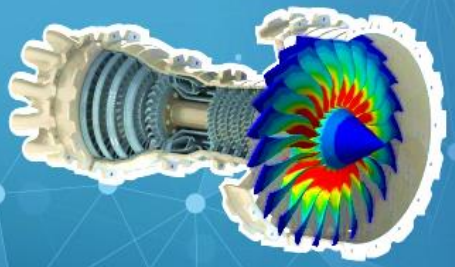
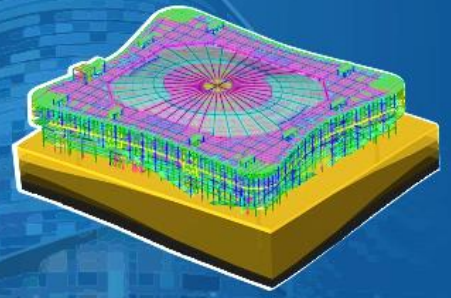




Инженерные расчеты для судостроения

Ризван Шахбанов

АПМ

Российский производитель CAE-систем

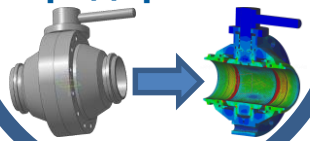
АПМ

>25
Лет на рынке

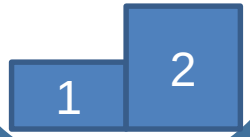
2000
Клиентов

>10000
Лицензий

Расчеты по заказу предприятий

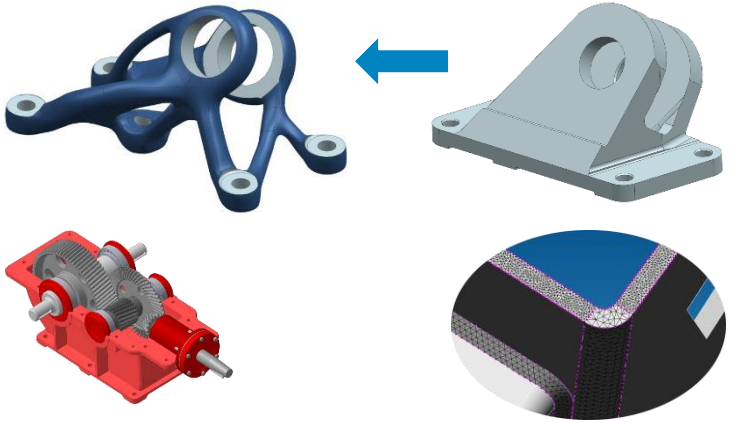


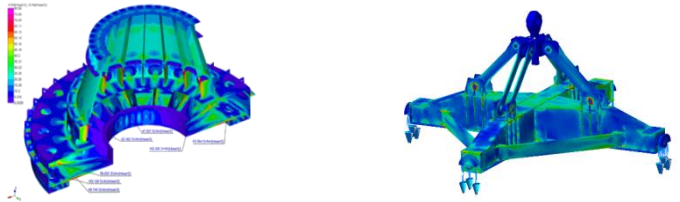
Двух-уровневая схема решений

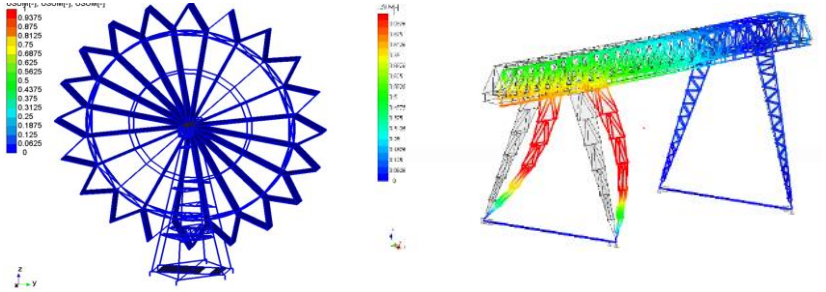


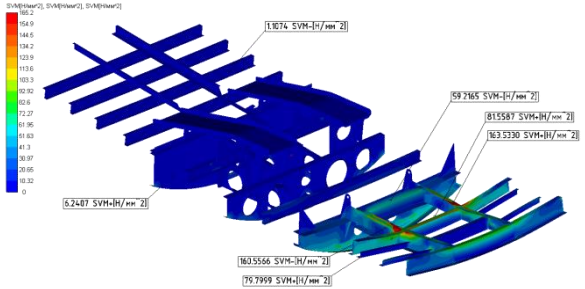
Основные возможности

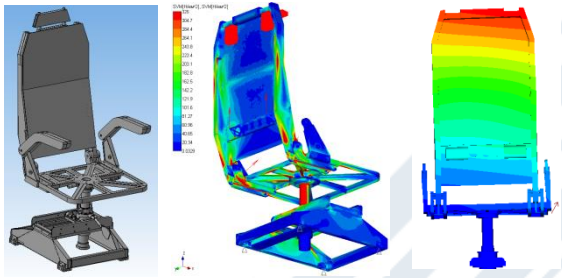
- Расчеты деталей машин
- Расчеты соединений элементов конструкций
- Расчеты механизмов
- Генерация конечно-элементных сеток
- Анализ прочности конструкций







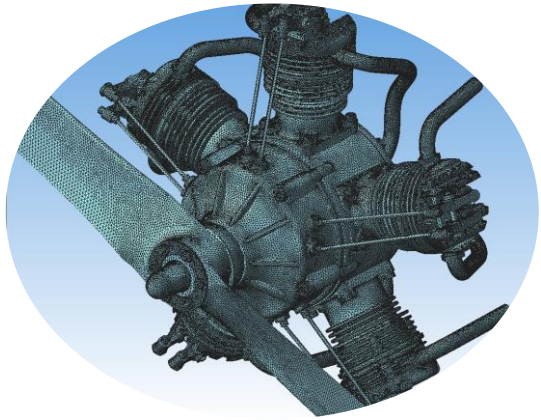




Анализ прочности

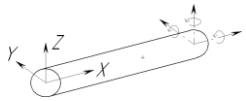
APM Structure3D
Анализ НДС, устойчивости, собственных и вынужденных колебаний деталей и конструкций методом конечных элементов

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

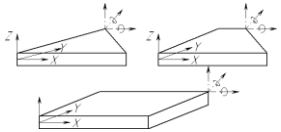


Типы конечных элементов

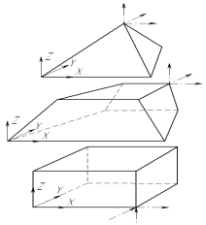
- **Стержневые**
  (произвольных поперечных сечений)



- **Гибкие элементы**
  (канаты, тросы и ванты односторонней и двусторонней жесткости)
- **Оболочечные, пластинчатые**
  (треугольные и четырехугольные)



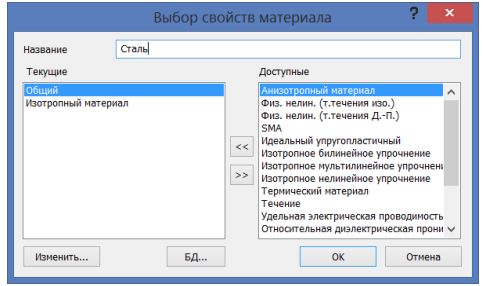
- **Твердотельные**
  (изопараметрические первого порядка (четырех-, шести- и восьмиузловые) и высших порядков (десяти- и двадцатиузловые)
- **Специальные элементы**
  (PIPE, упругие связи, упругие опоры, контактные элементы, сосредоточенные массы и моменты инерции и т.д.)

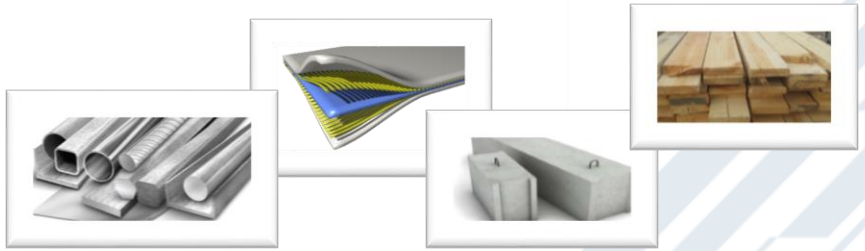


- **Суперэлементы метода подконструкций**

Типы материалов

- **Изотропные**
- **Ортотропные**
- **Анизотропные**
- **Композиционные**

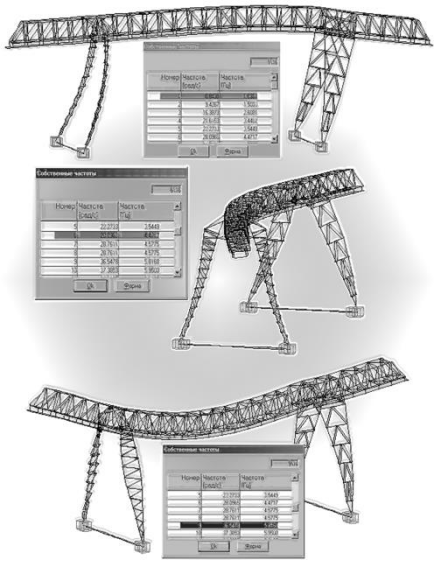


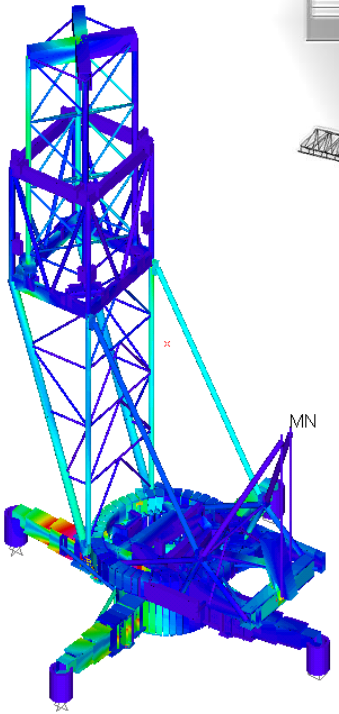


Анализ прочности

Типы расчетов

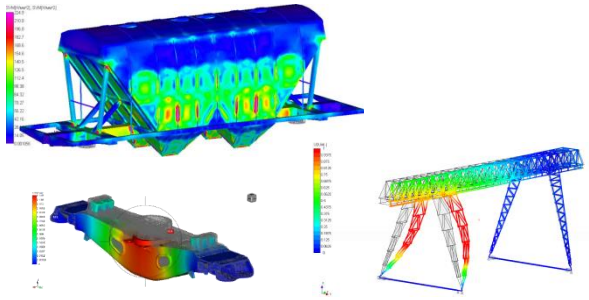
- Линейный статический расчет
  (в том числе с учетом поля температур)
- Расчет устойчивости
- Расчет собственных частот
  (в том числе с предварительным нагружением)
- Нелинейный расчет
  (учет физической и геометрической нелинейности)
- Расчет вынужденных колебаний
  (по произвольному графику вынуждающей силы)
- Расчет стационарной и нестационарной
  теплопроводности
- Расчет электромагнитных полей
- Топологическая оптимизация



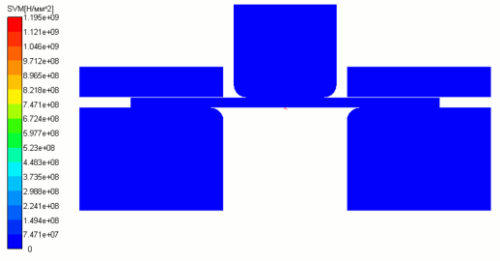


Результаты расчетов

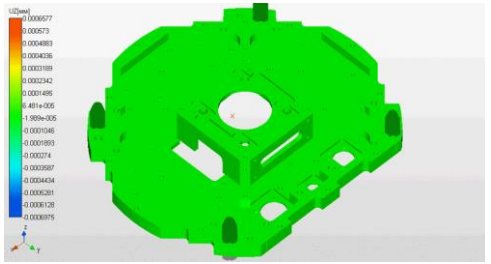
Линейные решения

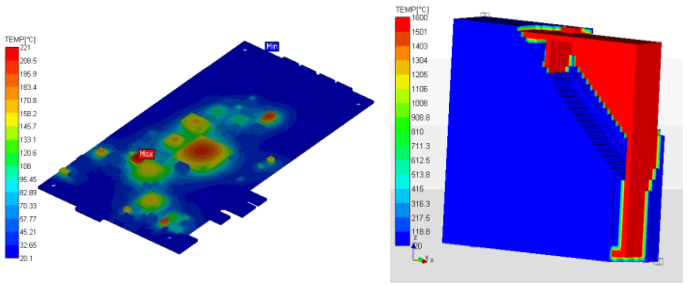


Нелинейные решения

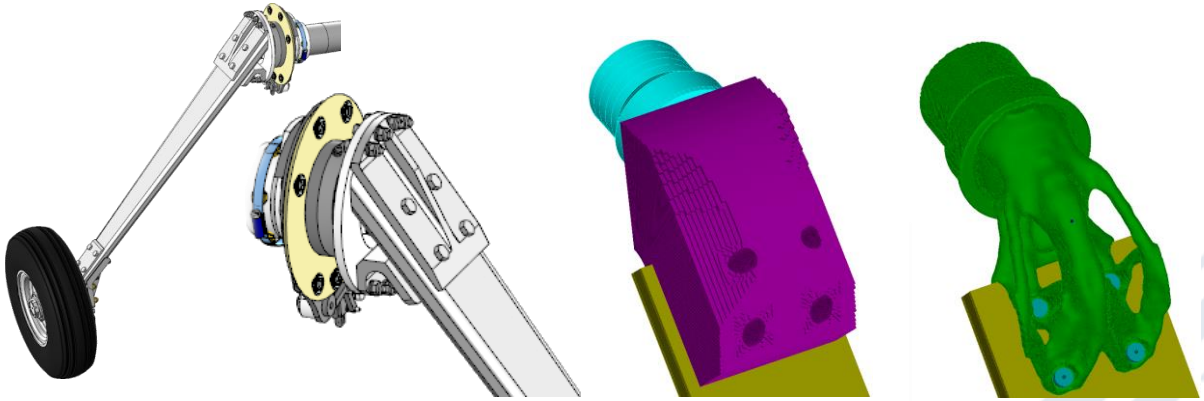


Динамический анализ





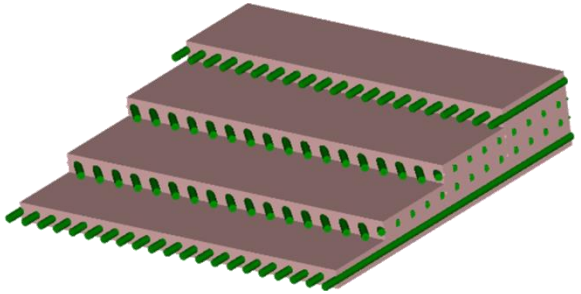
Тепловой анализ



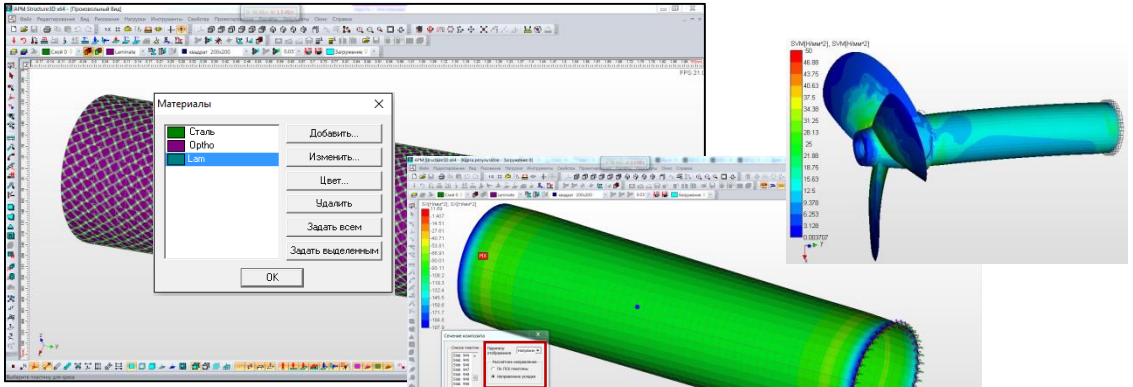
Топологическая оптимизация конструкций

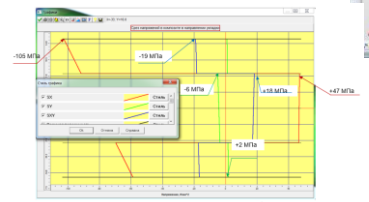
Композиты

Расчет конструкций из композиционных материалов



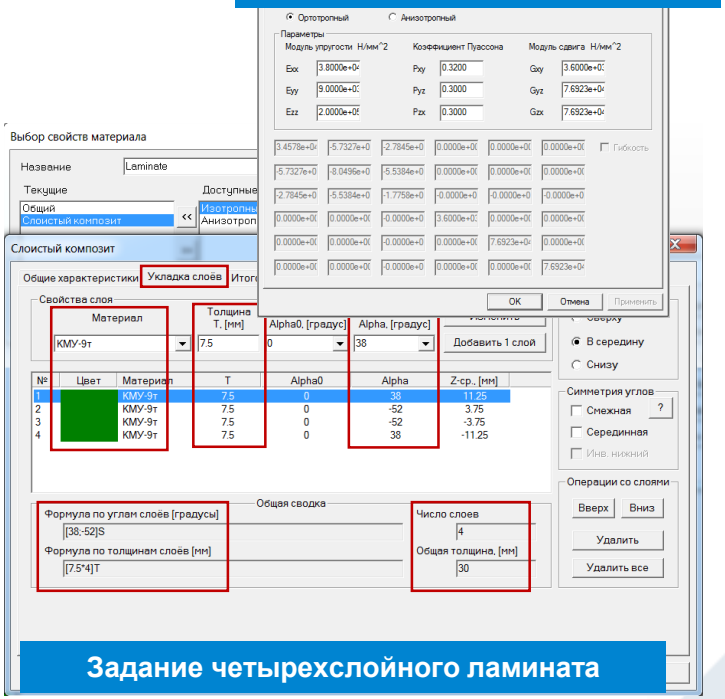
- Слоистые композиты (ламинаты)
- Учет ортотропных и анизотропных свойств различных материалов



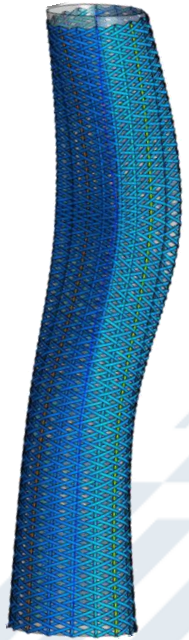


$\sigma_x^c = 105\ МПа < \bar{\sigma}_x^c = 1200\ МПа$
$\sigma_y^c = 6\ МПа < \bar{\sigma}_y^c = 160\ МПа$
$\tau_{xy} = 19\ МПа < \bar{\tau}_{xy} = 78\ МПа$
$\sigma_x^t = 47\ МПа < \bar{\sigma}_x^t = 1500\ МПа$
$\sigma_y^t = 2\ МПа < \bar{\sigma}_y^t = 28\ МПа$
Запас по напряжениям $n_\sigma = \frac{78}{19} = 4.1$

Задание материала монослоя

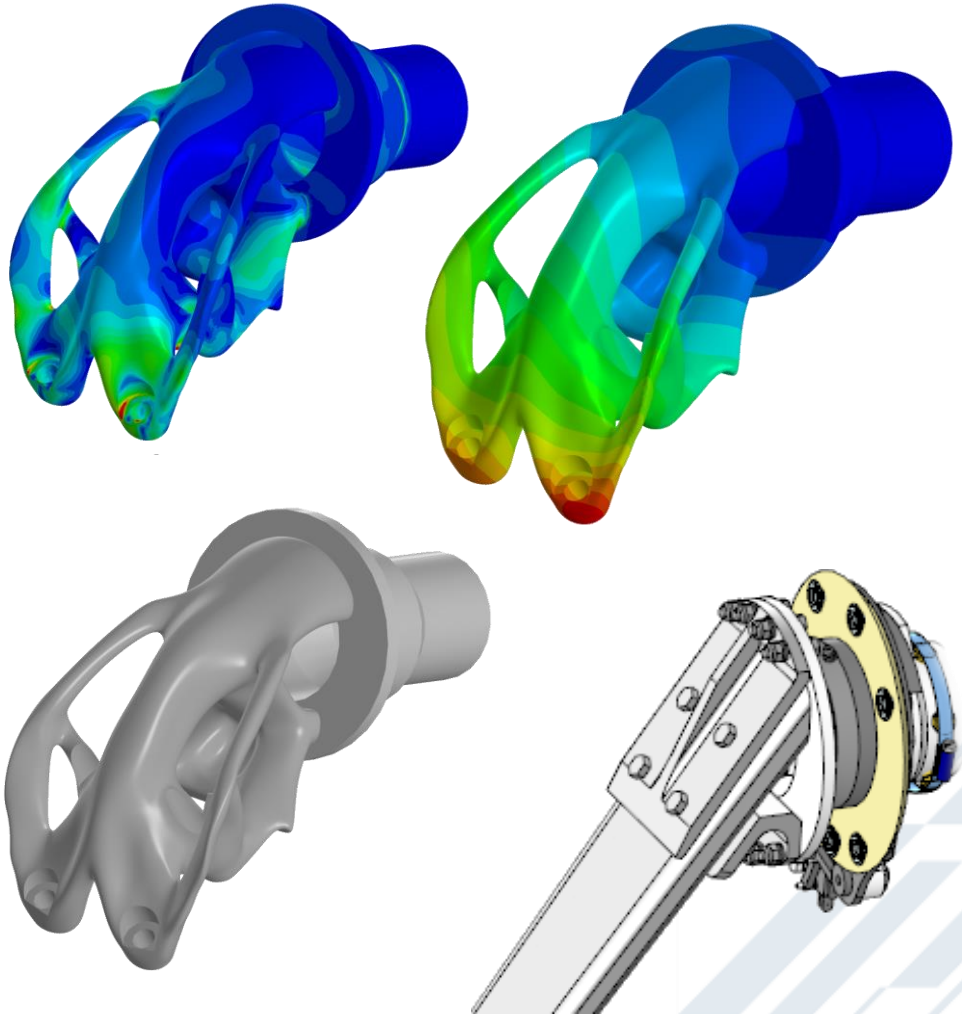


Задание четырехслойного ламината



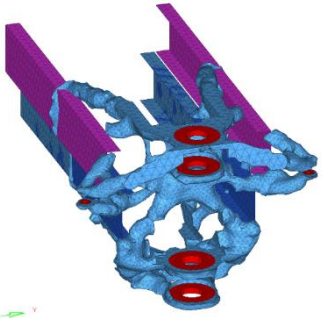
Топологическая оптимизация

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

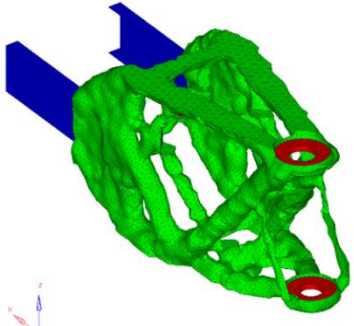


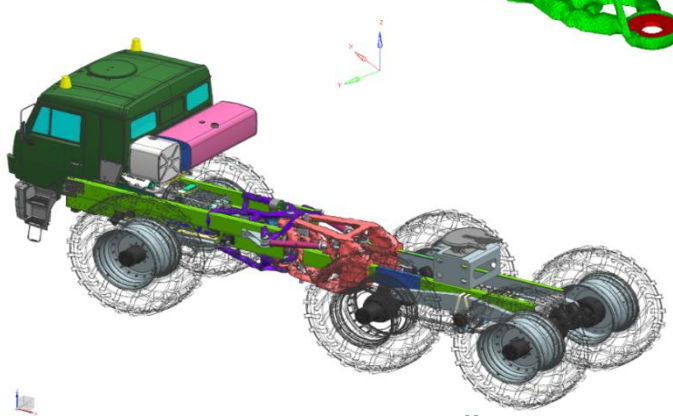
Сочлененная рама вездехода

Передний силовой узел



Задний силовой узел

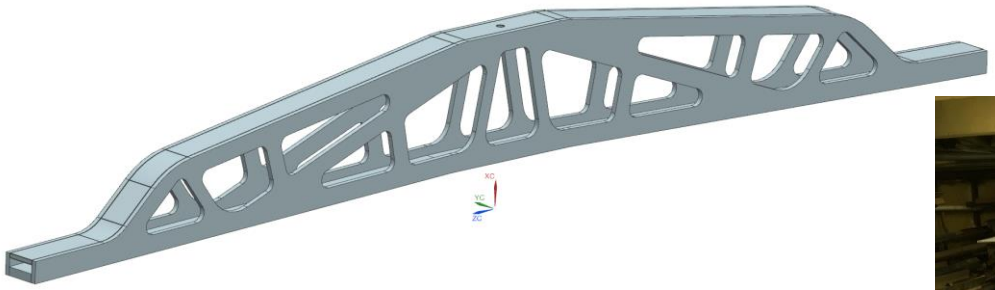




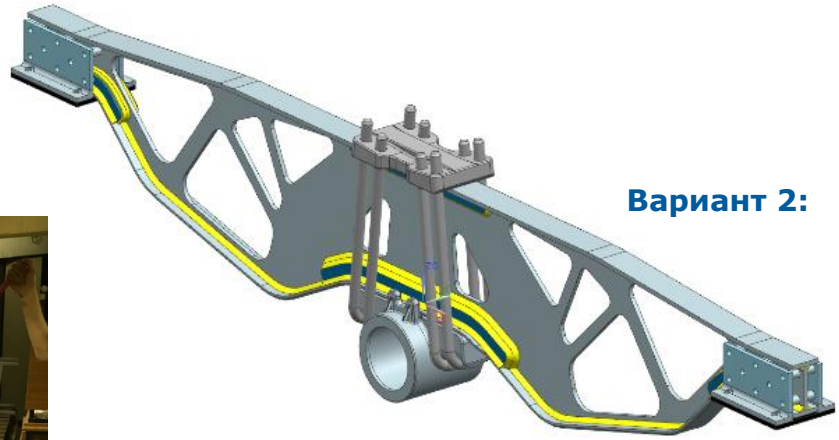
Узел в компоновке несущей системы вездехода 6х6 с шинами низкого давления

Балансир задних колес вездехода

Вариант 1:

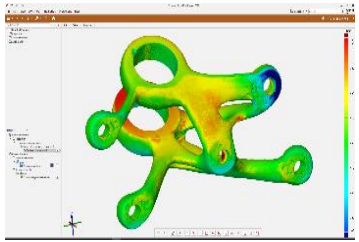


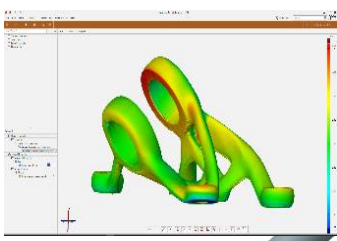
Вариант 2:

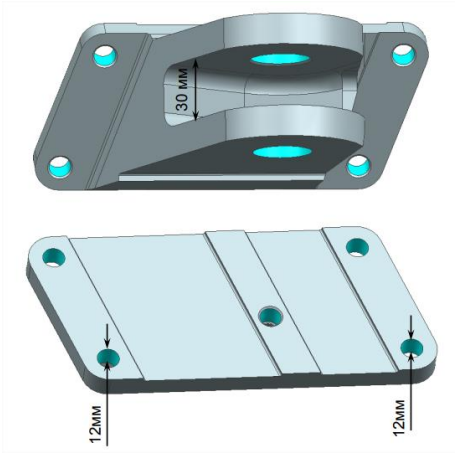


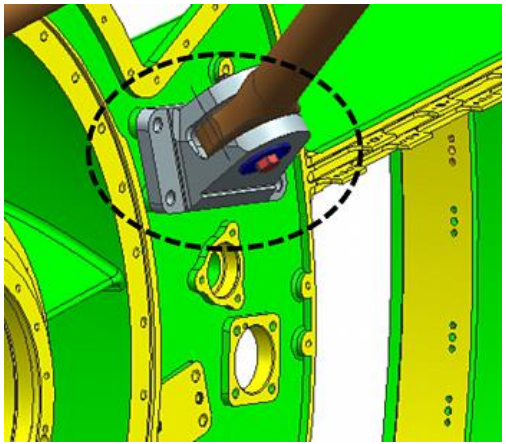
Авиационный кронштейн

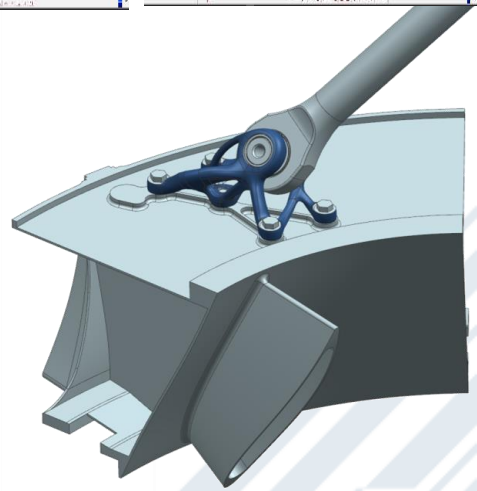
RANGEvision



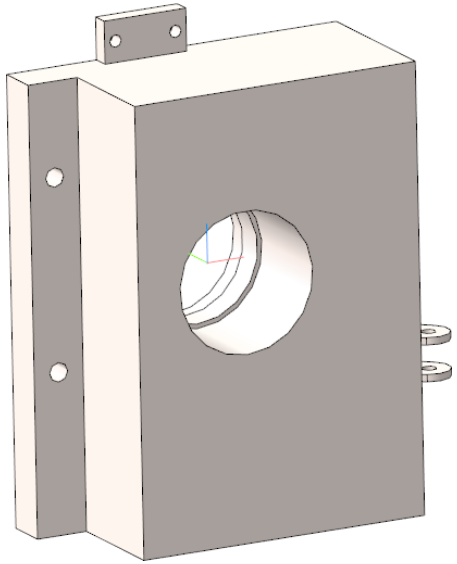




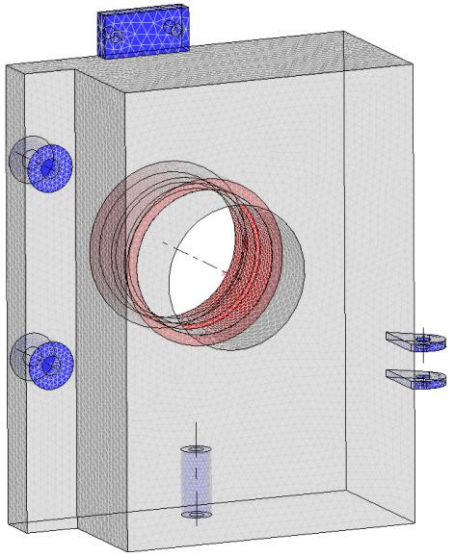




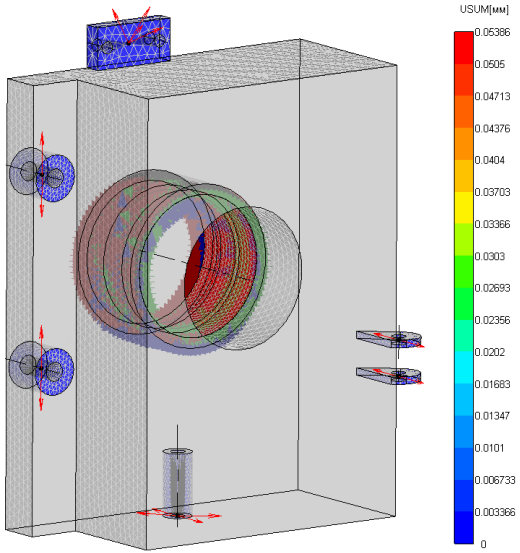
Поворотный кулак



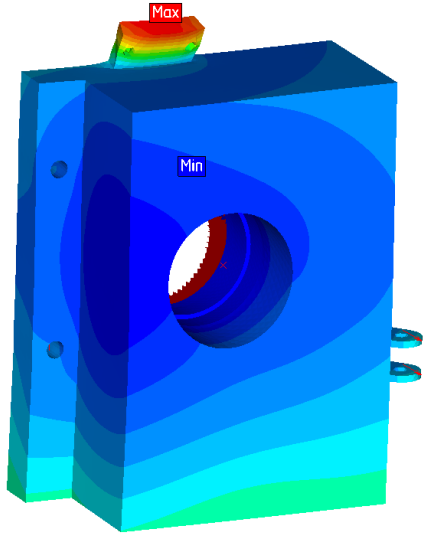
CAD-Модель



Формирование КЭ модели, выделение интерфейсных областей и области проектирования

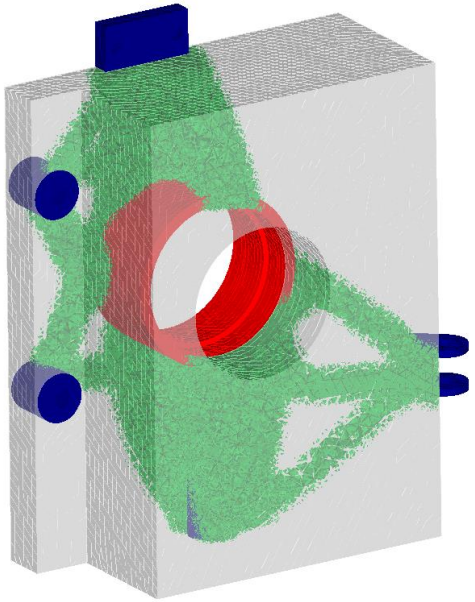


Задание расчётных случаев и закреплений

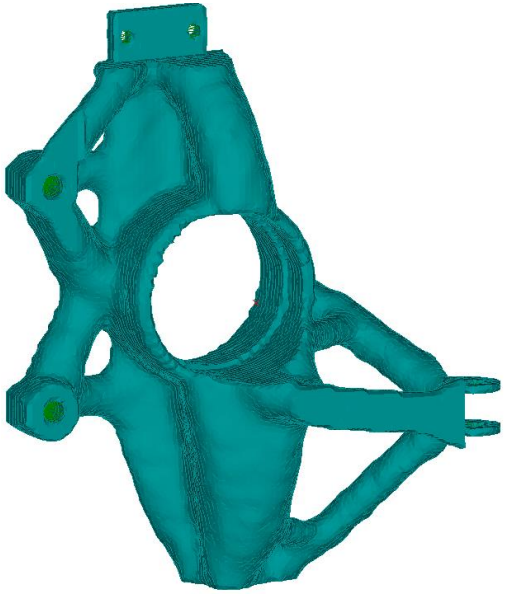


Предварительный проверочный расчёт

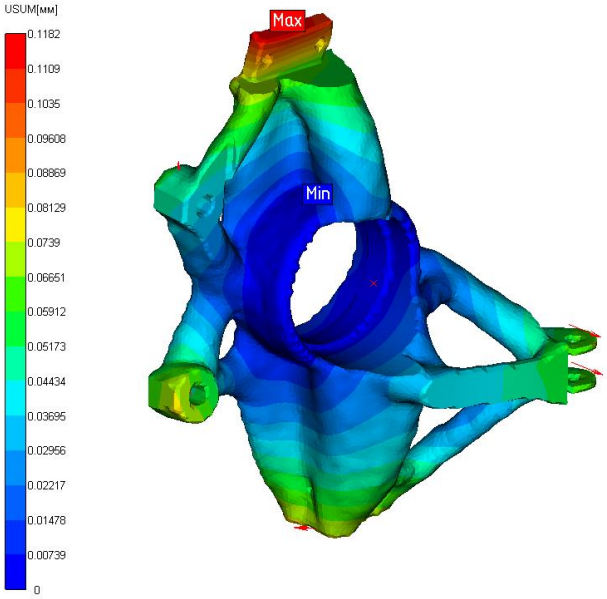
Поворотный кулак



Оптимизация, оценка результатов

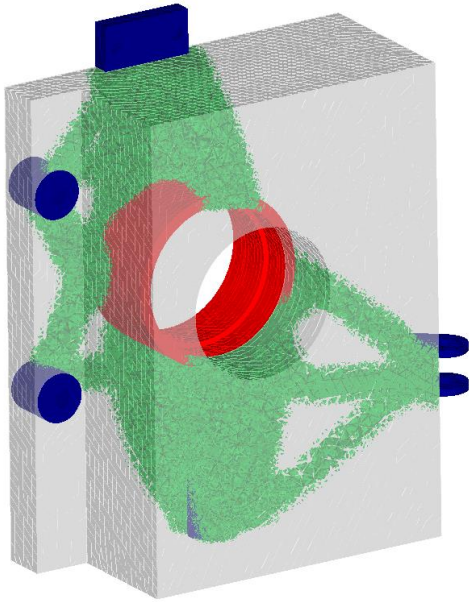


Получение новой КЭ модели, интерпретация результатов оптимизации

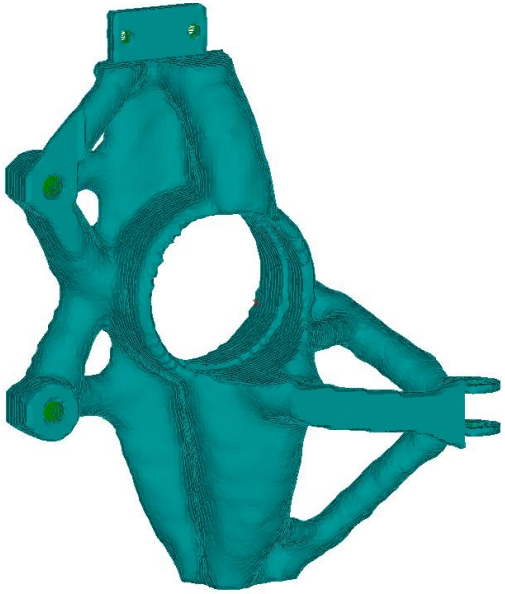


Проверочный расчёт

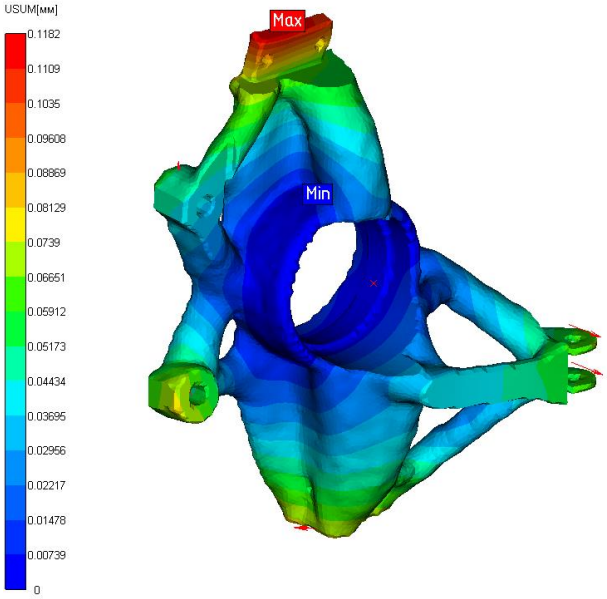
Поворотный кулак



Оптимизация, оценка результатов



Получение новой КЭ модели, интерпретация результатов оптимизации



Проверочный расчёт

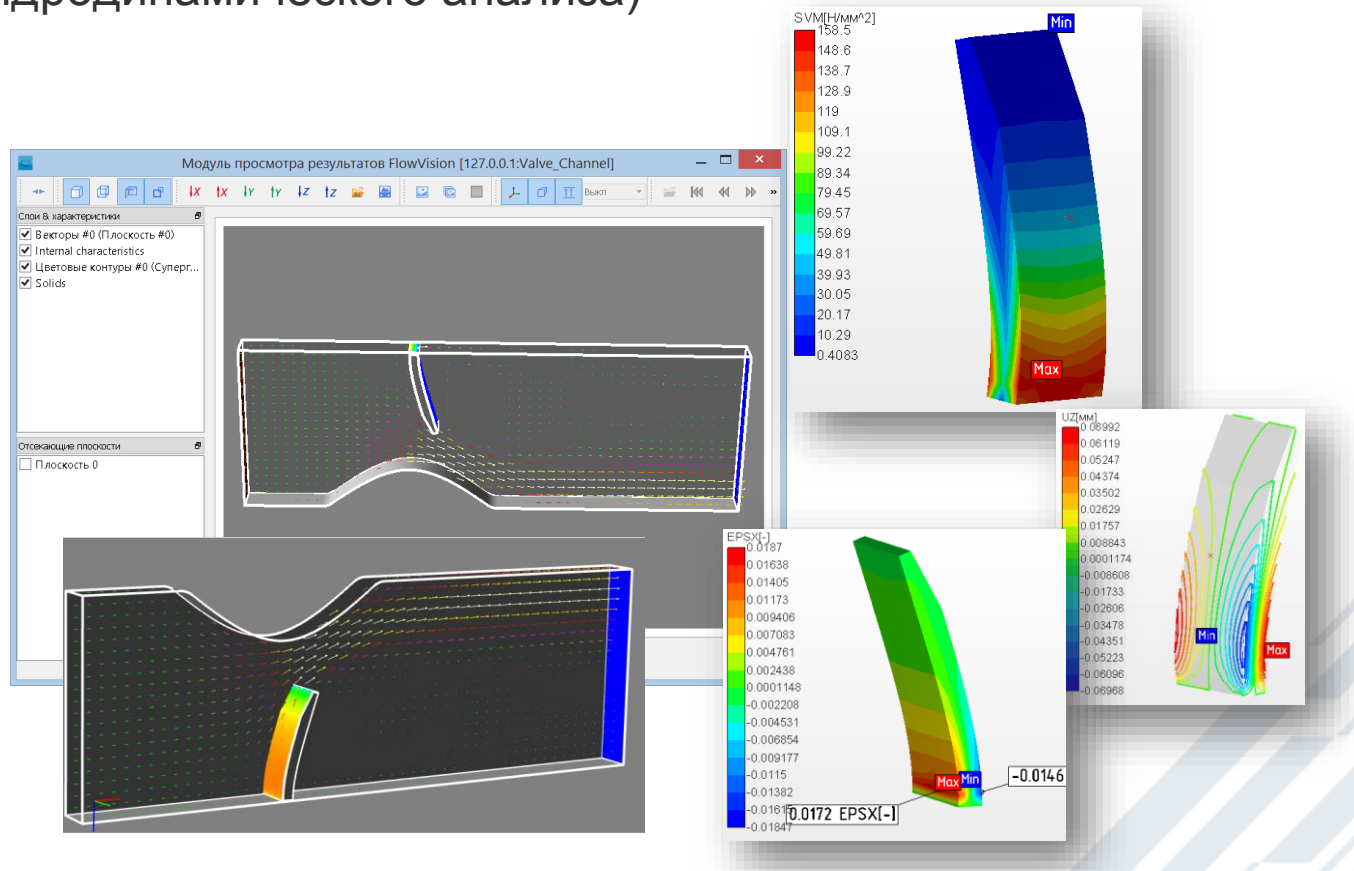
Расчет FSI

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

APM WinMachine
Прочностной, модальный и динамический анализ

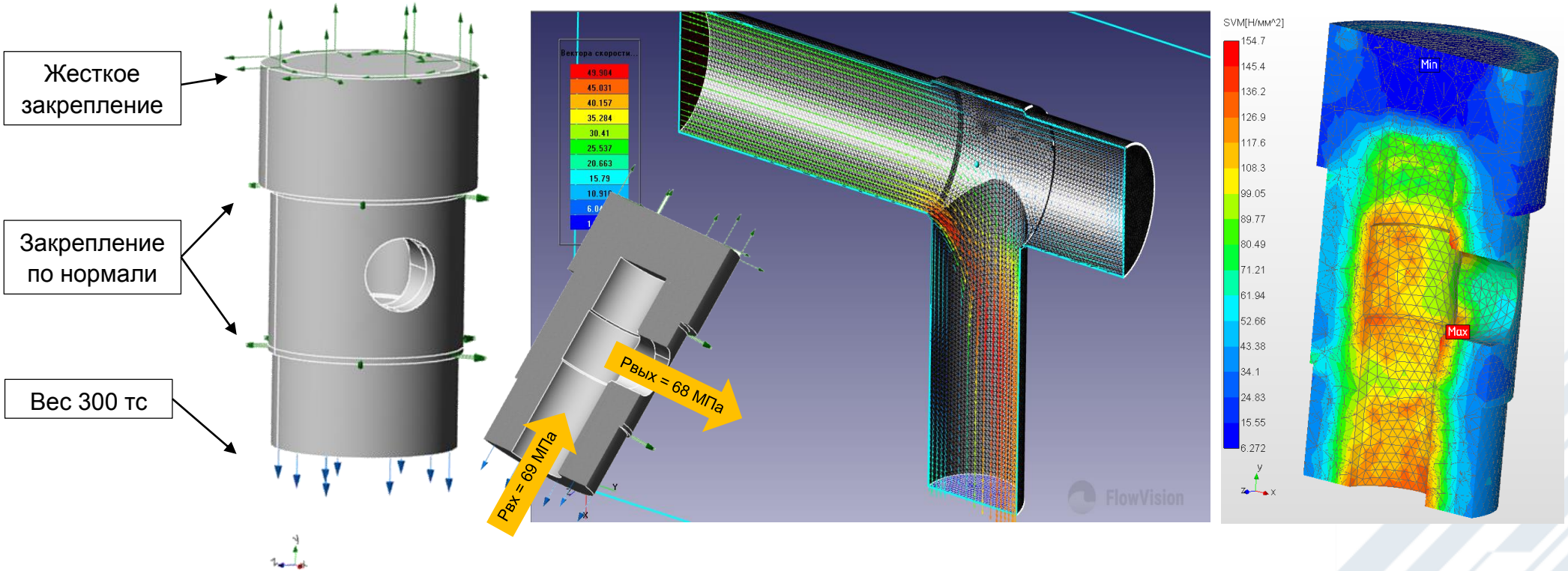
Итерационное взаимодействие

FlowVision
Расчет обтекания лопатки, нестационарный тепловой анализ

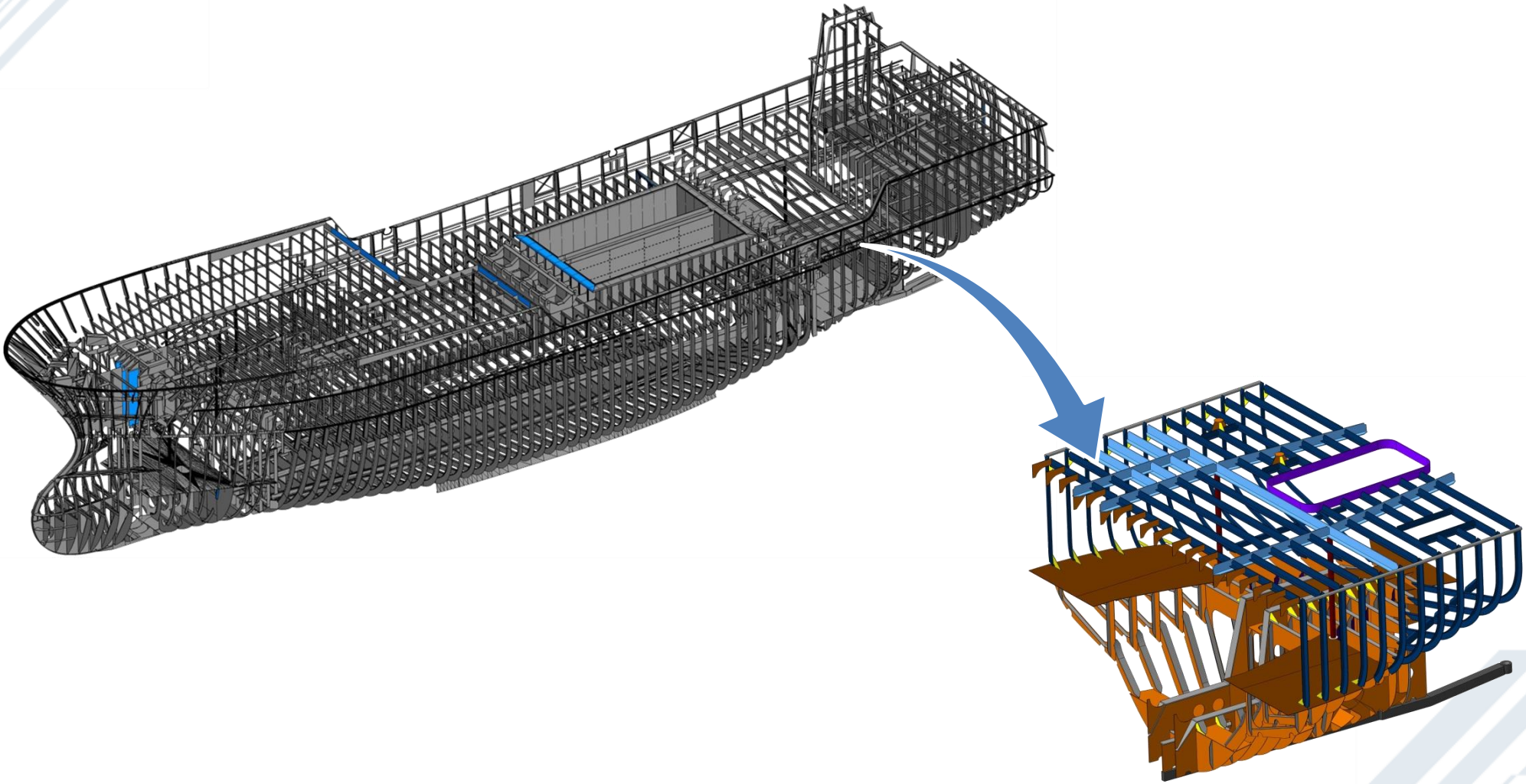


Расчет FSI

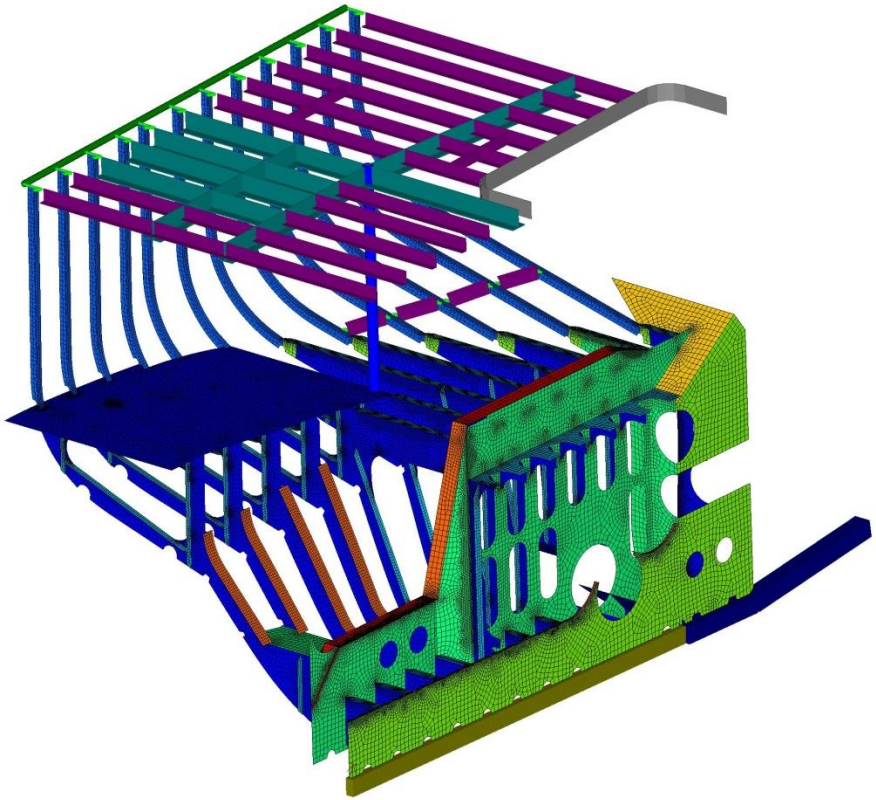
Определить напряжённо-деформированное состояния фрагмента подвески насосно-компрессорной трубы (ПНКТ) в процессе перетекания флюида

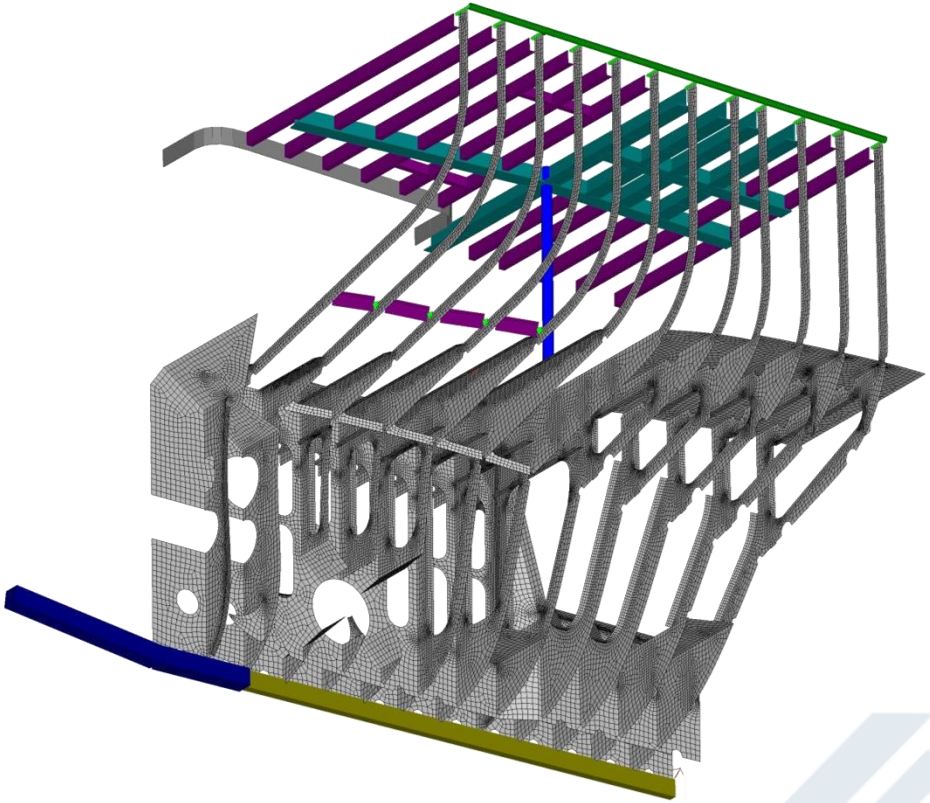


Расчет фрагмента каркаса корабля

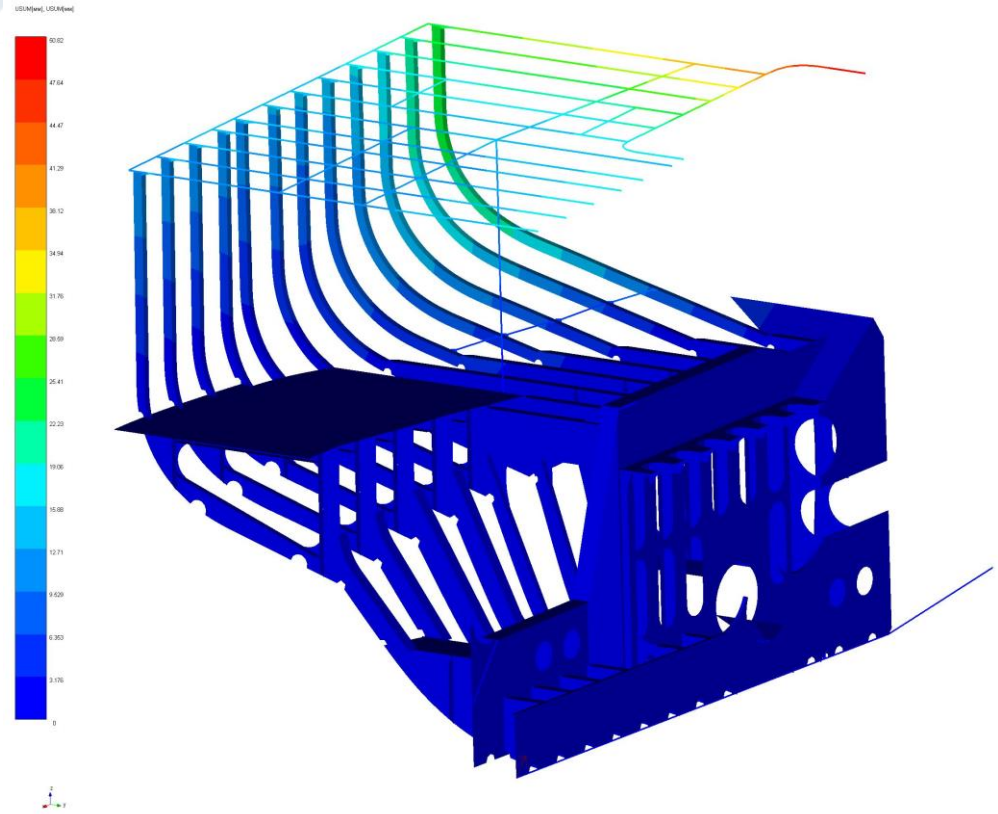


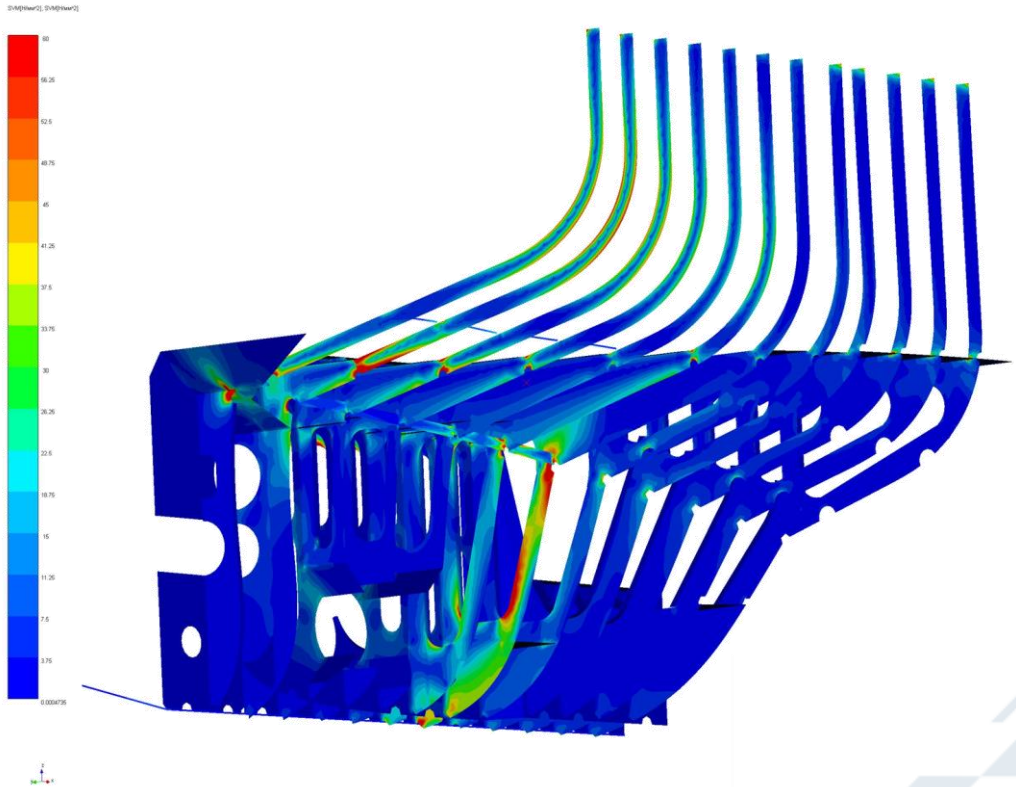
Расчет фрагмента каркаса корабля



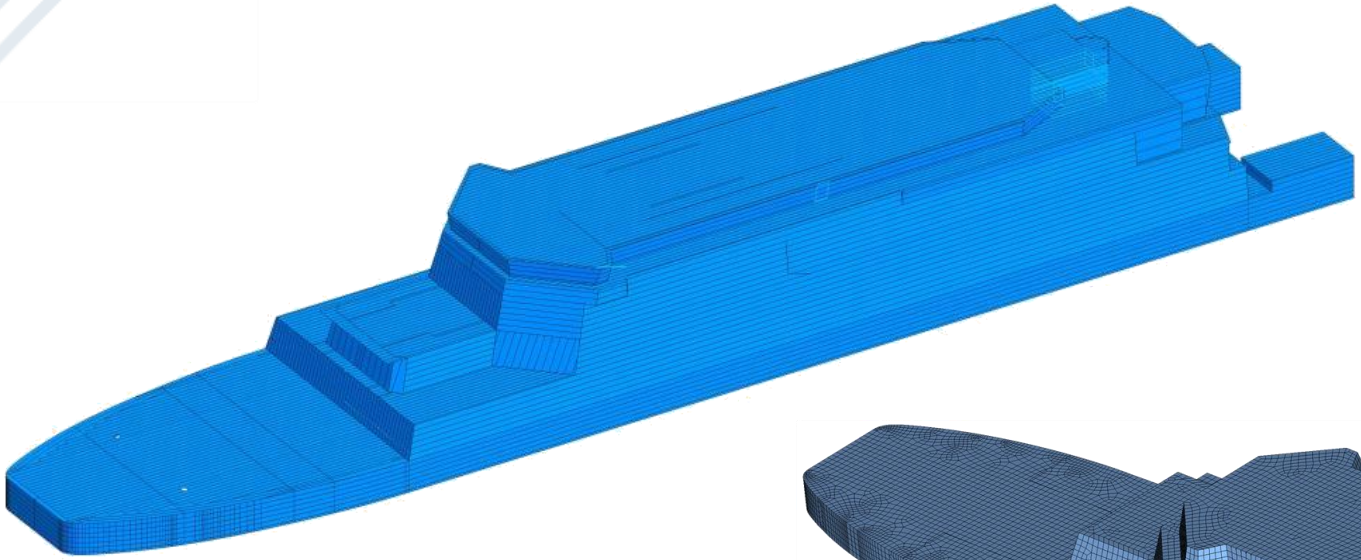


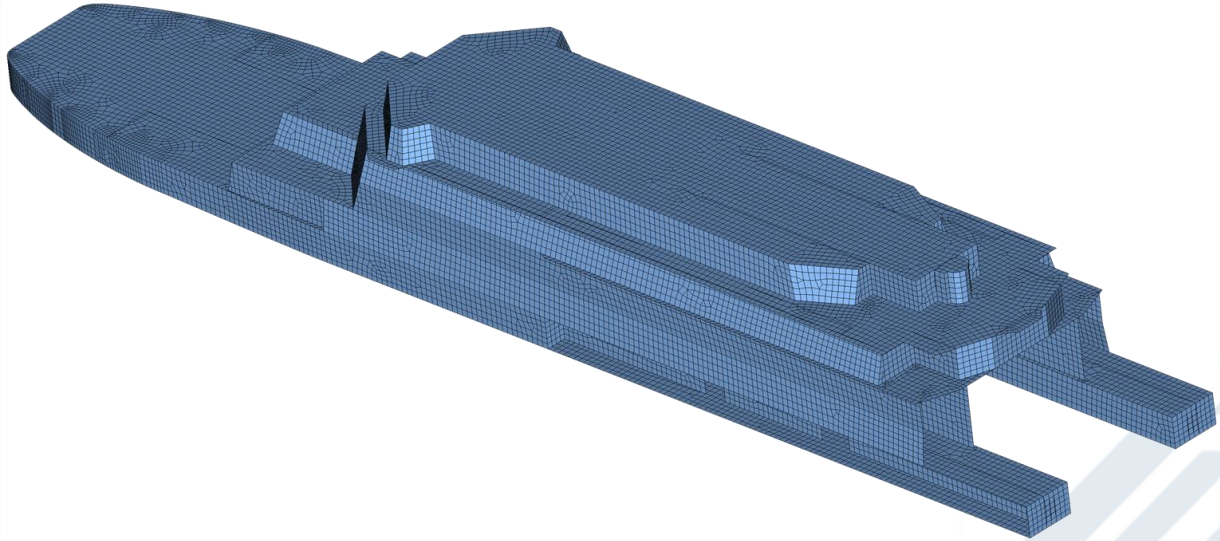
Расчет фрагмента каркаса корабля



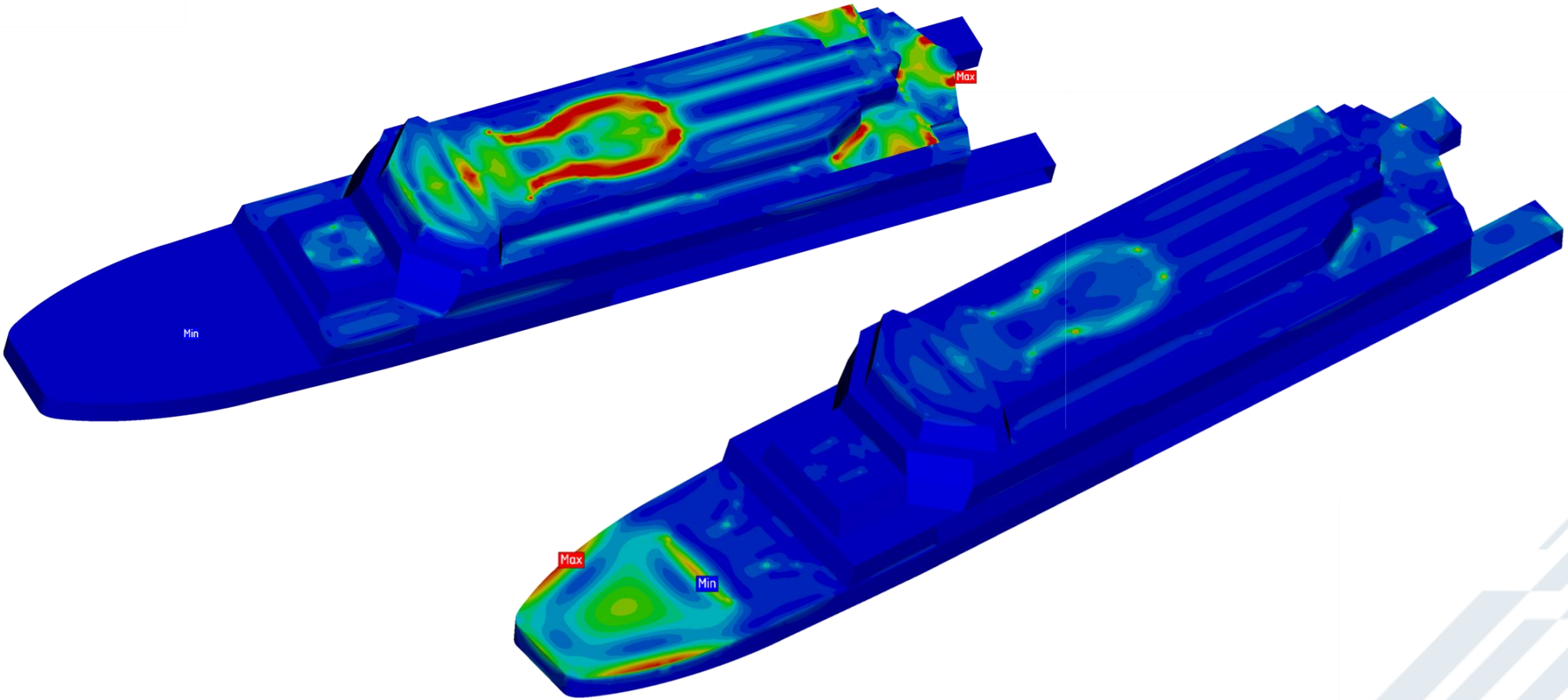


Расчет палубной надстройки





Расчет палубной надстройки



Спасибо за внимание!

Компания НТЦ «АПМ»
(научно-технический центр)

Московская область, г. Королев
Октябрьский бульвар, д. 14, офис 6

Тел.: (495) 120-58-10

Internet: www. apm.ru

E-mail: com@apm.ru