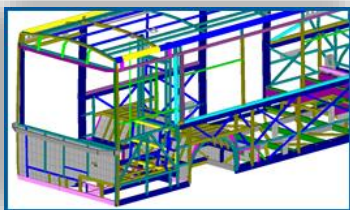
Сергей Розинский
НТЦ «АПМ»

День
машиностроителя
с АСКОН **2019**

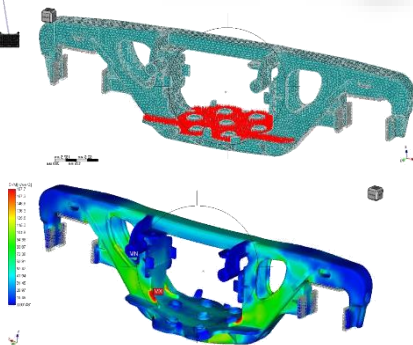
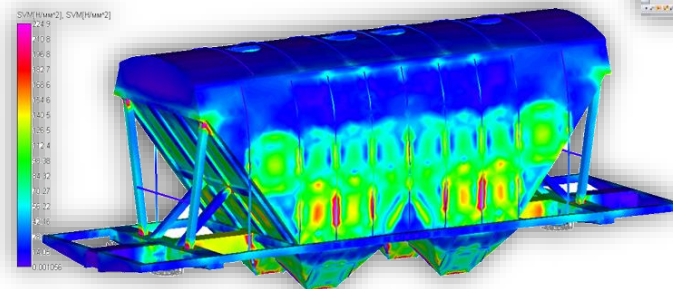
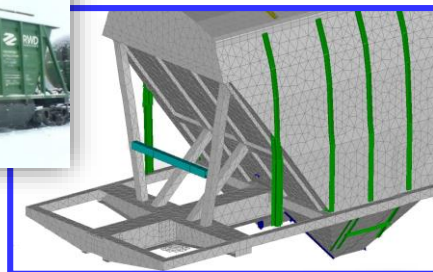
mday.ascon.ru



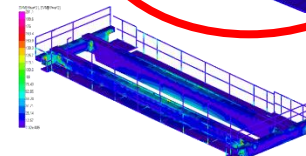
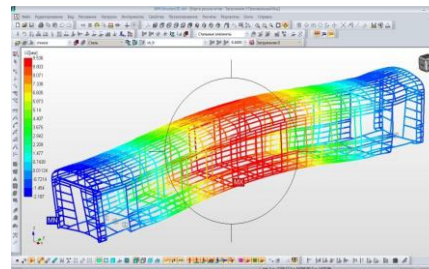
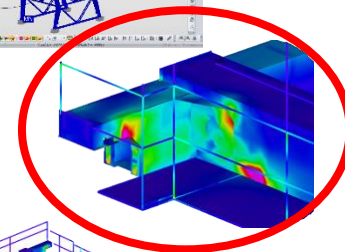
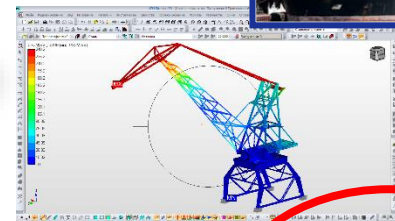
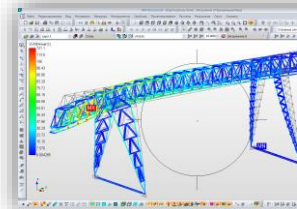
Автомобильная промышленность



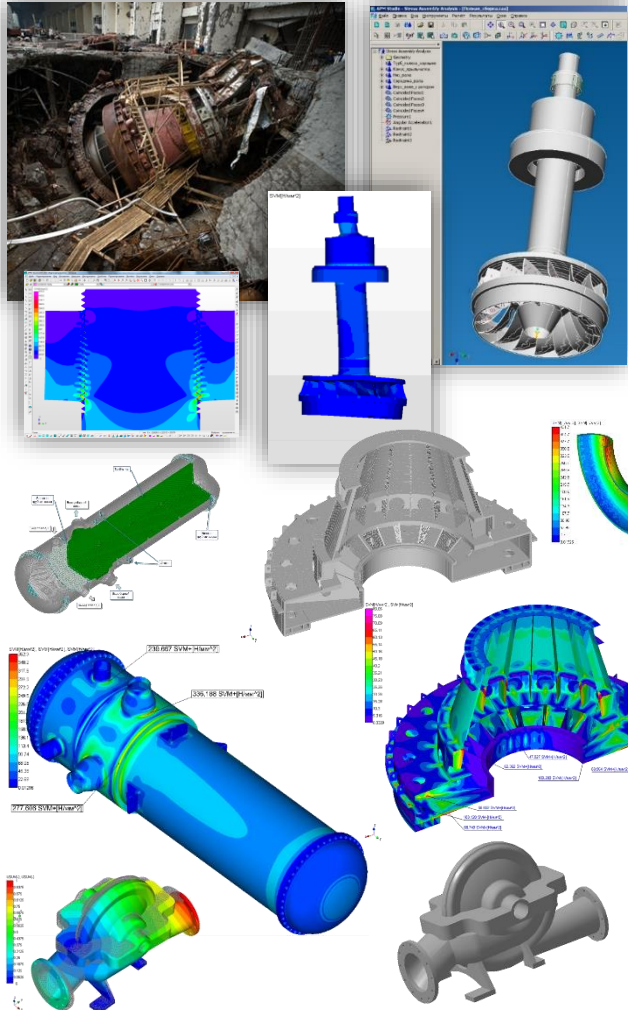
Железнодорожный транспорт



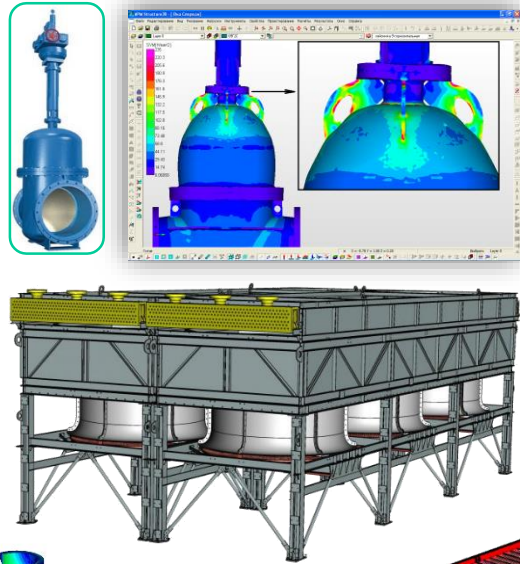
Подъемно-транспортное машиностроение



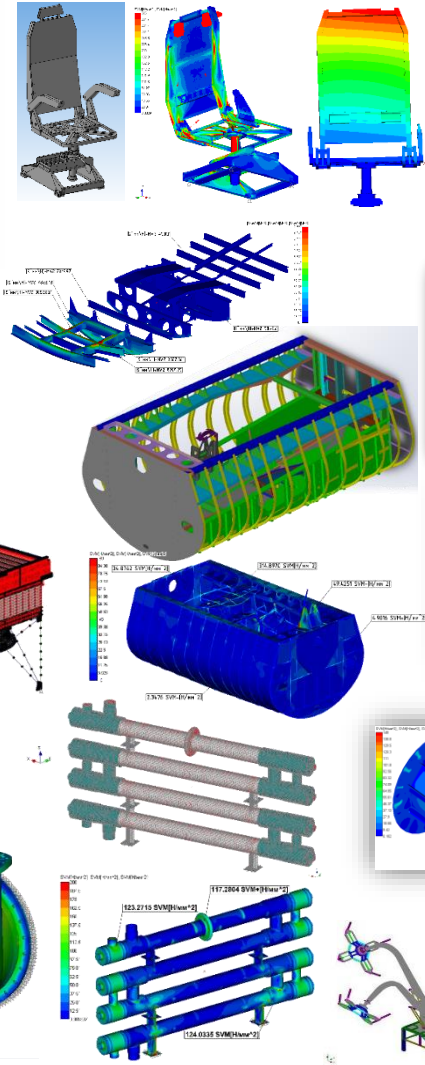
Энергетика (оборудование ГЭС и АЭС)



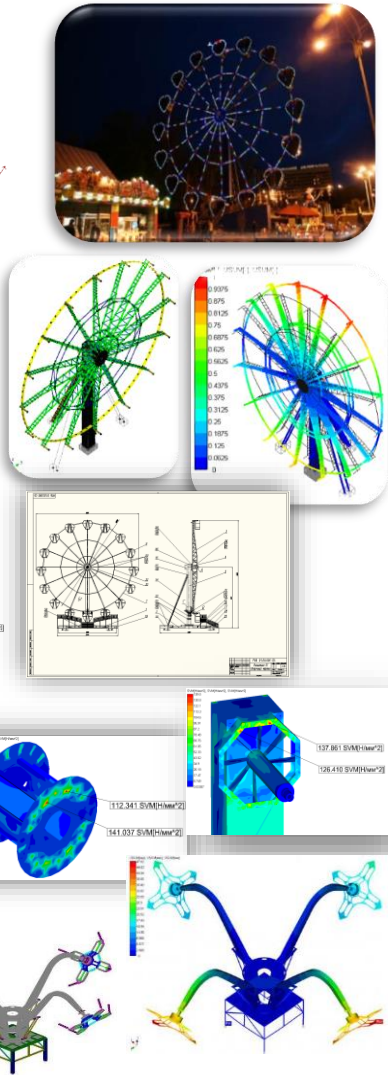
Нефте-газовая отрасль



Авиация



Индустрия развлечений



Вспомним основные требования к изделиям?

| Требование потребителя | Техническая суть |
|-----------------------------------|---|
| Обеспечить заданные ТТХ | Принципиальная схема и конструкция |
| Противостоять внешним нагрузкам | Прочность и устойчивость |
| Эстетическая привлекательность | Дизайн и «юзабилити» |
| Отработать заданный ресурс (срок) | Усталостный расчет |
| Энергоэффективность | Повышение КПД «внутренних и внешних» процессов |
| Минимизация массы | Топологическая оптимизация |
| Технологичность | Простота и универсальность |

КОНСОРЦИУМ

РАЗВИТИЕ

РОССИЙСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ



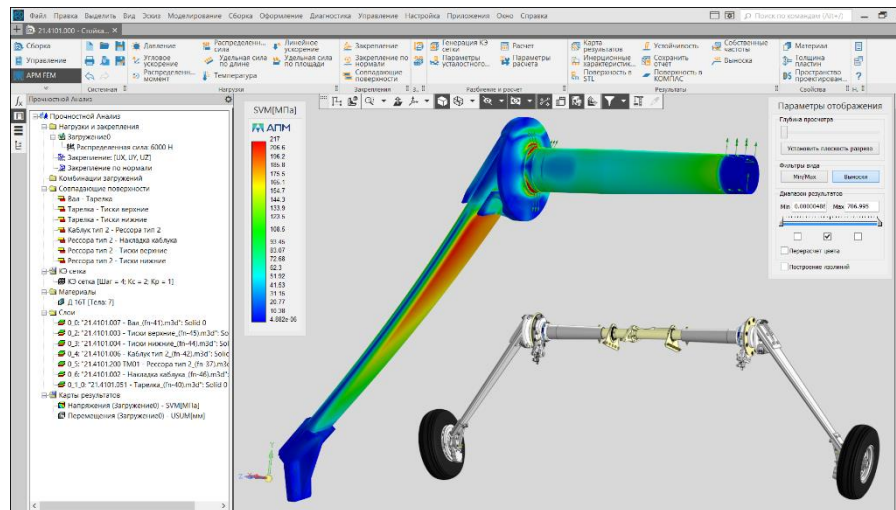
**Чтобы удовлетворить всем требованиям нужна
совместная работа конструктора и расчетчика!**

Эффективность увеличится, если применять двухуровневую систему решений! То есть использовать «легкие» и «тяжелые» САЕ-решения!

Система прочностного анализа APM FEM для КОМПАС-3D

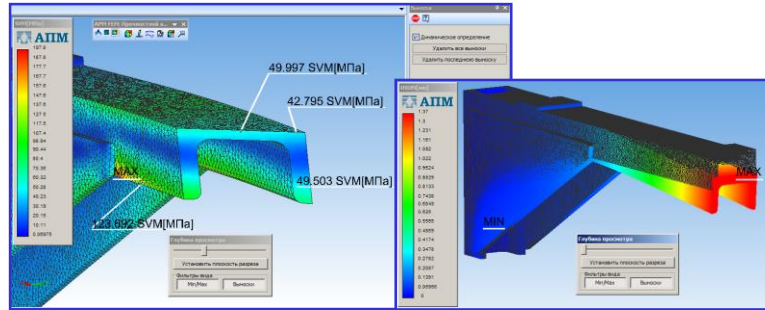
Типы расчетов:

- ✓ Линейный статический расчет
- ✓ Усталостный расчет
- ✓ Расчет устойчивости
- ✓ Расчет собственных частот (резонанса) и собственных форм колебаний
- ✓ Решение задачи стационарной теплопроводности
- ✓ Решение задачи термоупругости (при совместном выполнении статического и теплового расчетов)
- ✓ Топологическая оптимизация



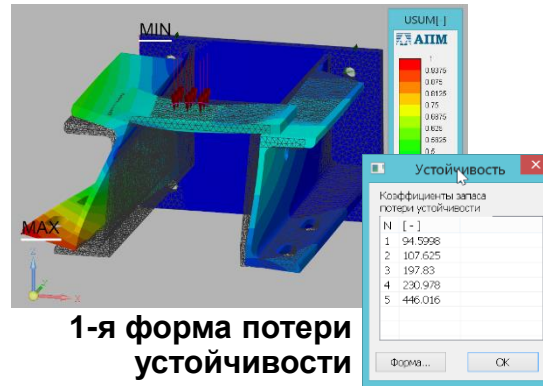
Система прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D

Статический расчет



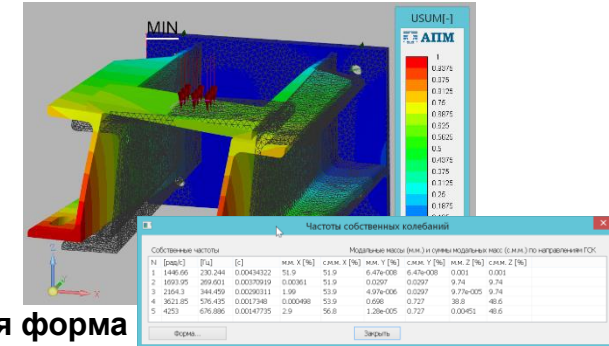
Напряжения SVM, МПа Перемещения USUM, мм

Устойчивость



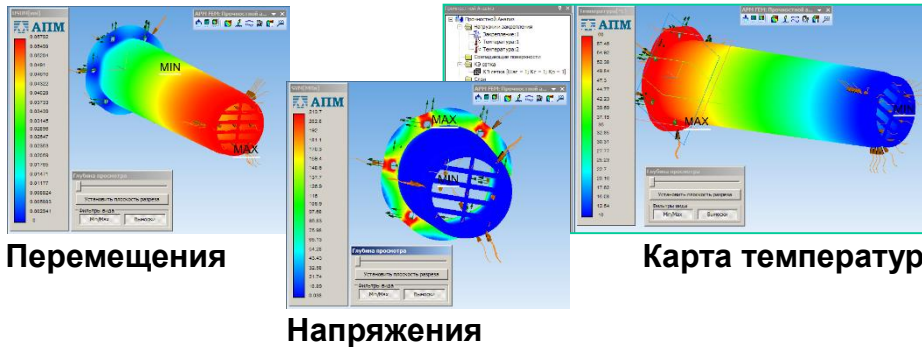
1-я форма потери устойчивости

Собственные частоты



1-я форма собственных колебаний

Тепловой расчет

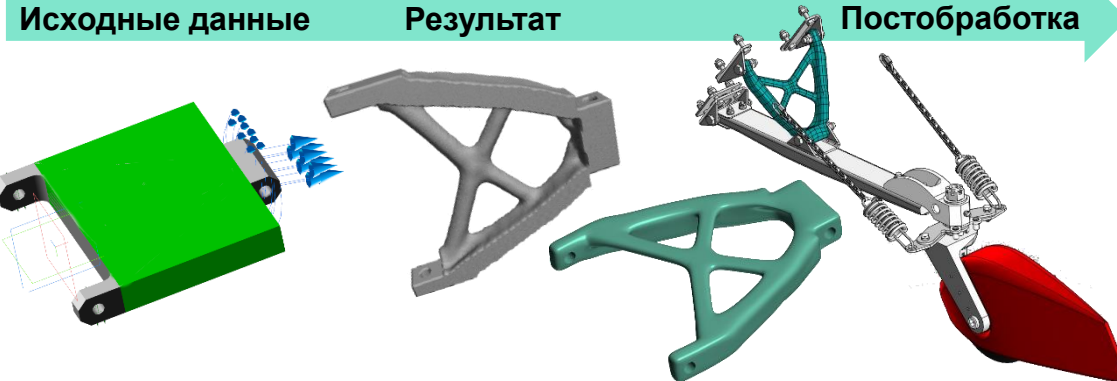


Перемещения

Карта температур

Напряжения

Топологическая оптимизация



Исходные данные

Результат

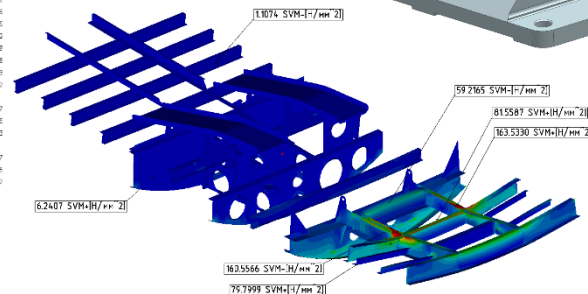
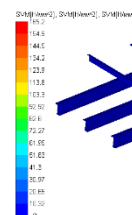
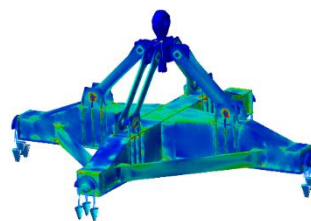
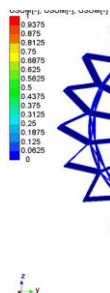
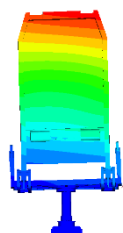
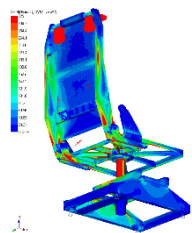
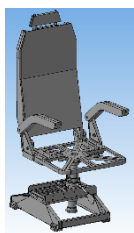
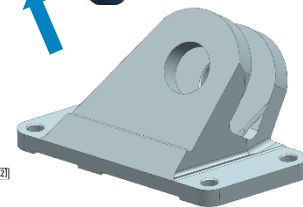
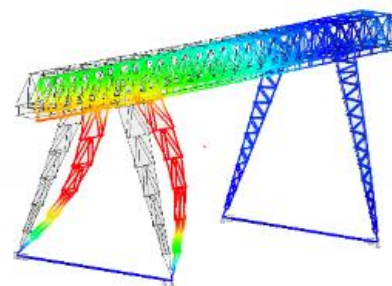
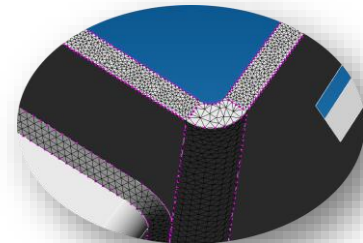
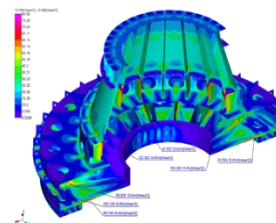
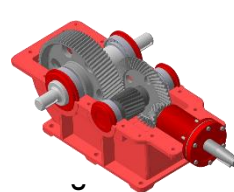
Постобработка

Если возможностей АРМ FEM для КОМПАС-3D не хватает, то необходимо передача расчетной модели в модуль прочностного анализа АРМ Structure3D, который является расчетным ядром российской САЕ-системы АРМ WinMachine (разработка НТЦ «АПМ»)



APM WinMachine – основные возможности

- ✓ Расчеты деталей машин
- ✓ Расчеты соединений элементов конструкций
- ✓ Расчеты механизмов
- ✓ Генерация конечно-элементных сеток
- ✓ Анализ прочности конструкций



APM WinMachine

расчеты деталей машин и механизмов



APM Drive

Проектирование привода вращательного движения произвольной структуры



APM Trans

Расчет и проектирование механических передач вращения



APM Shaft

Расчет и проектирование валов и осей



APM Bear

Расчет и проектирование подшипниковых узлов качения



APM Plain

Расчет и проектирование подшипников скольжения



APM Spring

Расчет и проектирование упругих элементов машин



APM Screw

Расчет неидеальных винтовых передач



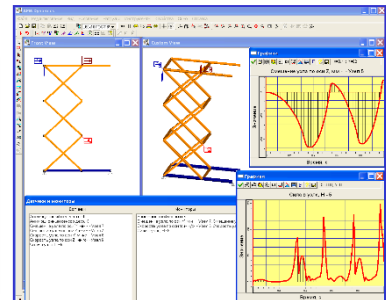
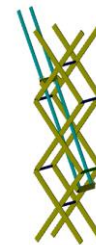
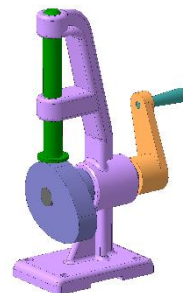
APM Cam

Расчет и проектирование кулачковых механизмов



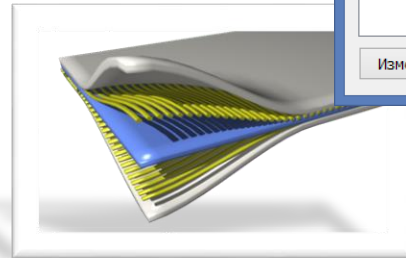
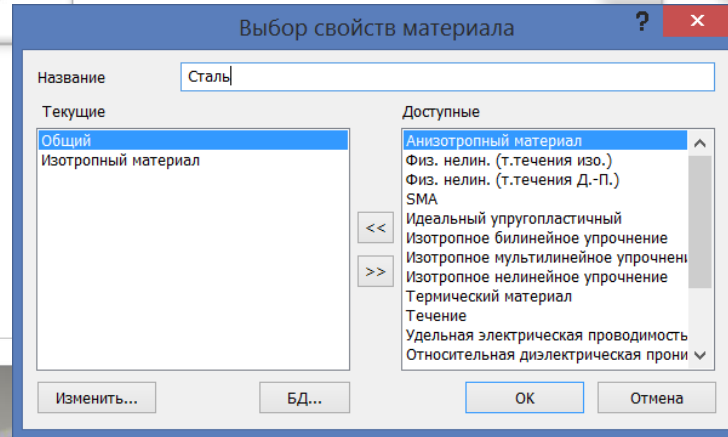
APM Dynamics

Кинематический анализ рычажных механизмов



APM WinMachine – работа с материалами

- Изотропные
- Ортотропные
- Анизотропные
- Композиционные



APM WinMachine – анализ прочности



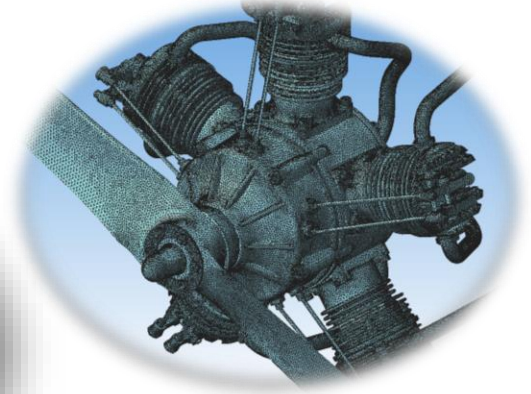
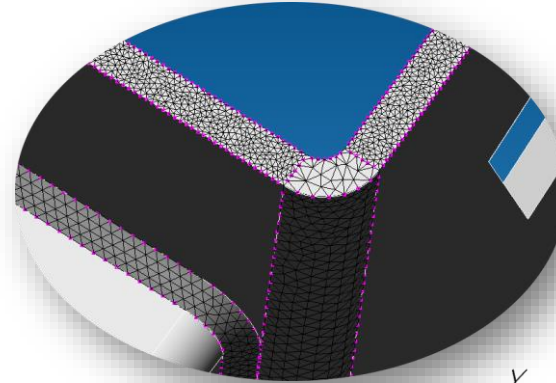
APM Structure3D

Анализ НДС, устойчивости, собственных и вынужденных колебаний деталей и конструкций методом конечных элементов



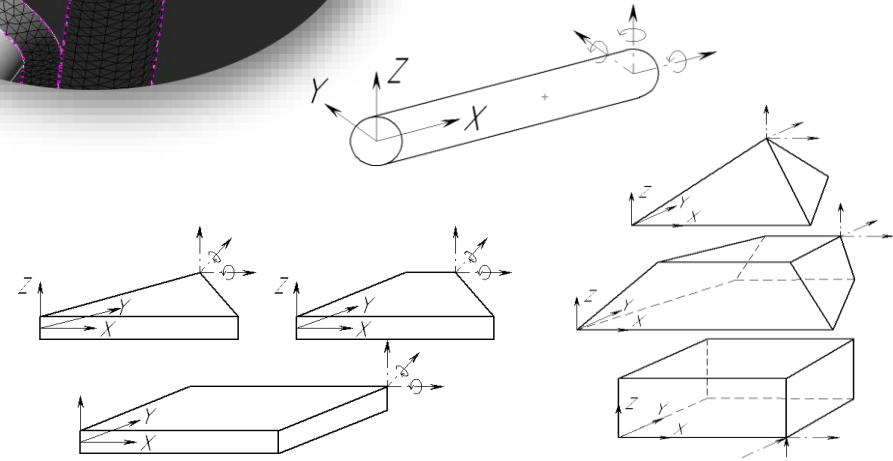
APM Studio

Пре- и постпроцессор создания моделей для прочностного (конечно-элементного) анализа



Типы конечных элементов

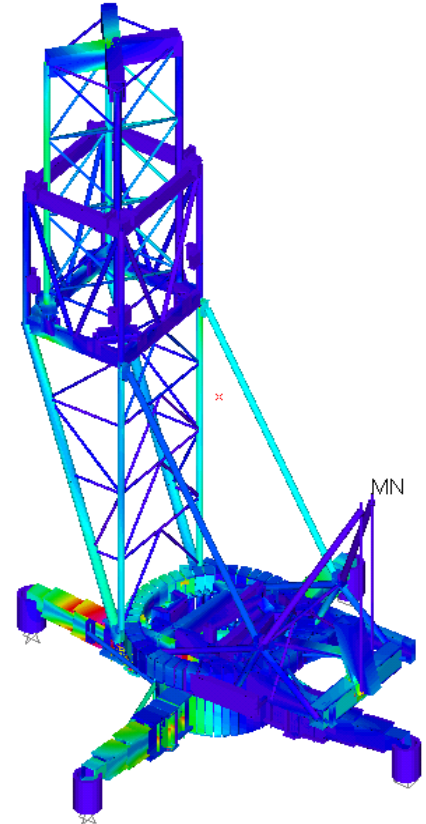
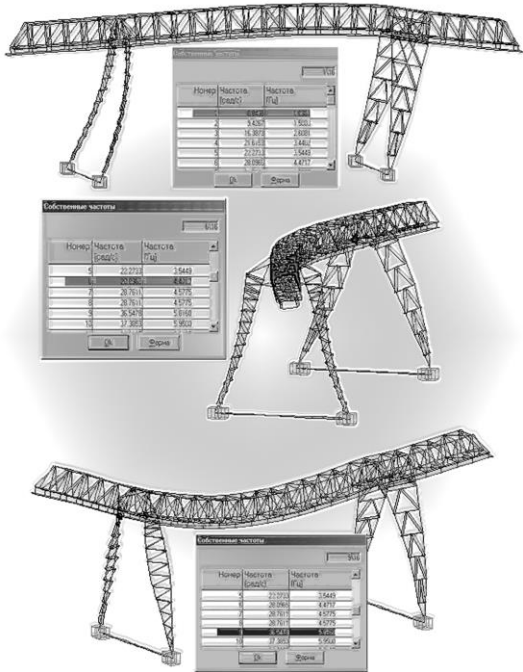
- **Стержневые**
(произвольных поперечных сечений)
- **Гибкие элементы**
(канаты, тросы и ванты односторонней и двусторонней жесткости)
- **Оболочочные, пластинчатые**
(треугольные и четырехугольные)
- **Твердотельные**
(изопараметрические первого порядка (четырёх-, шести- и восьмиузловые) и высших порядков (десяти- и двадцатиузловые))
- **Специальные элементы**
(PIPE, упругие связи, упругие опоры, контактные элементы, сосредоточенные массы и моменты инерции и т.д.)



APM WinMachine – анализ прочности

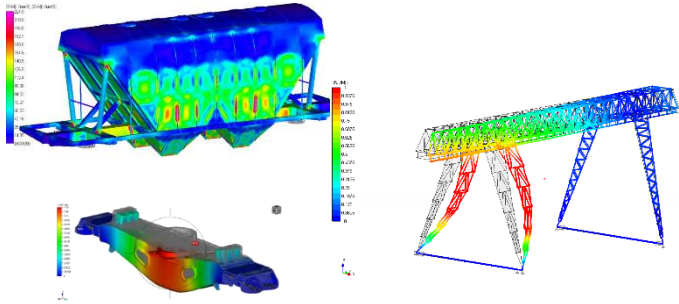
Типы расчетов

- ✓ **ЛИНЕЙНЫЙ СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ**
(в том числе с учетом поля температур)
- ✓ **РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ**
- ✓ **РАСЧЕТ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ**
(в том числе с предварительным нагружением)
- ✓ **НЕЛИНЕЙНЫЙ РАСЧЕТ**
(учет физической и геометрической нелинейности)
- ✓ **РАСЧЕТ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ**
(по произвольному графику вынуждающей силы)
- ✓ **РАСЧЕТ СТАЦИОНАРНОЙ и НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**
- ✓ **РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ**
- ✓ **ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ**

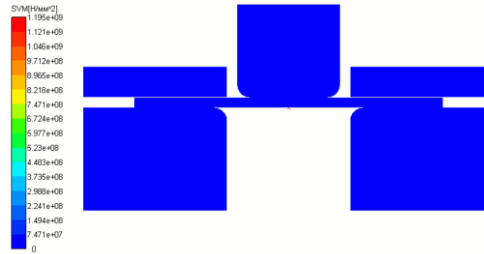


APM WinMachine – результаты расчетов

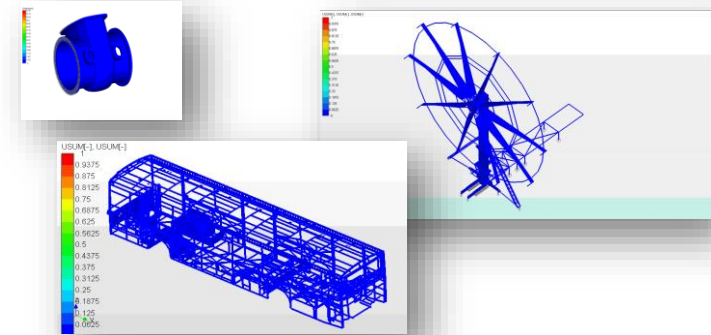
Линейные решения



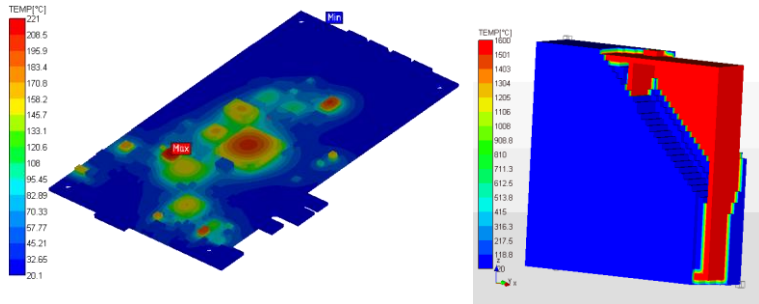
Нелинейные решения



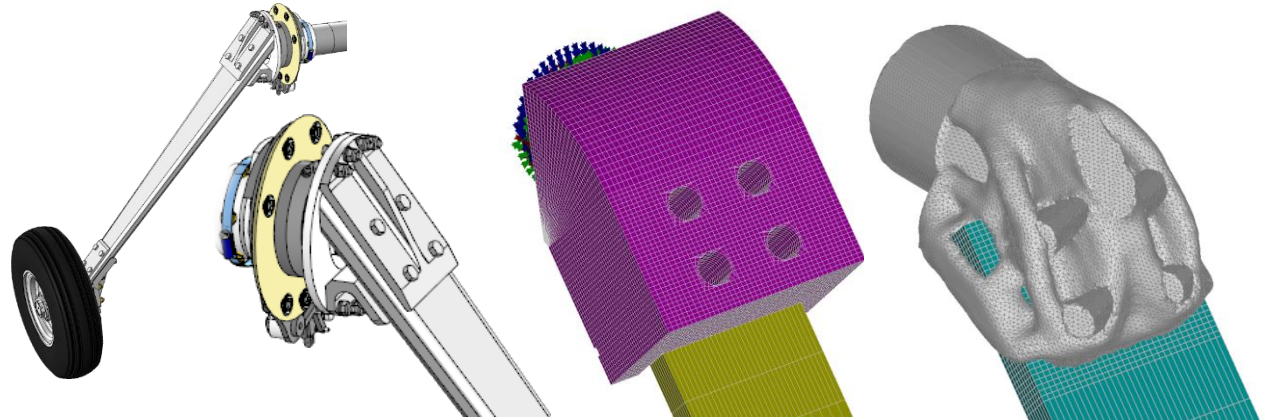
Динамический анализ



Тепловой анализ

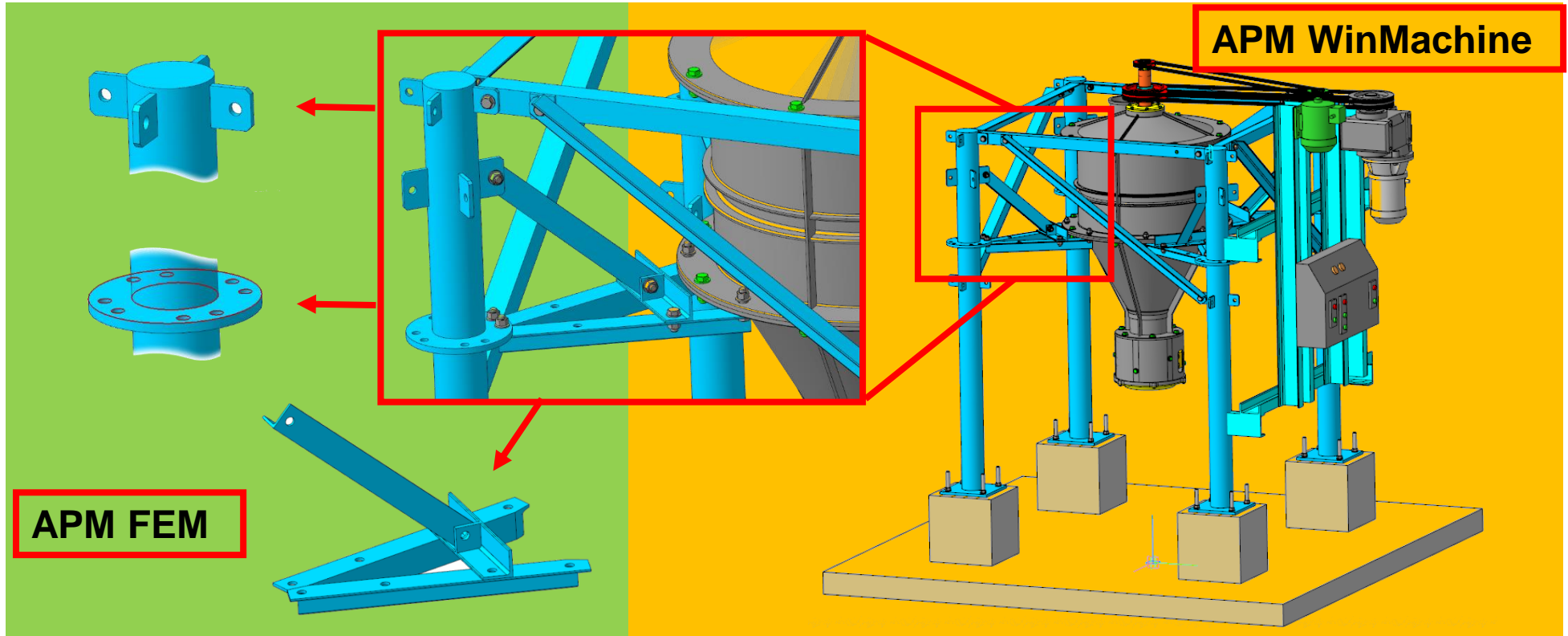


Топологическая оптимизация конструкций



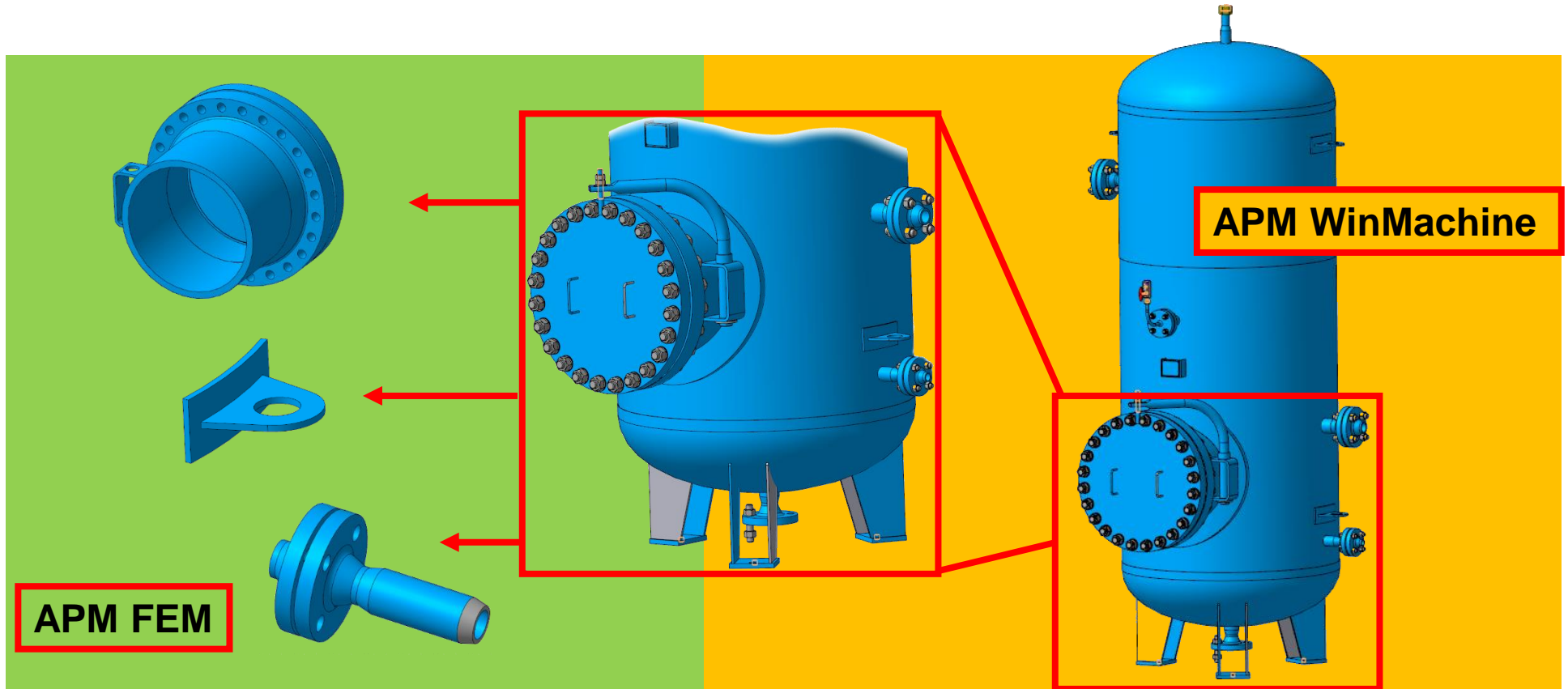
Пара простых примеров...

Что посчитать в APM FEM, а что в APM WinMachine?



Пара простых примеров...

Что посчитать в APM FEM, а что в APM WinMachine?



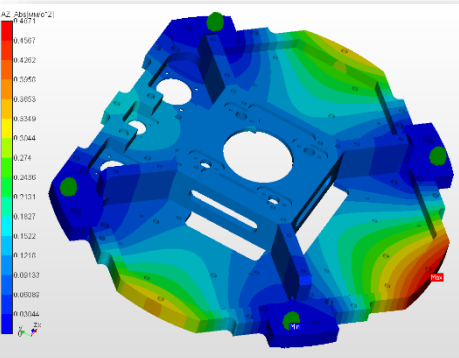
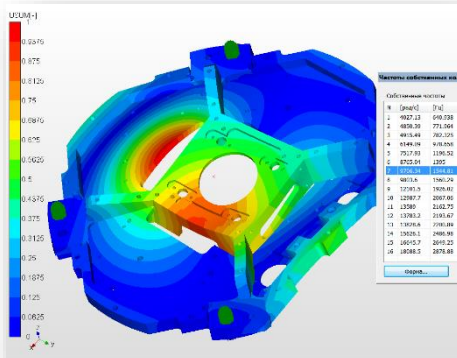
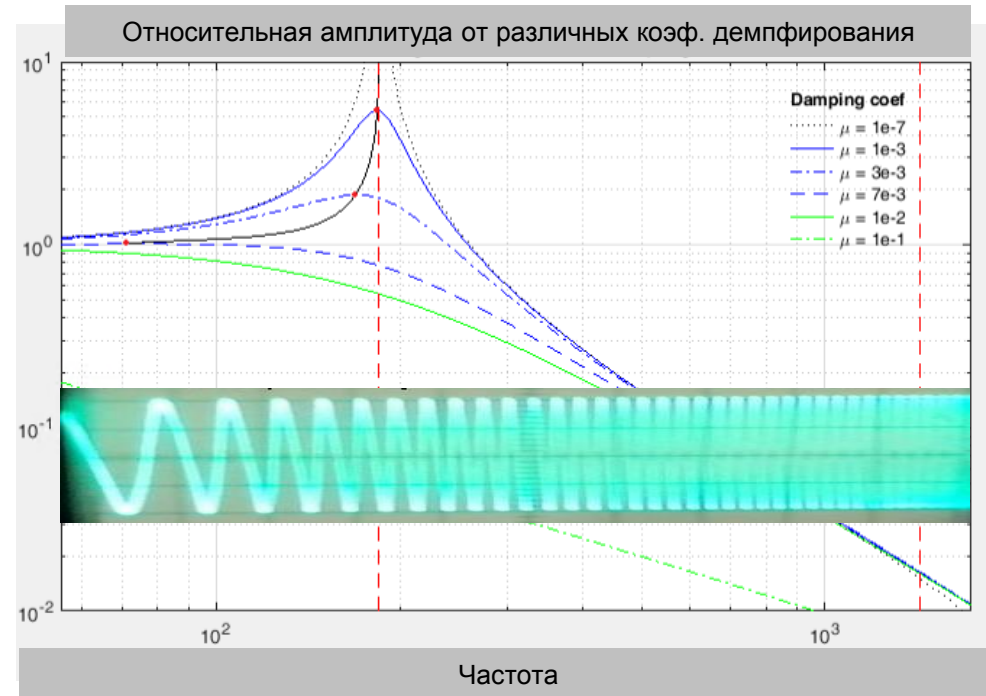
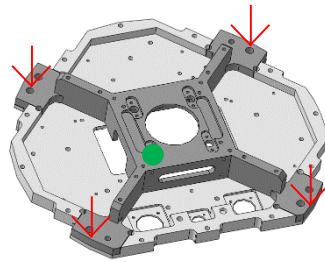
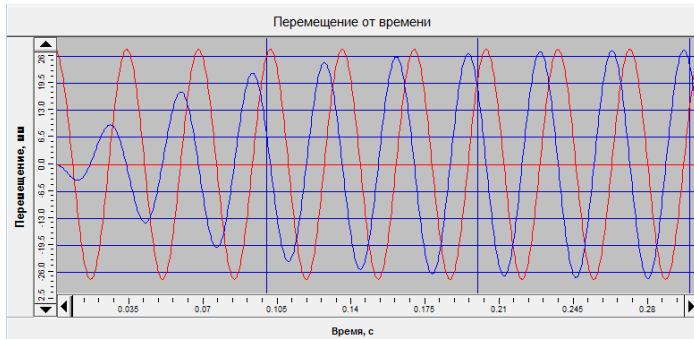
A stylized illustration in a graphic, blocky style. It depicts three figures in profile, facing right. The first figure is a man in a white shirt and tie. The second is a woman in a yellow top. The third is a man wearing a grey hard hat and a grey jacket, holding a large grey object. The background features a red, textured upper section and a yellow, textured lower section with faint outlines of industrial structures and windows.

Делали, делаем и будем делать!

Краткий отчет за пятилетку
и планы на будущее...

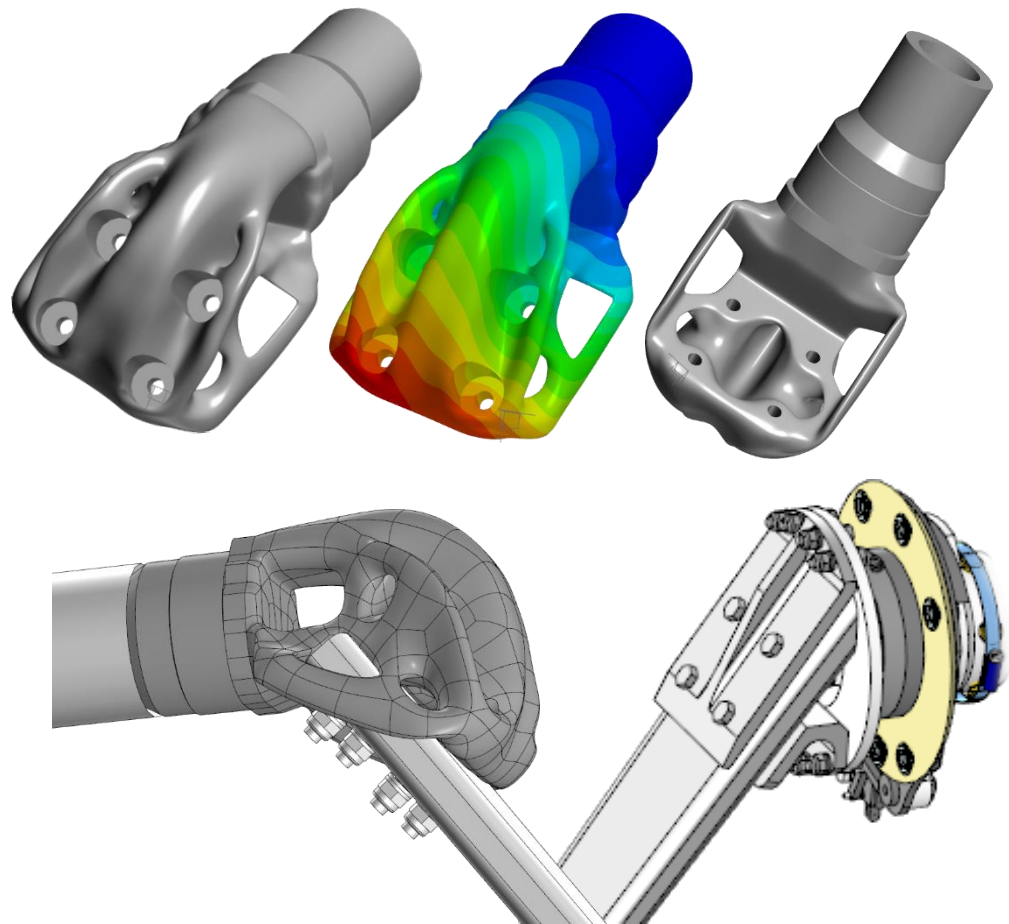
Гармонический анализ

При гармоническом анализе находится решение для установившихся вынужденных колебаний для заданного пользователем диапазона частот



Топологическая оптимизация

- ✓ Синтез формы новых конструкций
- ✓ Оптимизация существующих конструкций
- ✓ Самостоятельное формирование пользователем оптимизационной задачи (задание целевой функции и ограничений)
- ✓ Учет технологических ограничений
- ✓ Экспорт результатов расчета в STL



Механика разрушения

Анализ трещиностойкости конструкций

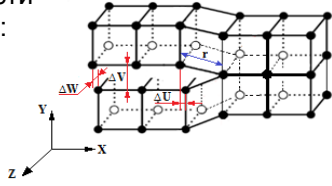
Статический анализ

Коэффициент интенсивности напряжений:

$$K_I = \sqrt{2\pi} \frac{2G\Delta V}{(1+\mu)\sqrt{r}}$$

$$K_{II} = \sqrt{2\pi} \frac{2G\Delta U}{(1+\mu)\sqrt{r}}$$

$$K_{III} = \sqrt{2\pi} \frac{2G\Delta W}{\sqrt{r}}$$

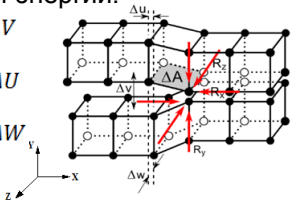


Интенсивность выделения энергии:

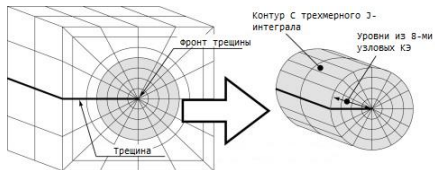
$$G_I = \frac{1}{2\Delta A} R_Y \Delta V$$

$$G_{II} = \frac{1}{2\Delta A} R_X \Delta U$$

$$G_{III} = \frac{1}{2\Delta A} R_Z \Delta W$$



Нелинейный анализ

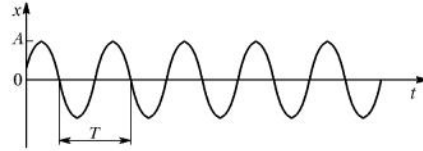


Инвариантный J-интеграл: $J = W - U$

Усталостный анализ

Повторно-переменная нагрузка

$$N = \frac{1}{C_0 \left(\frac{\Delta K}{\sqrt{L_0}}\right)^m} \left(\frac{1}{2} - 1\right) \left(\frac{1}{L_0^2 - 1} - \frac{1}{L_C^2 - 1}\right)$$

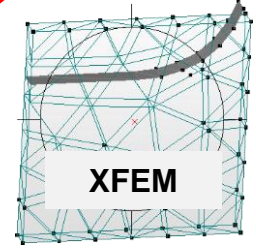
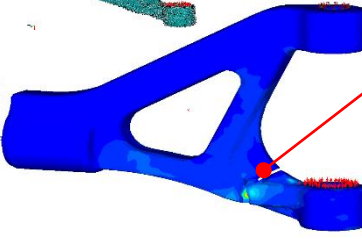
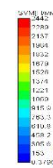
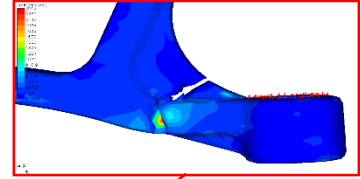
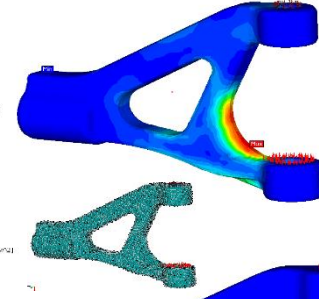
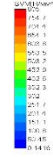
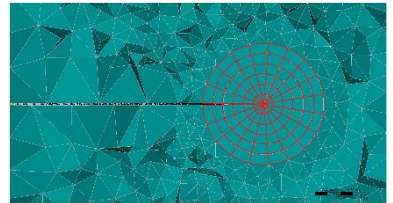
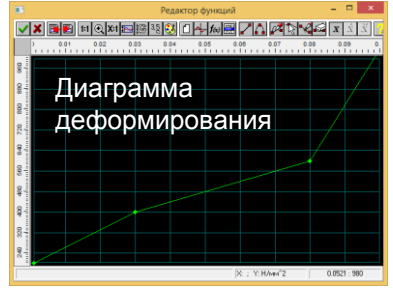
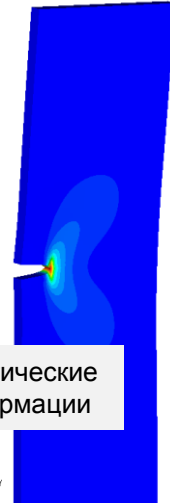


Случайная нагрузка

$$DF = \sum_{i=1}^I \frac{0,5FSF}{N_{pi}} \quad FSF = \frac{1}{\sum_{i=1}^I \frac{0,5}{N_{pi}}}$$

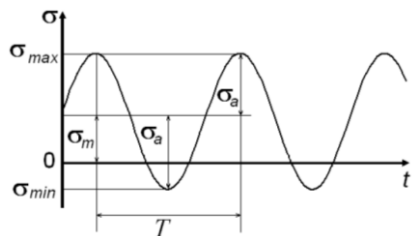
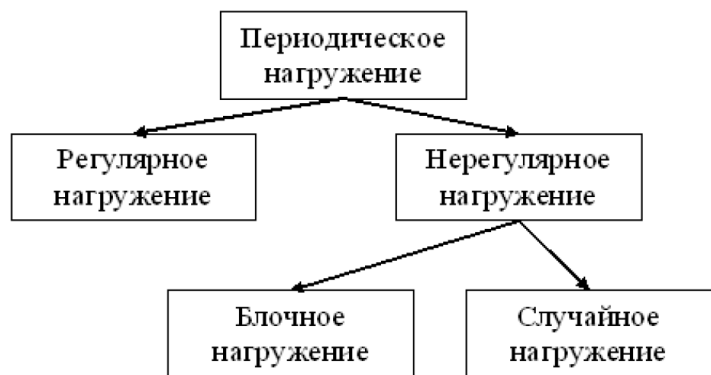


Пластические деформации

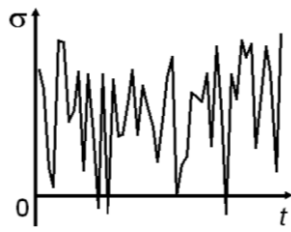


Выносливость

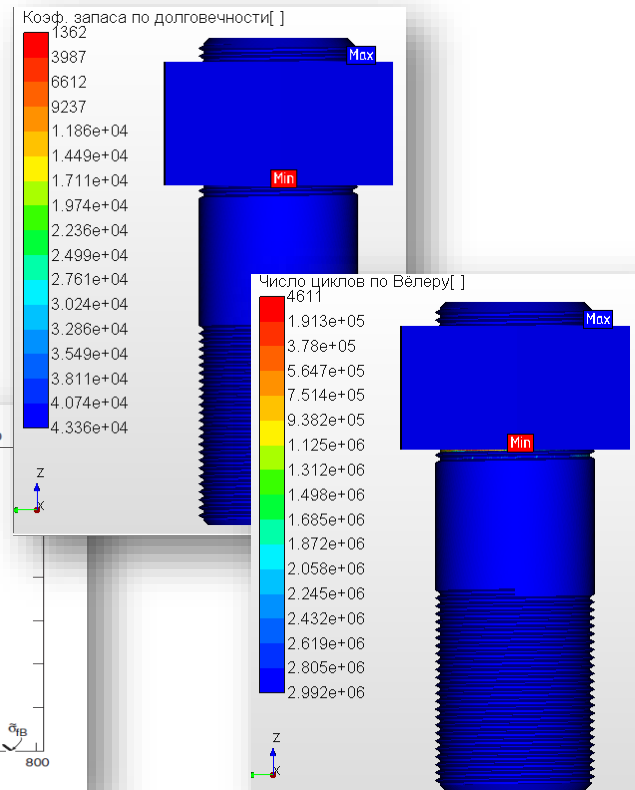
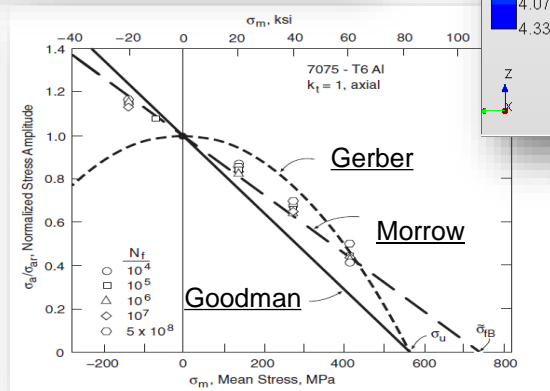
Усталостные расчеты по нескольким методикам приведения к симметричному циклу



Регулярное нагружение

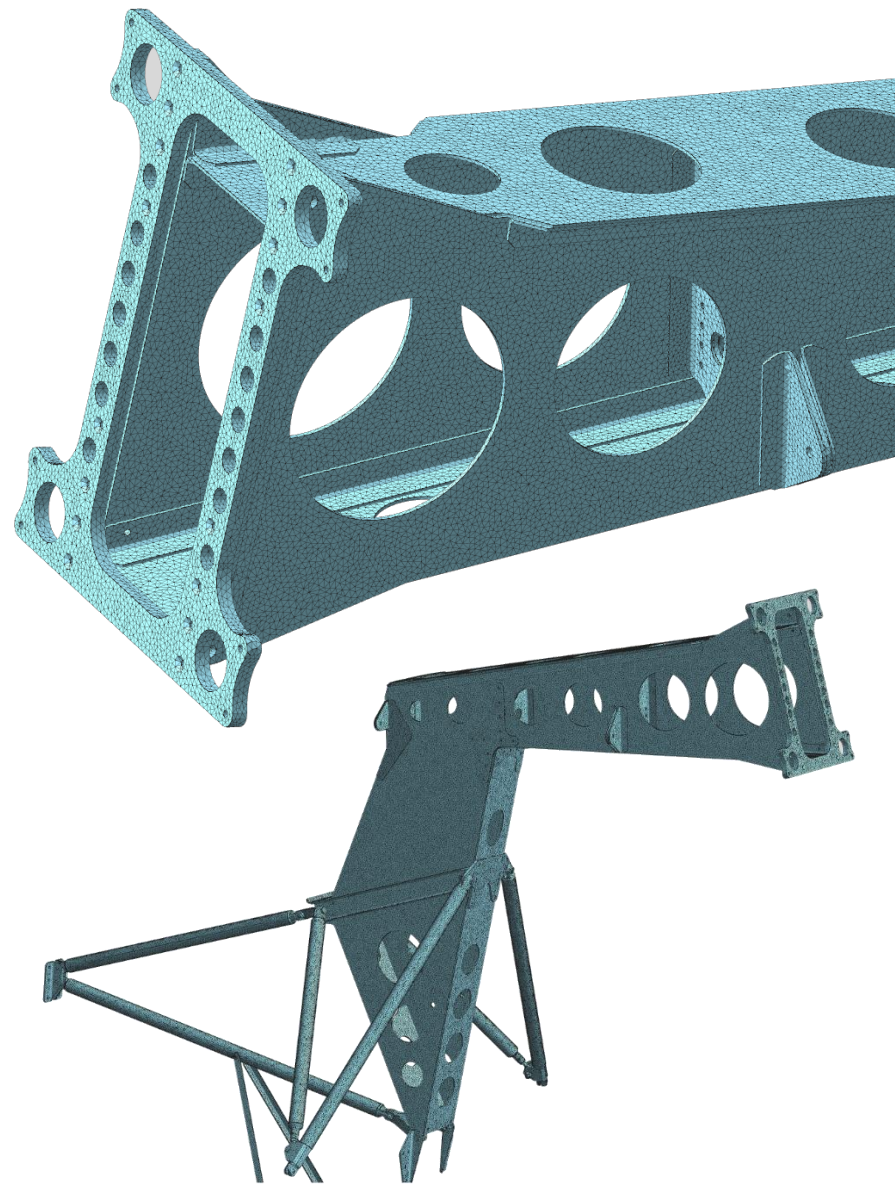
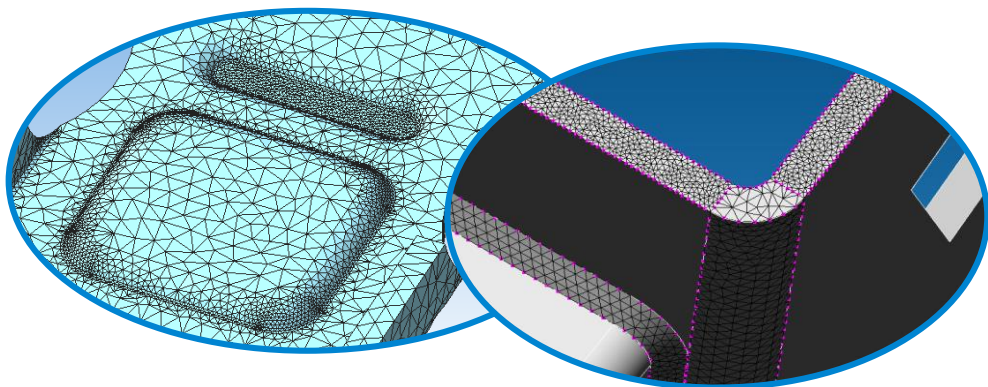


Случайной нагружение



Генерация конечно-элементных сеток

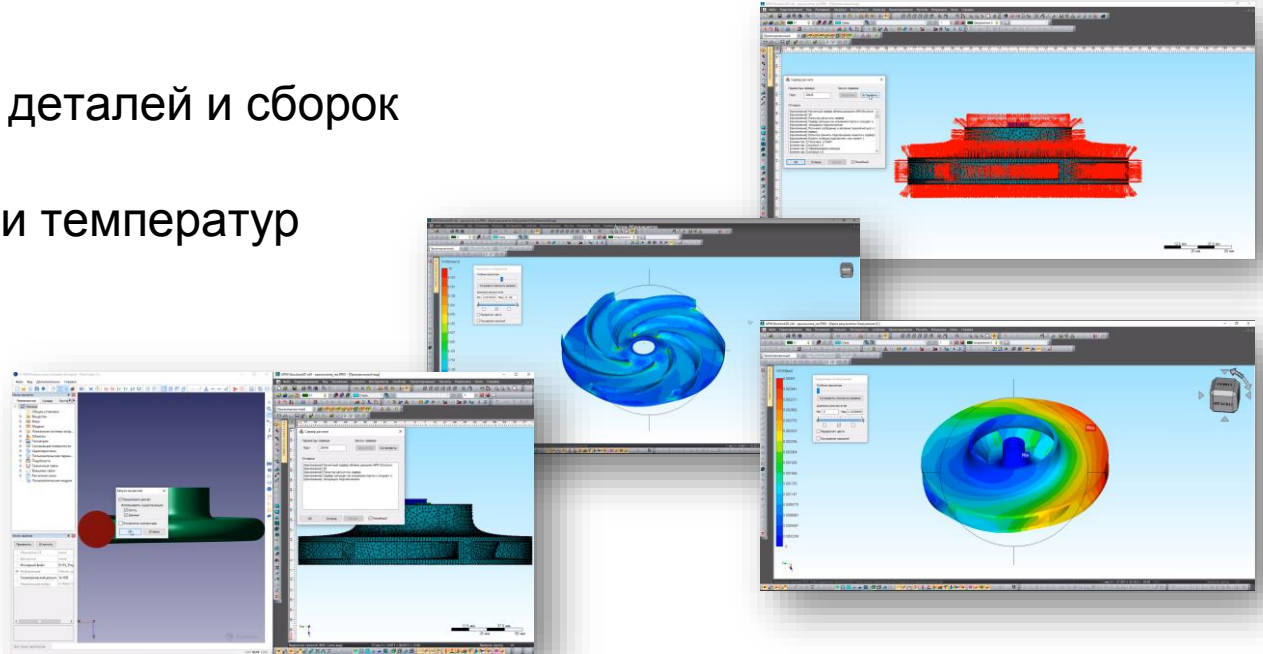
- ✓ Совершенствование генератора КЭ-сеток
- ✓ Автоматический подбор шага разбиения, исходя из анализа габаритов деталей



Расчет FSI

Интеграция продуктов APM с FlowVision (ТЕСИС) для проведения расчета FSI (Fluid-Structure Interaction – анализ напряженно-деформированного состояния с учетом результатов газо-гидродинамического анализа)

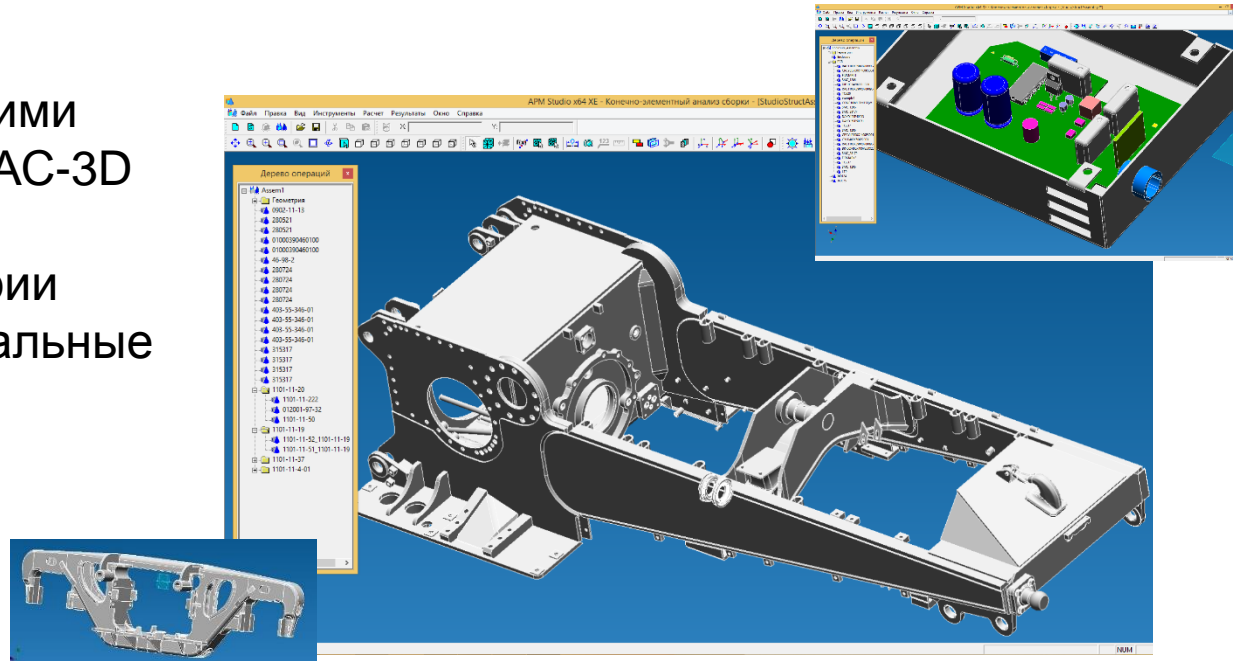
- ✓ Возможность расчета деталей и сборок
- ✓ Учет полей давлений и температур



Переход на геометрическое ядро C3D

Перевод пре- и постпроцессора для прочностного анализа APM Studio (входит в состав продукта APM WinMachine) на новое геометрическое ядро C3D

- ✓ Прямой обмен геометрическими моделями с системой КОМПАС-3D
- ✓ Улучшение качества геометрии при передаче через универсальные обменные форматы





Планы на ближайшее будущее...

Расчеты «свободных» конструкций

Расчет гиперупругих материалов

Роторная динамика

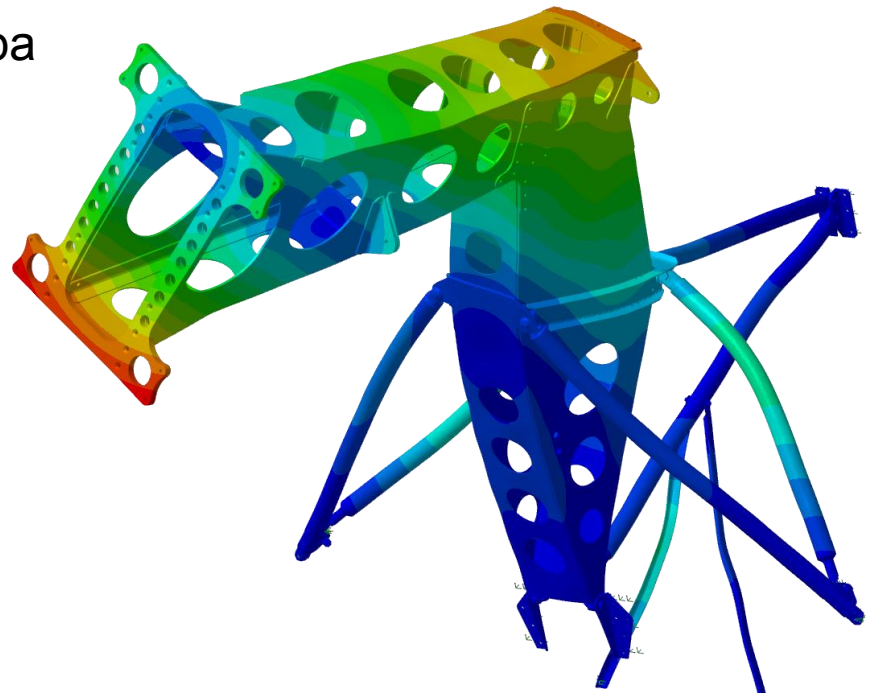
Анализ ударного взаимодействия тел

Развитие АРМ FEM для КОМПАС-3D

...

Сложные задачи! Сомневаетесь в своих силах?

- ✓ Выполнение пилотных проектов от вендора
- ✓ Обучение специалистов предприятия
- ✓ Техническое сопровождение



У вас есть и конструкторы, и расчетчики?!

Нам есть, что предложить!

