

# SOLIDWORKS SUMMIT RUSSIA 2019

16 октября 2019 г.



**3DEXPERIENCE®**

# SOLIDWORKS Simulation

## Прочностные расчеты

Зуев Евгений  
Инженер по системам САЕ



# Виртуальные исследования в среде SOLIDWORKS

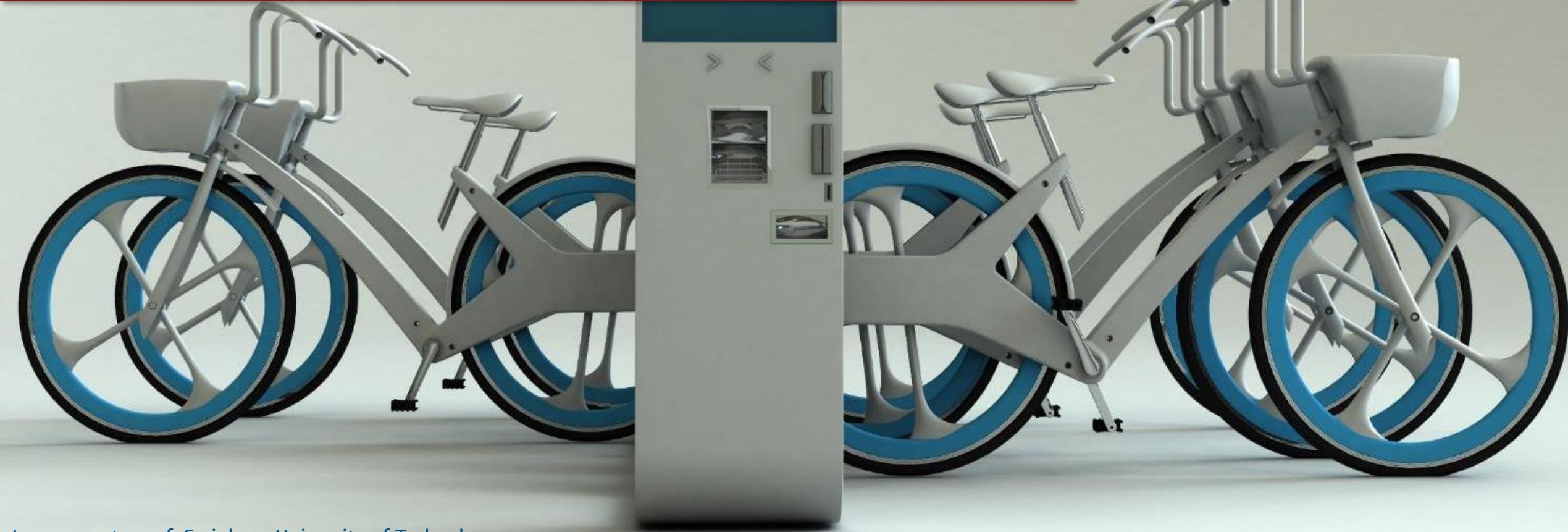
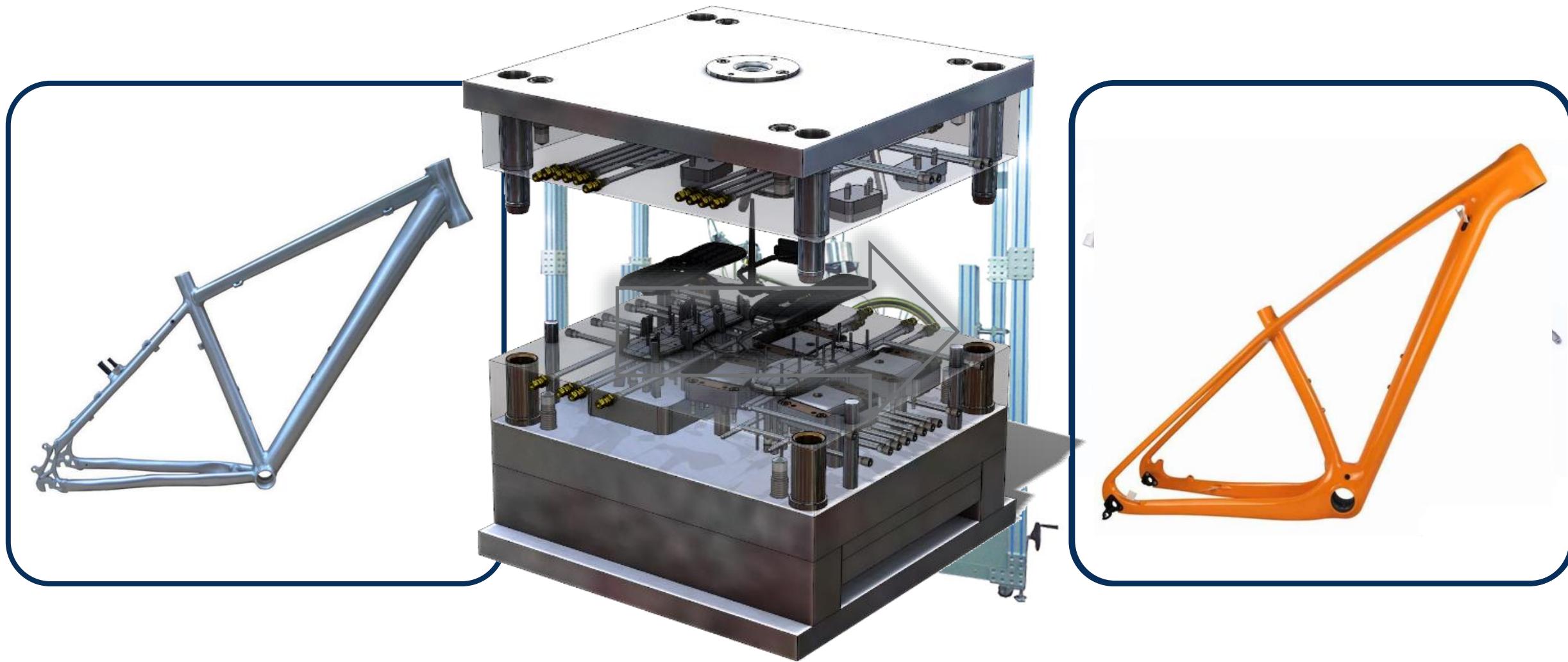
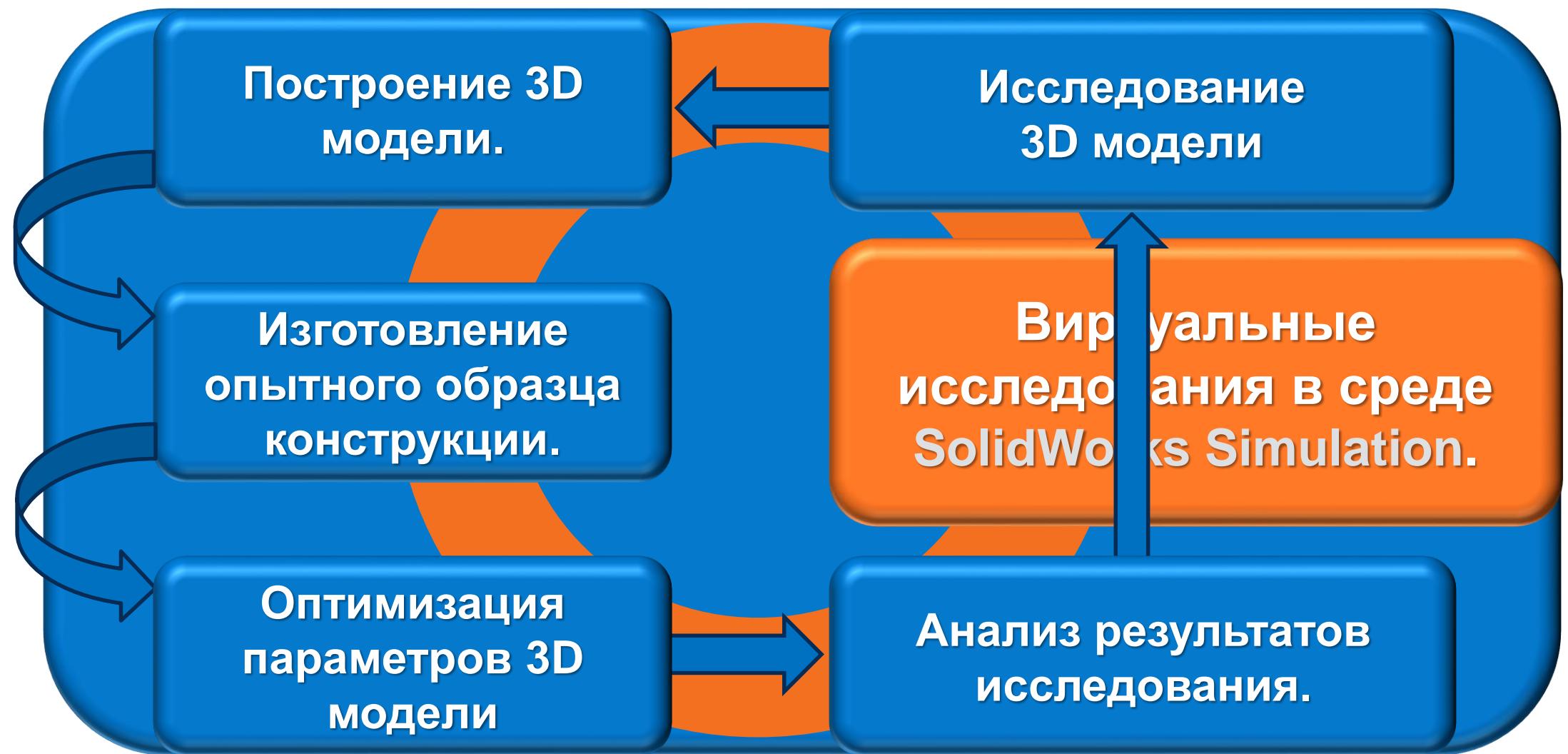


Image courtesy of: Swinburn University of Technology

# Цикл разработки изделия



# Виртуальные исследования



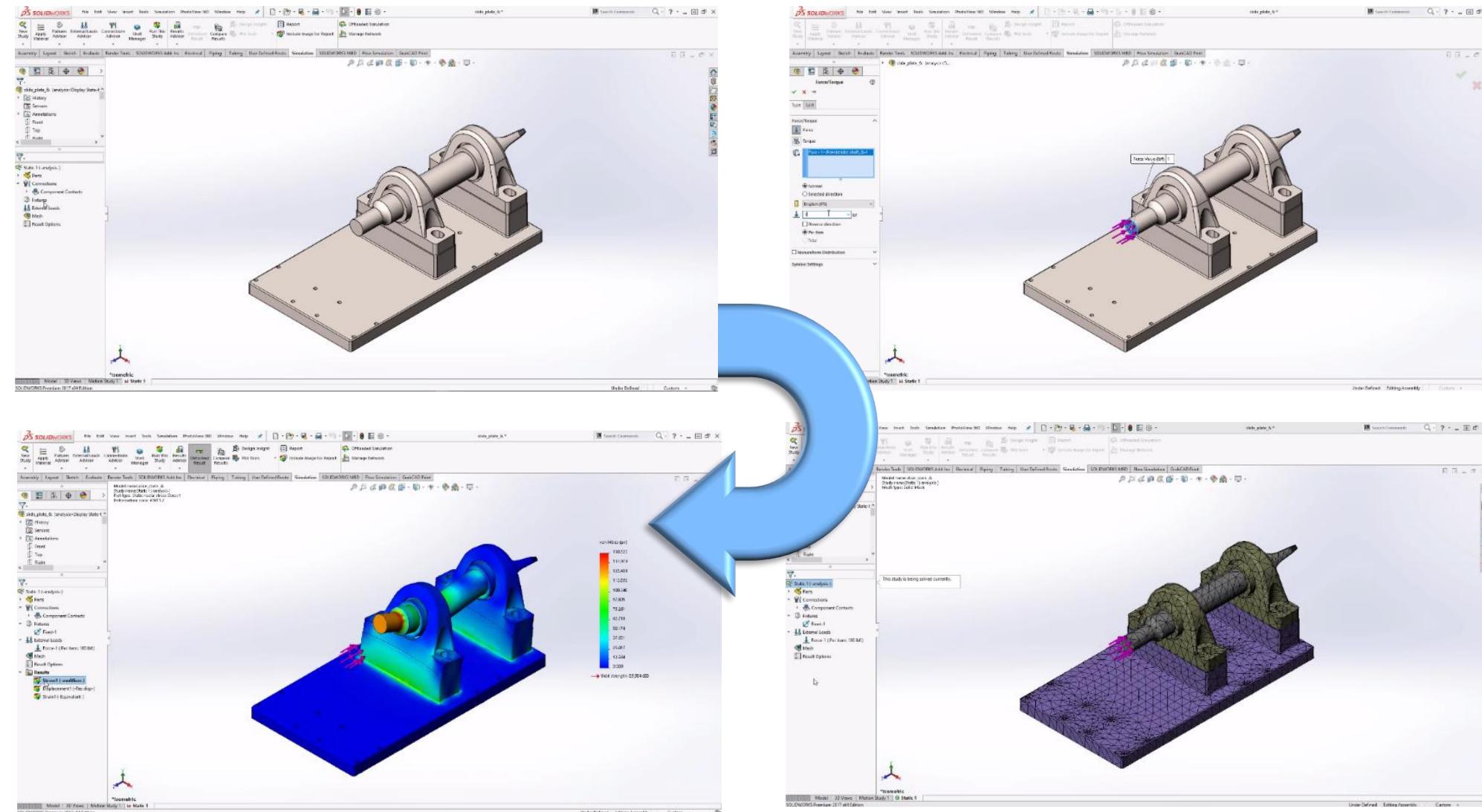
# Возможности SolidWorks Simulation



# Обзор SolidWorks Simulation (FEA)

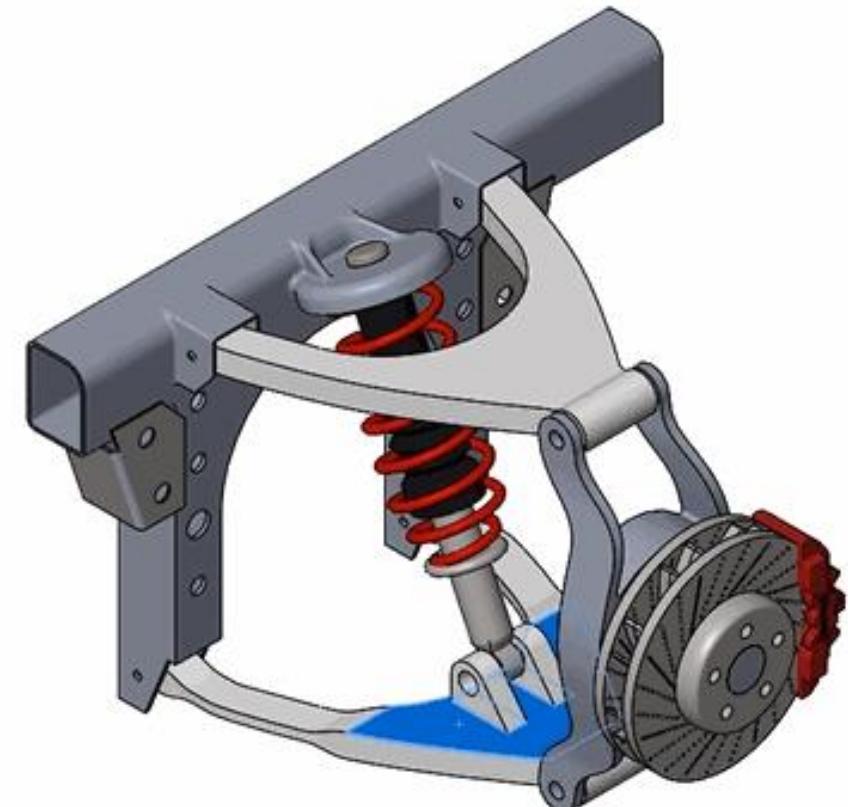
Simulation Standard	Simulation Professional				Simulation Premium		
Статический анализ сборок	Анализ усталости	Онлайн БД материалов	Частотный анализ	Потеря устойчивости	Термический анализ	Нелинейный анализ	Временная история
Исследование движения	Выявление тенденций	Оптимизация	Исследование топологии	Ударные нагрузки	2-D Упрощение	Гармонический анализ	Случайные колебания
Simulation Display	Определение напряжений	Движение на основе событий	Сосуды давления	Анализ подмоделей	Менеджер нагрузок	Спектры реакций	Композитные материалы

# Этапы анализа в SolidWorks Simulation



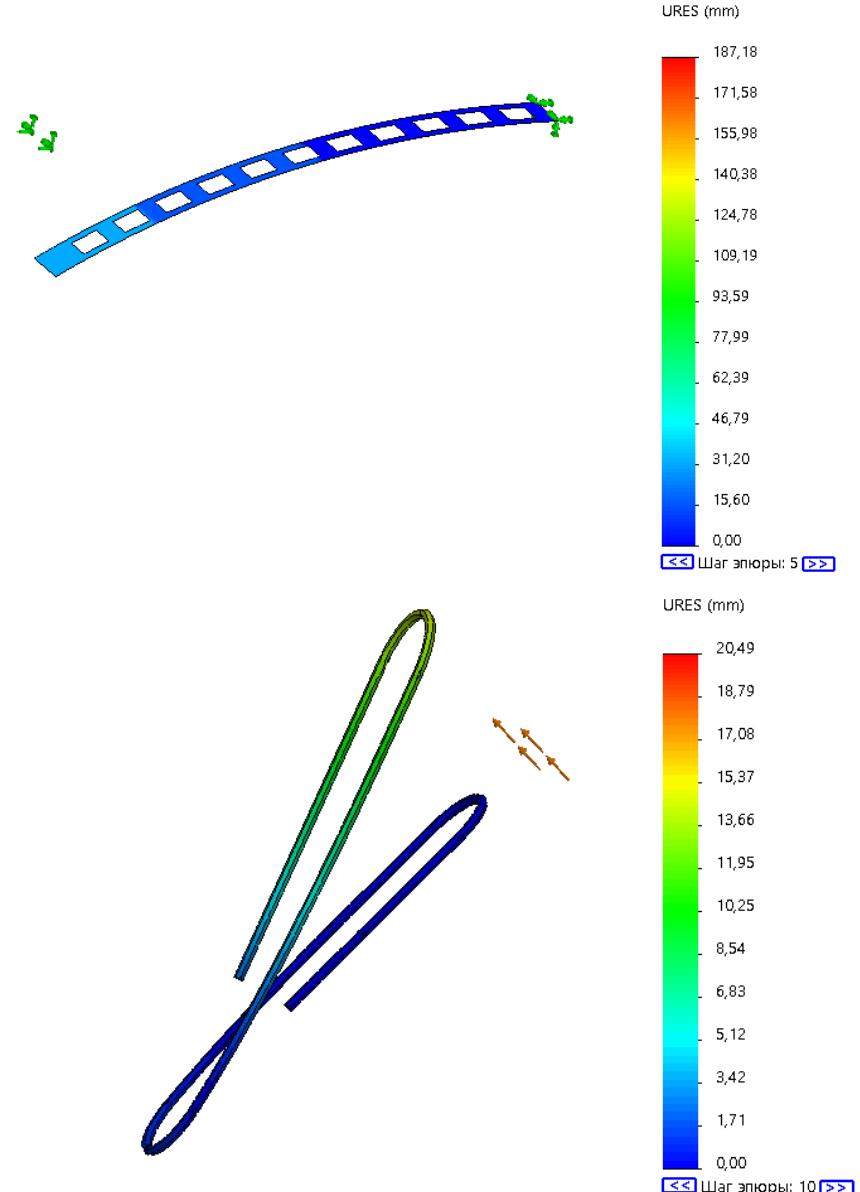
# Линейный статический анализ

- Применяется для оценки величины напряжений и смещений во время эксплуатации:
  - предотвращение поломок;
  - уменьшение габаритов изделия.
- Расчет нагрузок в узлах и сборках:
  - функции технического контроля;
  - оценка запаса прочности.
- Дает информацию для внесения изменений в конструкцию и улучшения характеристик



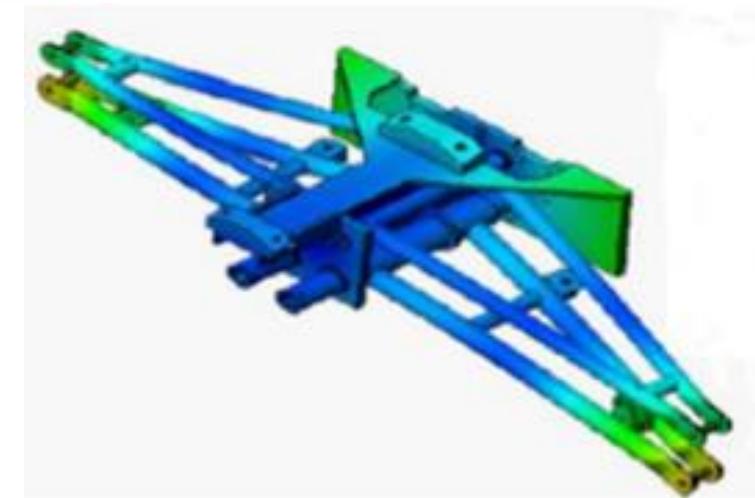
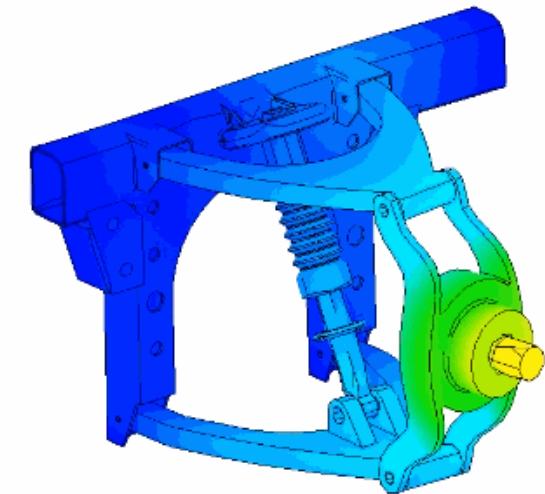
# Нелинейный статический анализ

- Анализ физической нелинейности:
  - переход через предел текучести;
  - потеря эластичности;
  - изменение свойств материалов от температуры
- Анализ геометрической нелинейности:
  - пошаговый анализ изменения жесткости с возрастанием нагрузки.
- Анализ области контакта (давление, сдвиг):
  - расчет деформации и сил реакции между деталями в зоне контакта под нагрузкой.



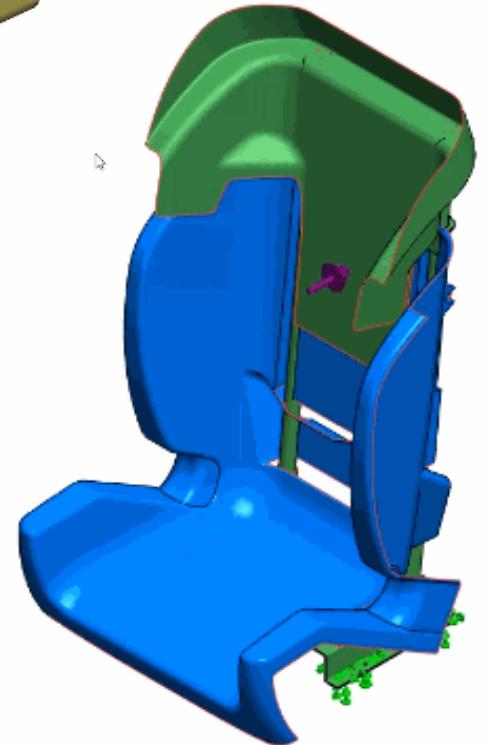
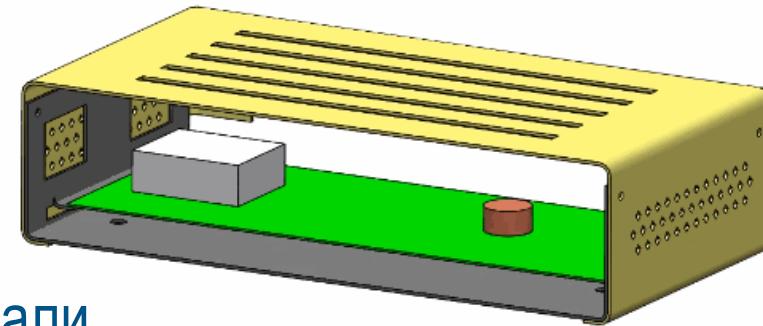
# Частотный анализ

- Расчет резонансов в системе позволяет:
  - избежать перегрузки или разрушения;
  - определить области для упрочнения.
- Расчет собственных частот конструкции
- Визуализация узлов колебания для каждой частоты (моды)
- Учитывается вклад массы каждой детали сборки
- Поддержка модели напряженно-деформированного состояния



# Динамический анализ

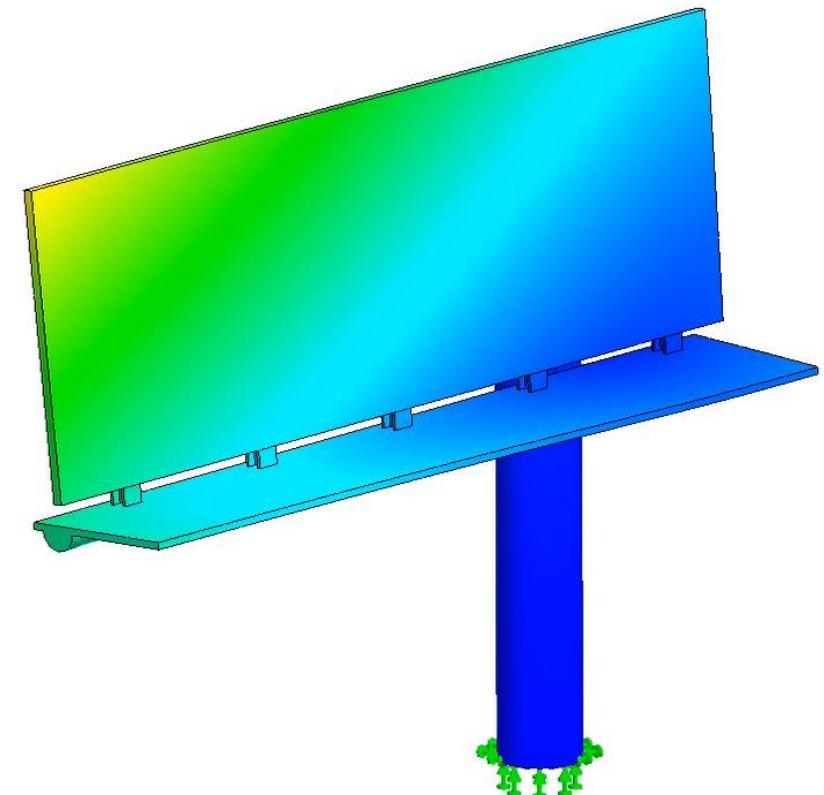
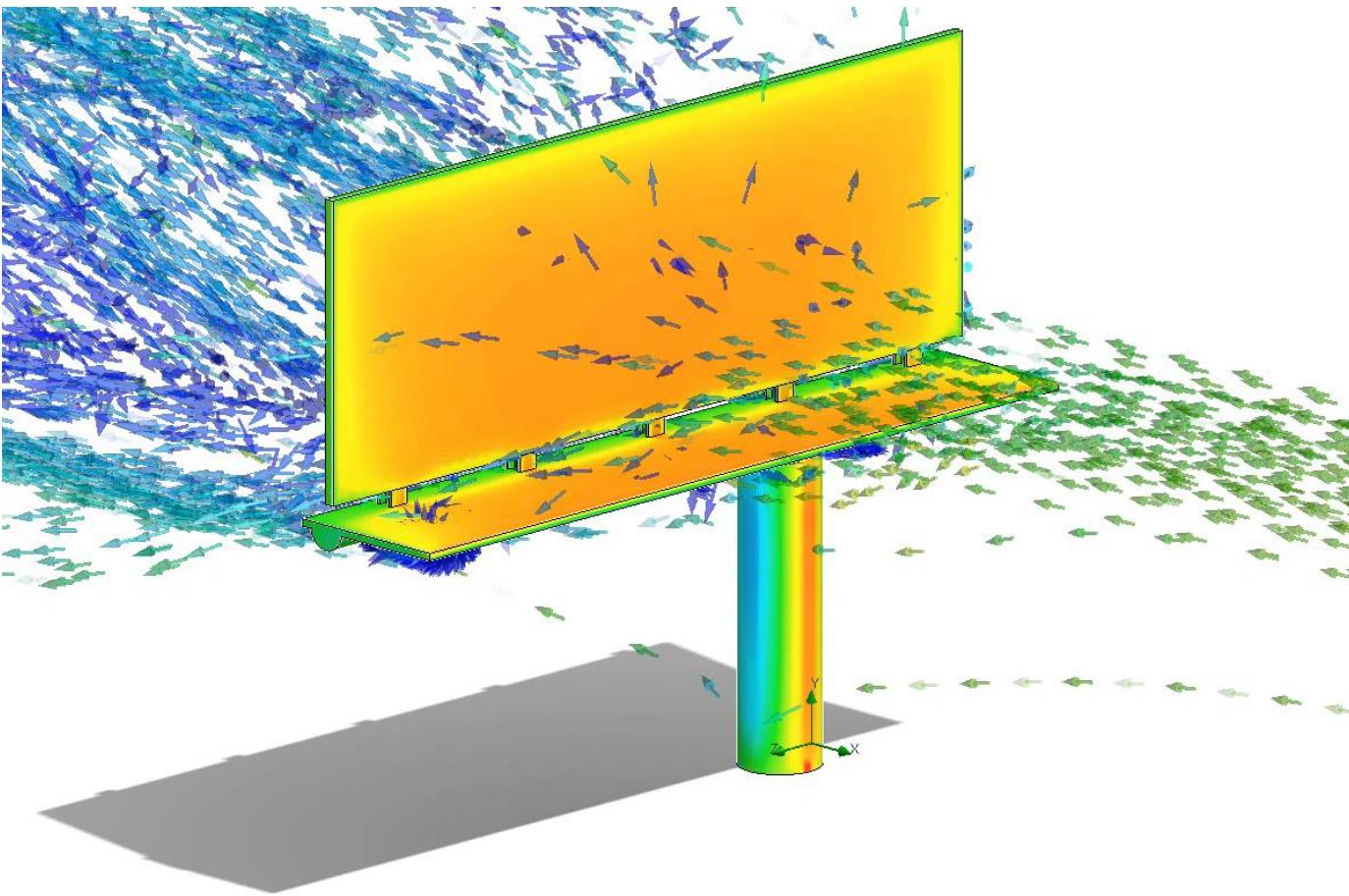
- Переменная нагрузка
- Приложение усилий на движущиеся детали
- Ударная/импульсная нагрузка
- Вибрация с постоянной или переменной частотой
- Расчет антивибрационных рам и оснований
- Имитация землетрясения



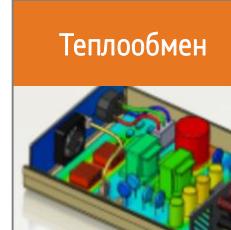
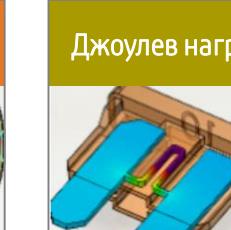
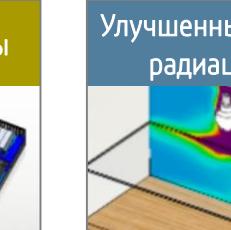
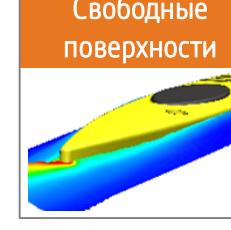
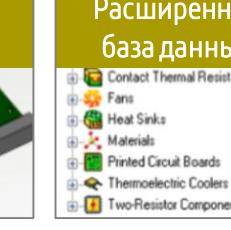
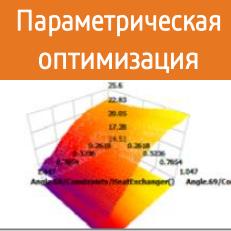
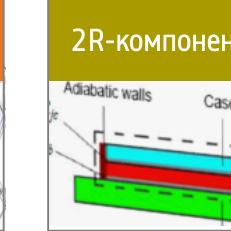
## ПРИМЕРЫ:

Амортизаторы, мобильные генераторы и помпы, здания и ангары, мосты, детали фюзеляжей...

# Комплексная задача с использованием Flow Simulation



# Обзор исследований Flow Simulation (FEA)

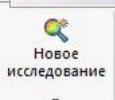
Flow Simulation				Electronic Cooling		HVAC	
Внутренние и внешние потоки	Ламинарные и турбулентные	Теплообмен	Турбины и лопасти	Джоулев нагрев	Теплопроводы	Улучшенный учёт радиации	Расчет утечек и сквозняков
							
Сжимаемые среды	Неньютоновские жидкости	Связанные результаты	Свободные поверхности	Нагрев плат	Расширенная база данных	Климат контроль	Расширенная база данных
					 <ul style="list-style-type: none"><li>Contact Thermal Resistances</li><li>Fans</li><li>Heat Sinks</li><li>Materials</li><li>Printed Circuit Boards</li><li>Thermoelectric Coolers</li><li>Two-Resistor Components</li></ul>		 <ul style="list-style-type: none"><li>Materialien</li><li>Städte</li><li>Strahlungsoberflächen</li><li>Strahlungsspektren</li><li>Tracer</li></ul>
Параметрическая оптимизация	Поддержка eDrawings	Взаимообмен с ECAD	Акустическая мощность	2R-компоненты			
				 <p>Adiabatic walls Case</p>			

 **SOLIDWORKS**  
2019

# Расчёт на прочность

- Упрощение модели

1



Новое исследование  
Применить материал

Консультант по креплениям  
Консультант по внешним нагрузкам

Консультант по соединениям  
Менеджер оболочки

Запустить это исследование  
Консультант по результатам

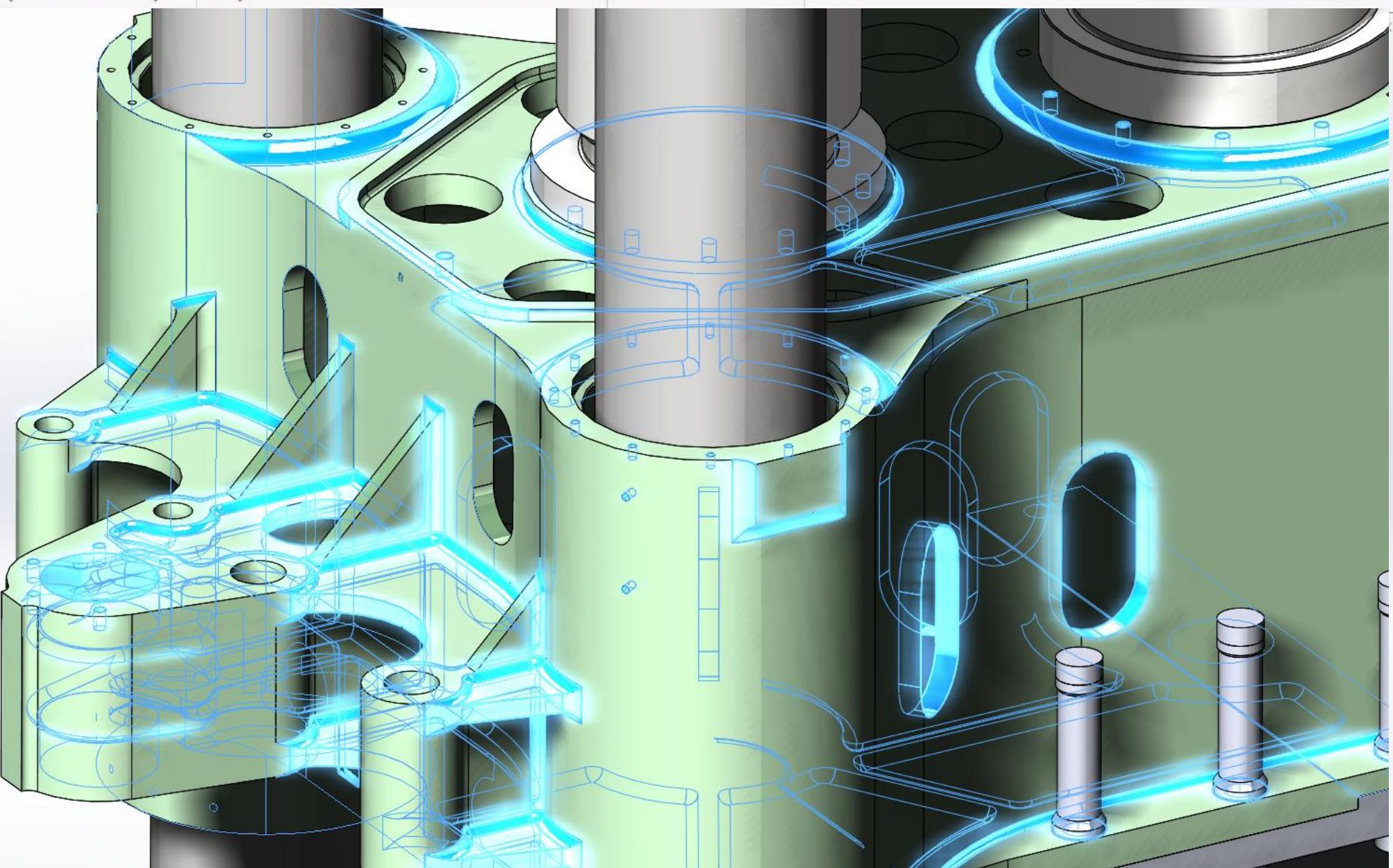
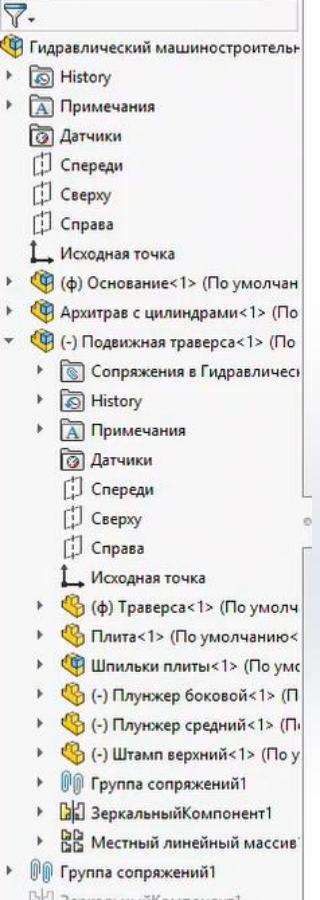
Деформированный результат  
Сравнить результаты

Design Insight  
Отчет

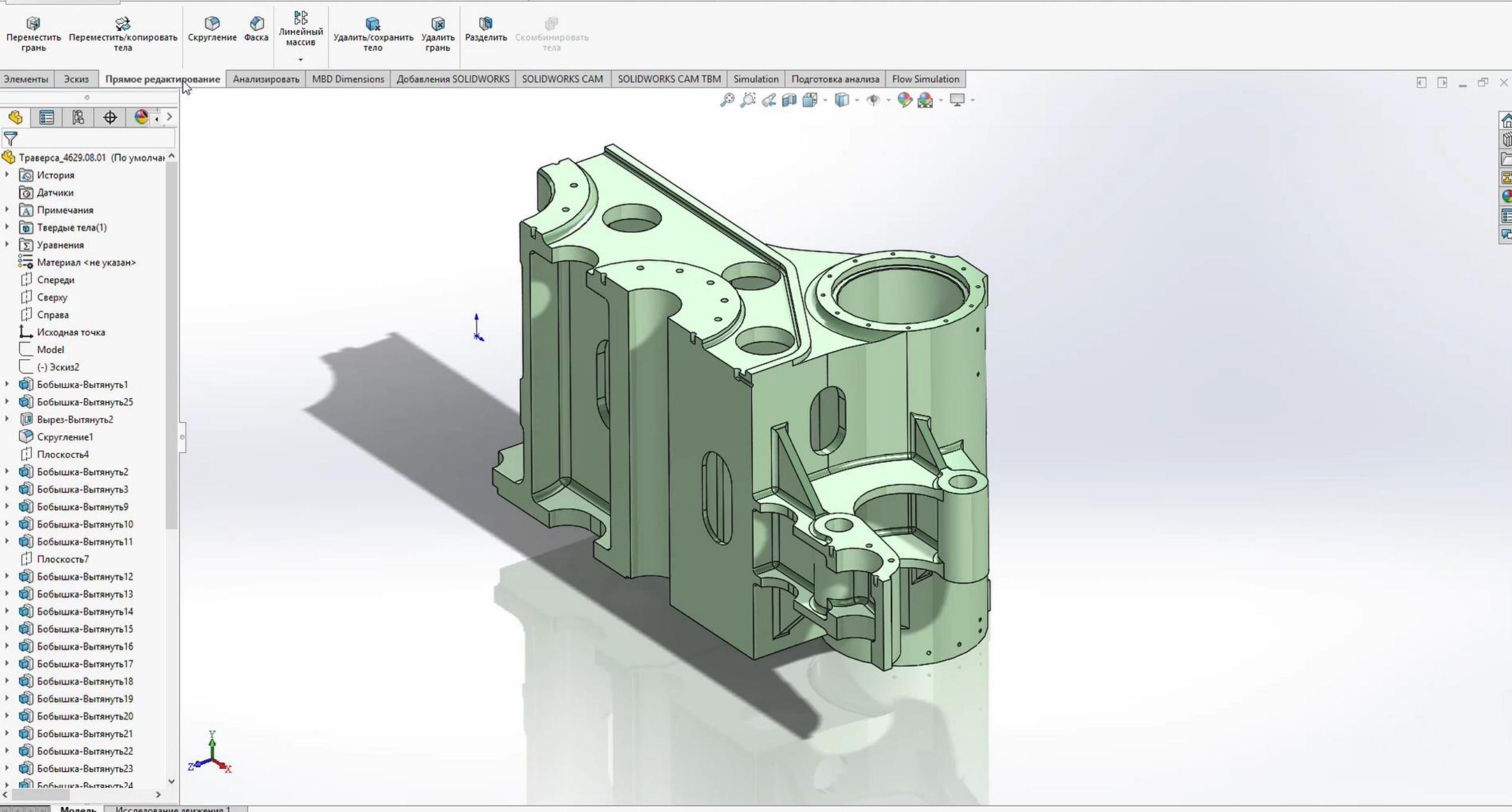
Моделирование со снижением нагрузки  
Включить изображение в отчет

Управление сетью  
Внешние виды, сцены и н...

Сборка Расположение Эскиз Ана



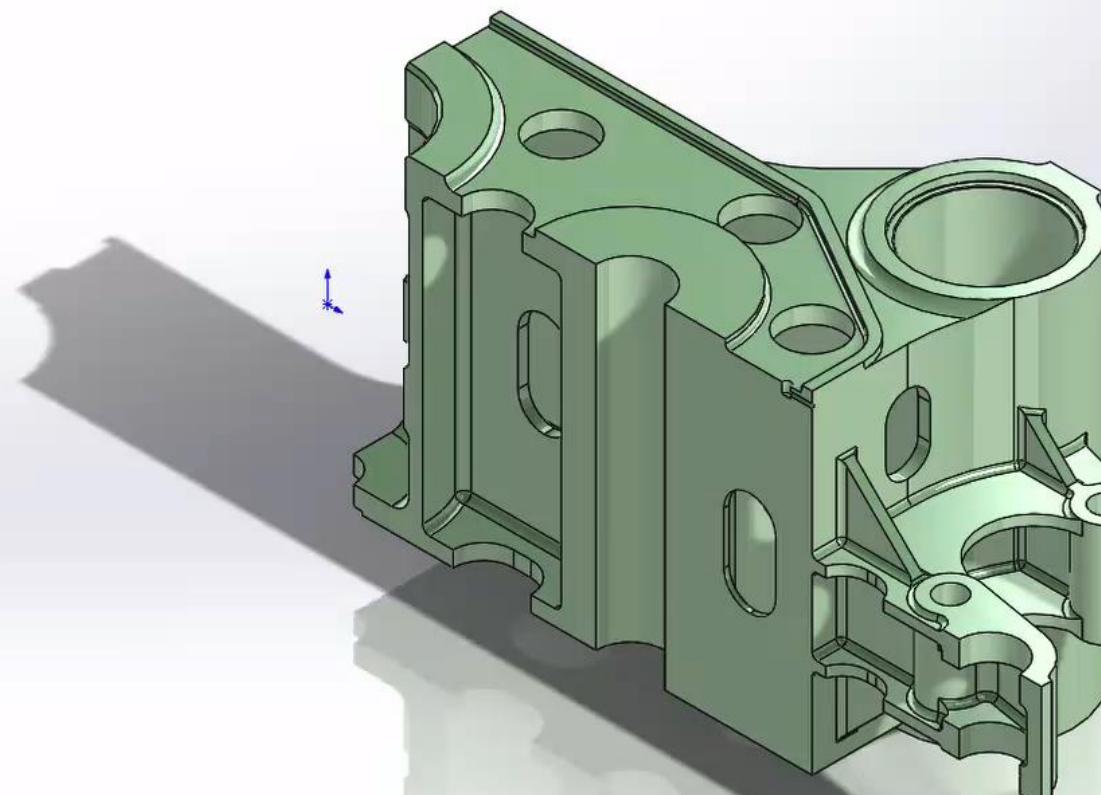
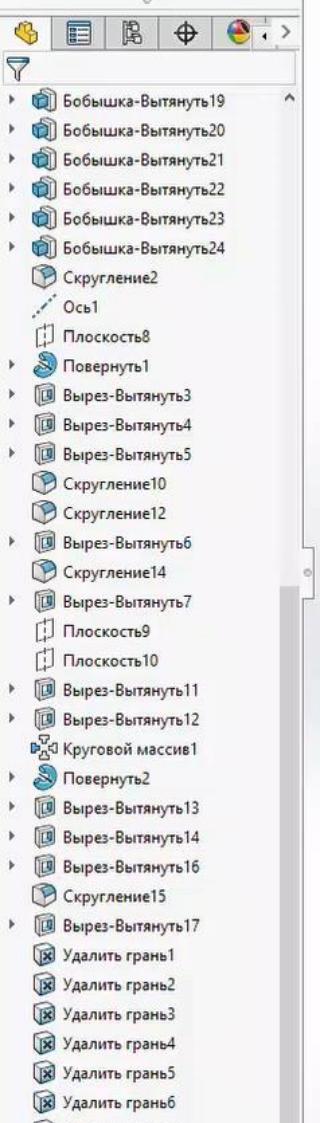
Модель Анимация



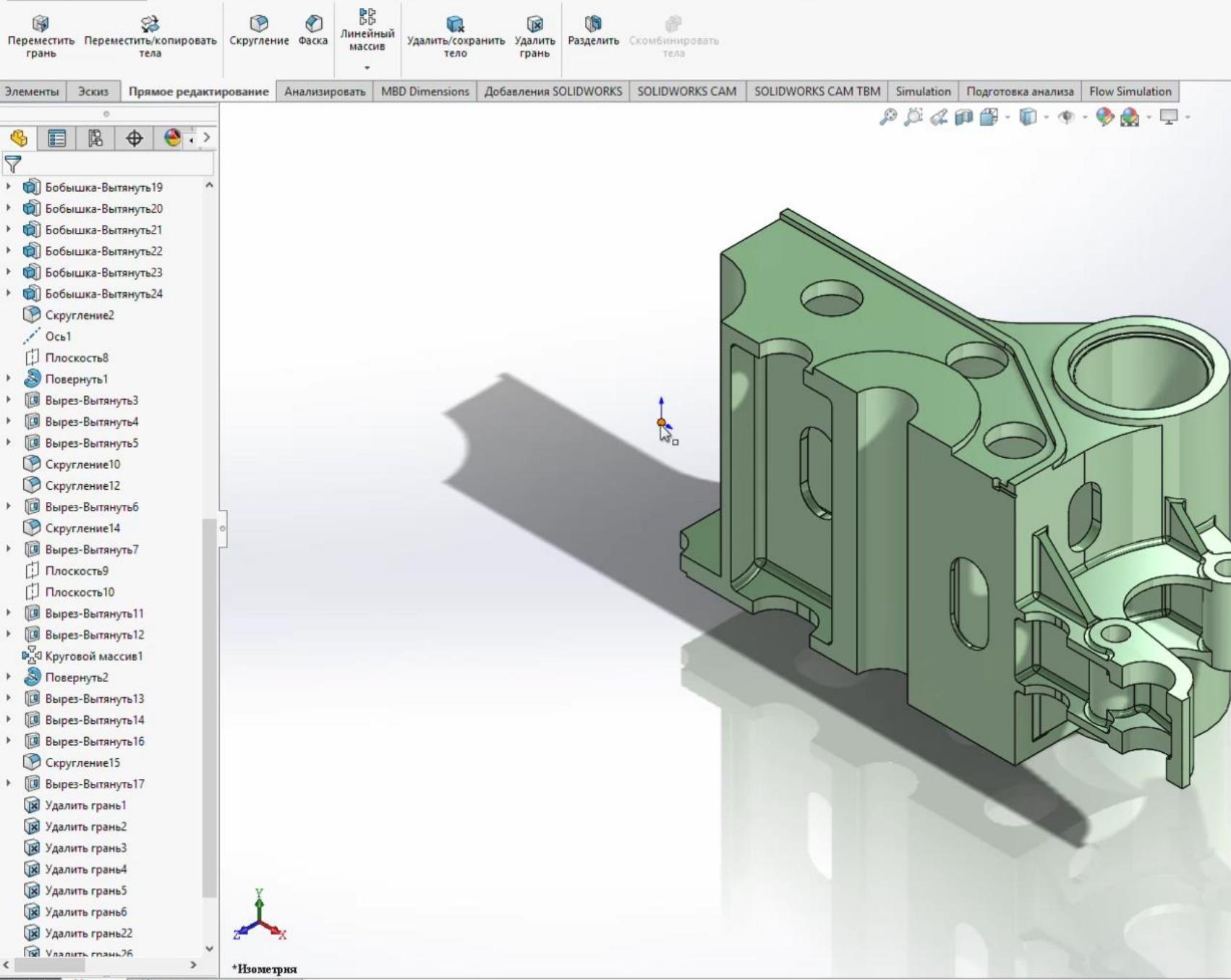
Переместить грань  
Переместить/копировать тела

Скругление Фаска  
Линейный массив  
Удалить/сохранить тело  
Удалить грань  
Разделить  
Сканировать тела

Элементы Эскиз Прямое редактирование Анализировать MBD Dimensions Добавления SOLIDWORKS SOLIDWORKS CAM SOLIDWORKS CAM TBM Simulation Подготовка анализа Flow Simulation



Модель Исследование движения 1

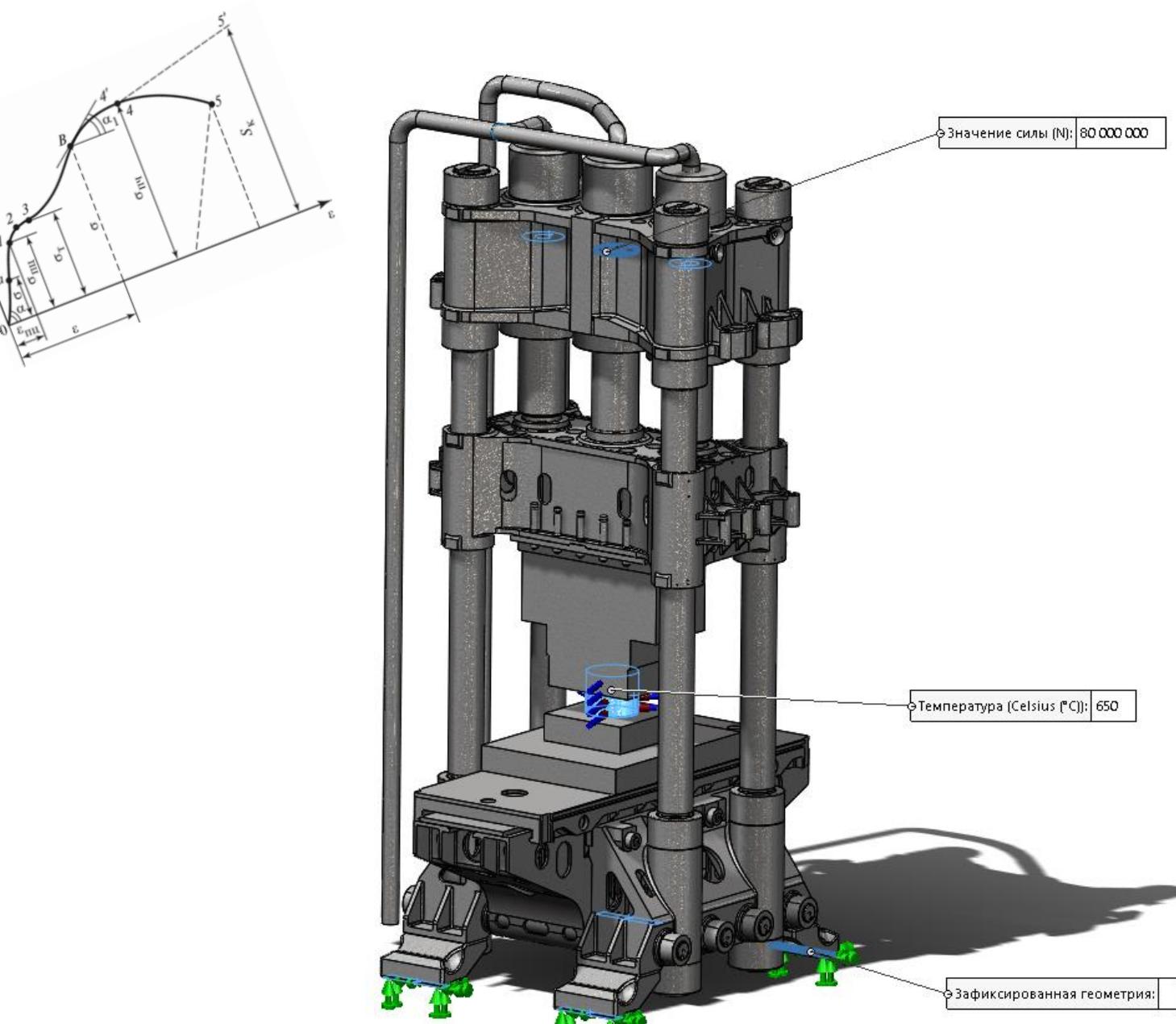


# Расчёт на прочность

1

- Упрощение модели
- Наложение на модель граничных условий

2



- ✓ Определение материала
- ✓ Задание закреплений
- ✓ Приложение нагрузок:
  - Усилие от цилиндров
  - Нагрев от продукции

# Расчёт на прочность

1

- Упрощение модели

2

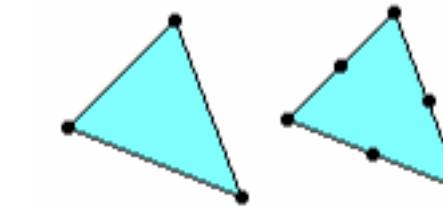
- Наложение на модель граничных условий
- Выбор типа используемых конечных элементов

3

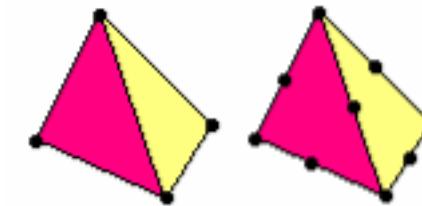
# Типы конечных элементов



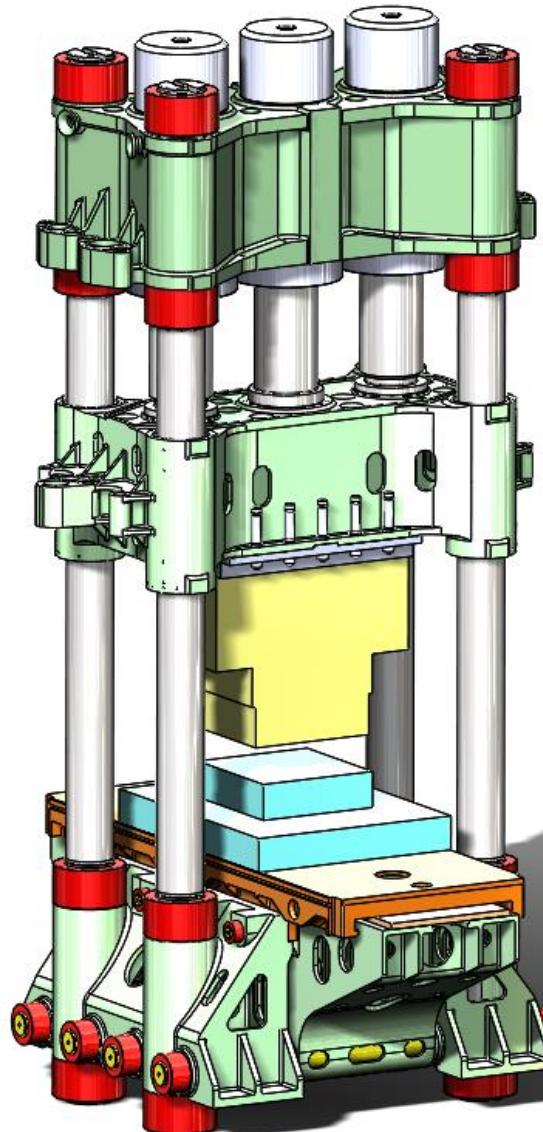
– стержневые



– оболочечные



– твердотельные



- ✗ Стержневые элементы
- ✗ Балочные элементы
- ✓ Твердотельные элементы

# Расчёт на прочность

1

- Упрощение модели

2

- Наложение на модель граничных условий

3

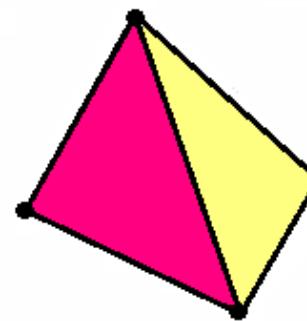
- Выбор типа используемых конечных элементов

- Оптимизация сетки конечных элементов



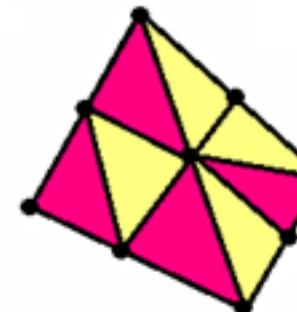
# Адаптивные сетки SOLIDWORKS Simulation

Стандартная сетка



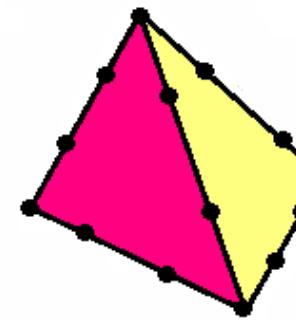
\*1й и 2й порядок

h-адаптивная сетка

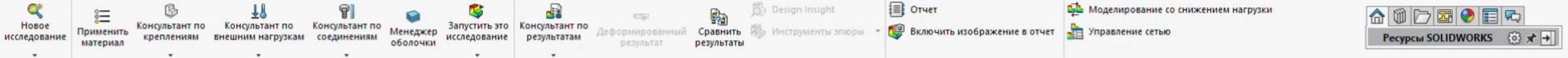


\*1й и 2й порядок

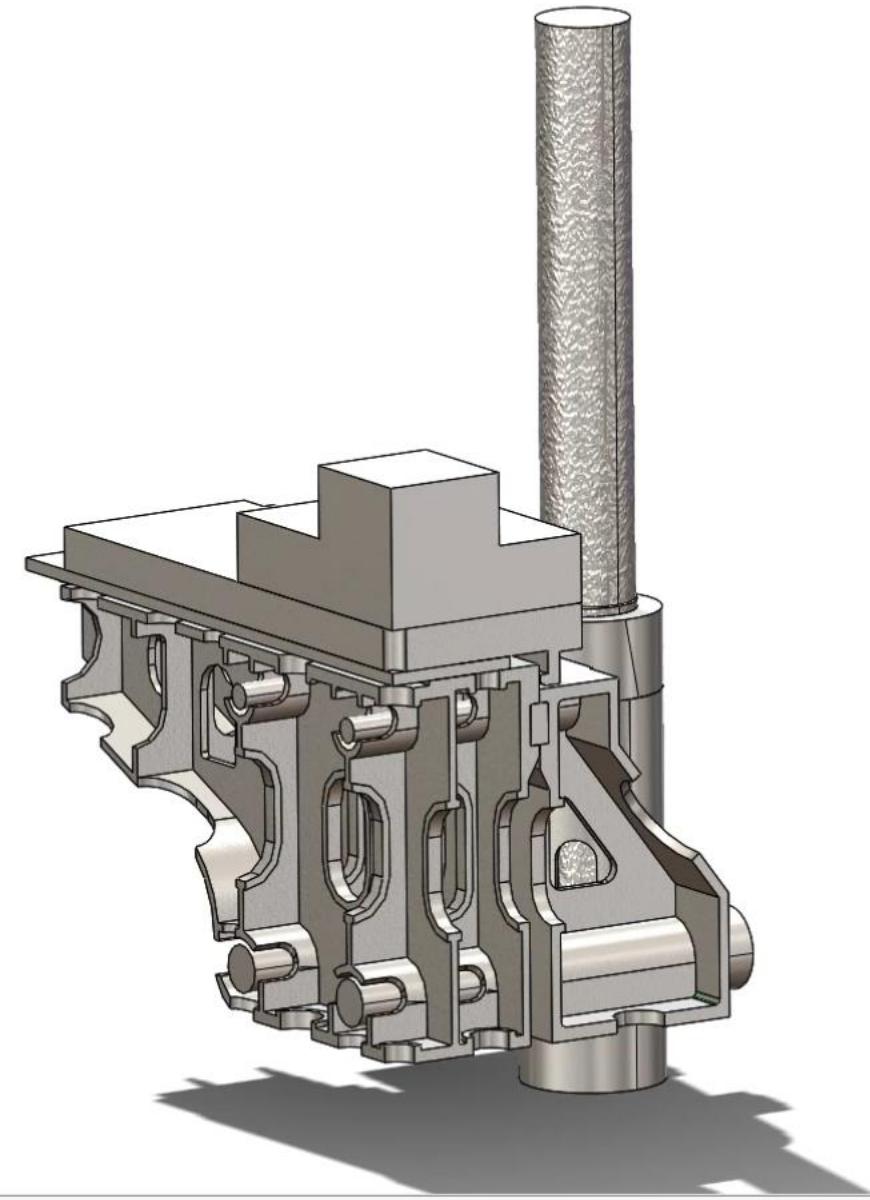
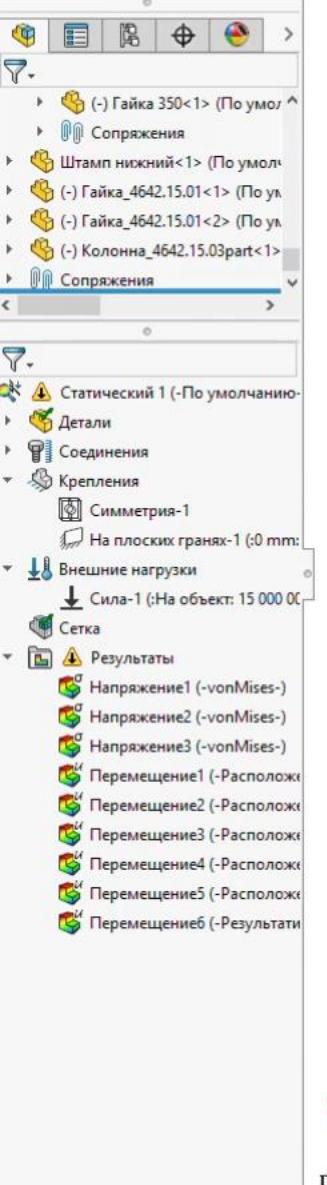
p-адаптивная сетка



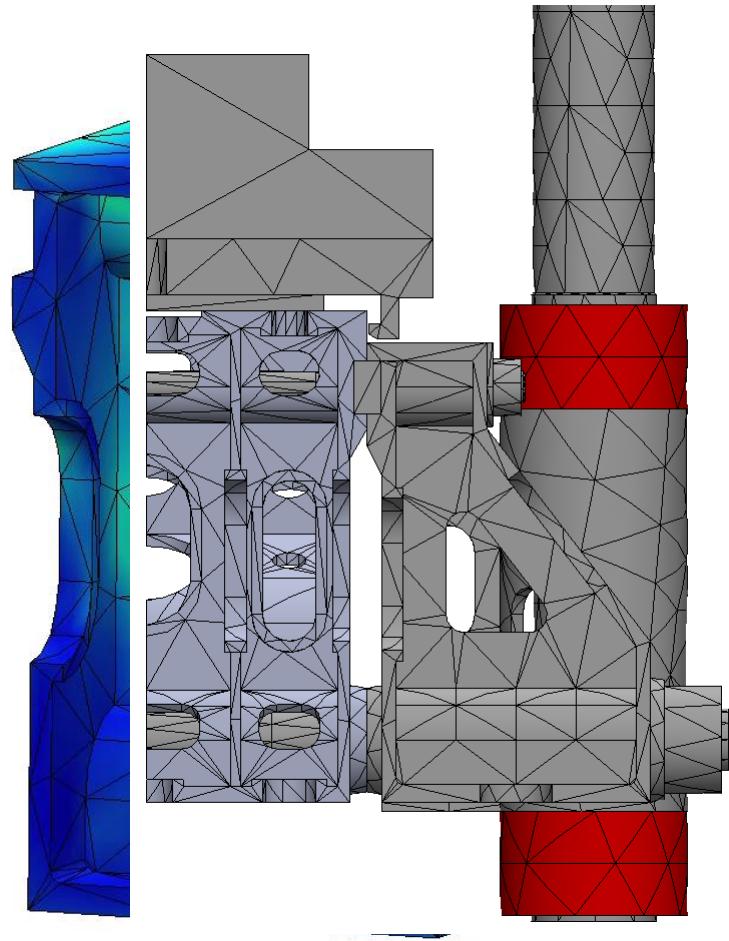
\*3й, 4й и 5й порядки



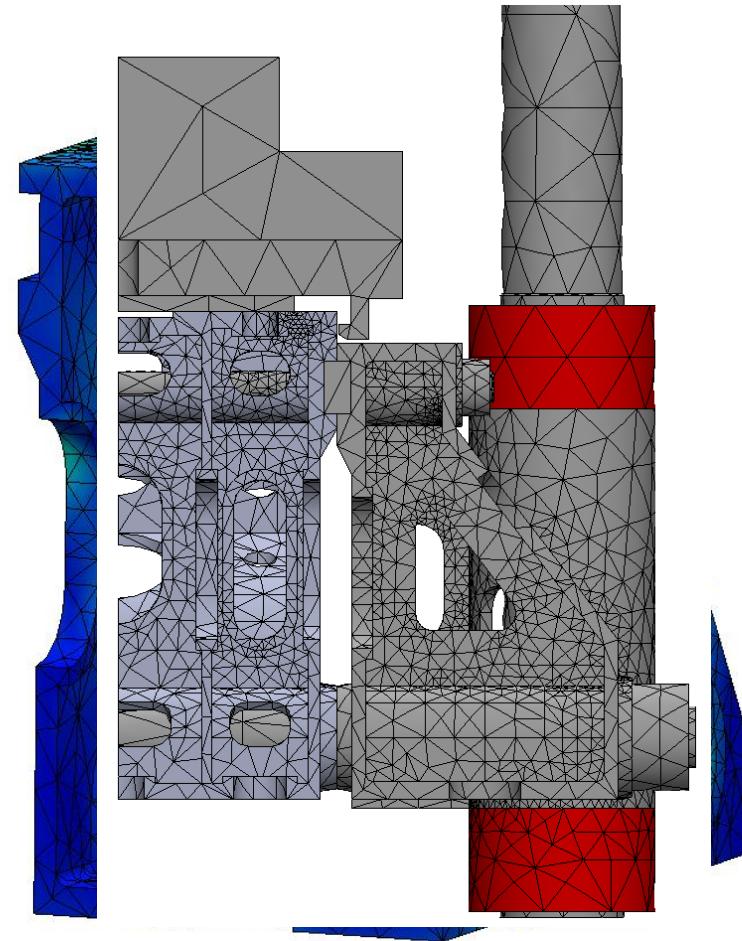
Сборка Расположение Эскиз Анализировать Добавления SOLIDWORKS Simulation Flow Simulation



# Сравнение сетки до и после адаптации



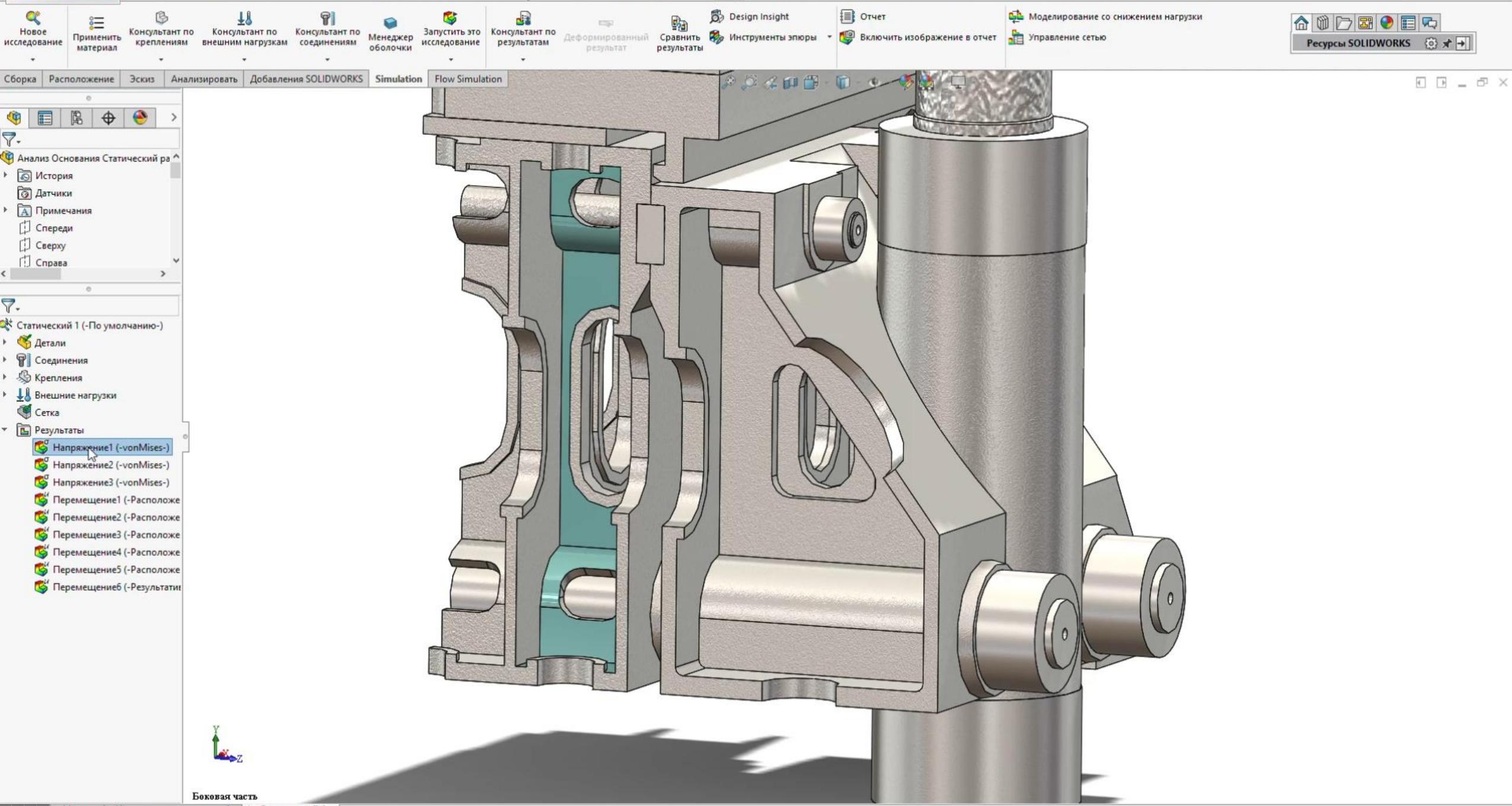
Стандартная сетка



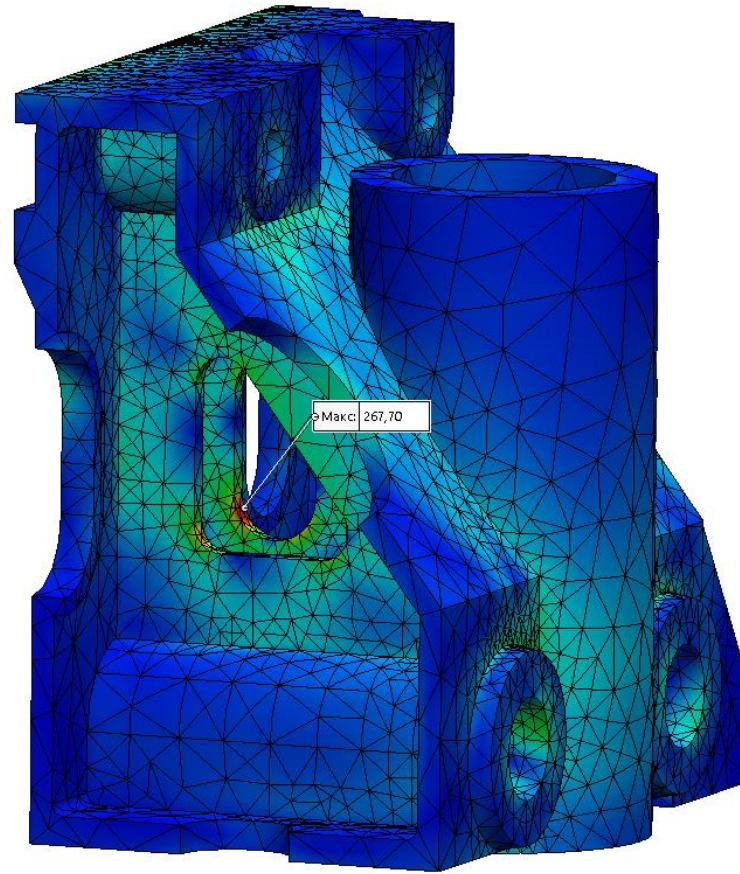
h – адаптивная сетка

# Расчёт на прочность

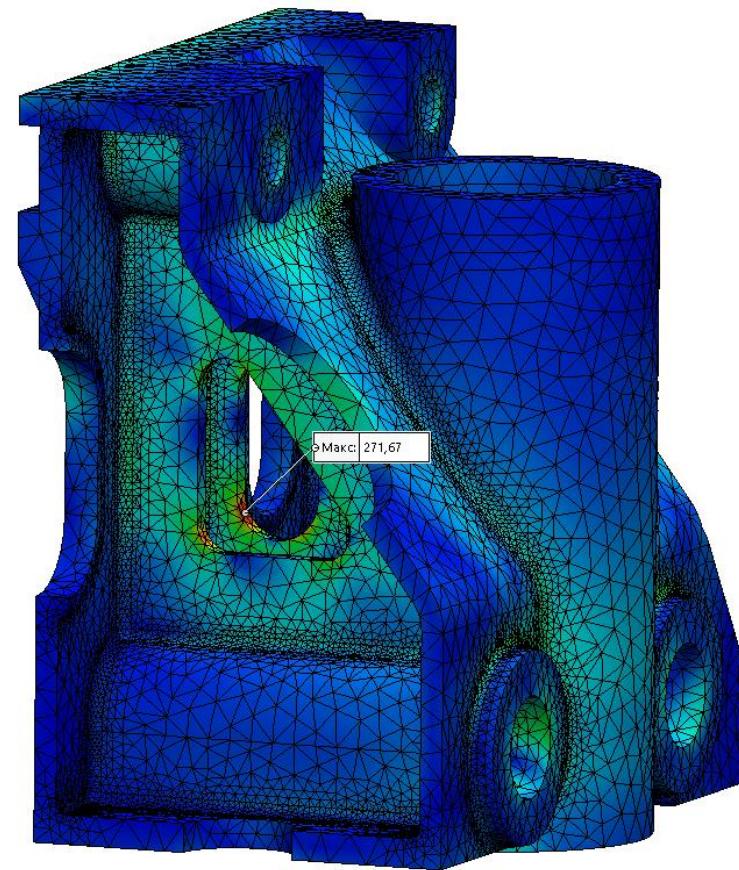
- 1 • Упрощение модели
- 2 • Наложение на модель граничных условий
- 3 • Выбор типа используемых конечных элементов
- 4 • Оптимизация сетки конечных элементов
- 5 • Использование подмодели для глубокого анализа



# Сравнение сетки сборки и подмодели



Сетка сборки



Сетка подмодели

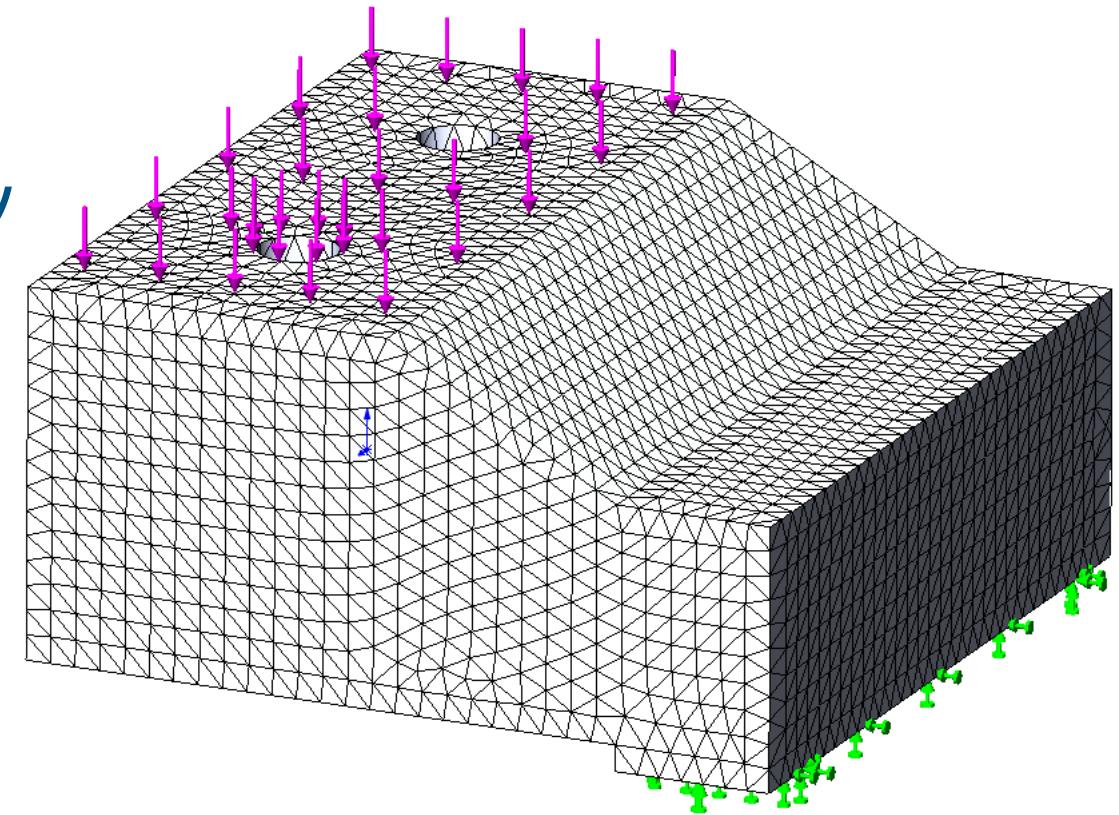
# Расчёт на прочность

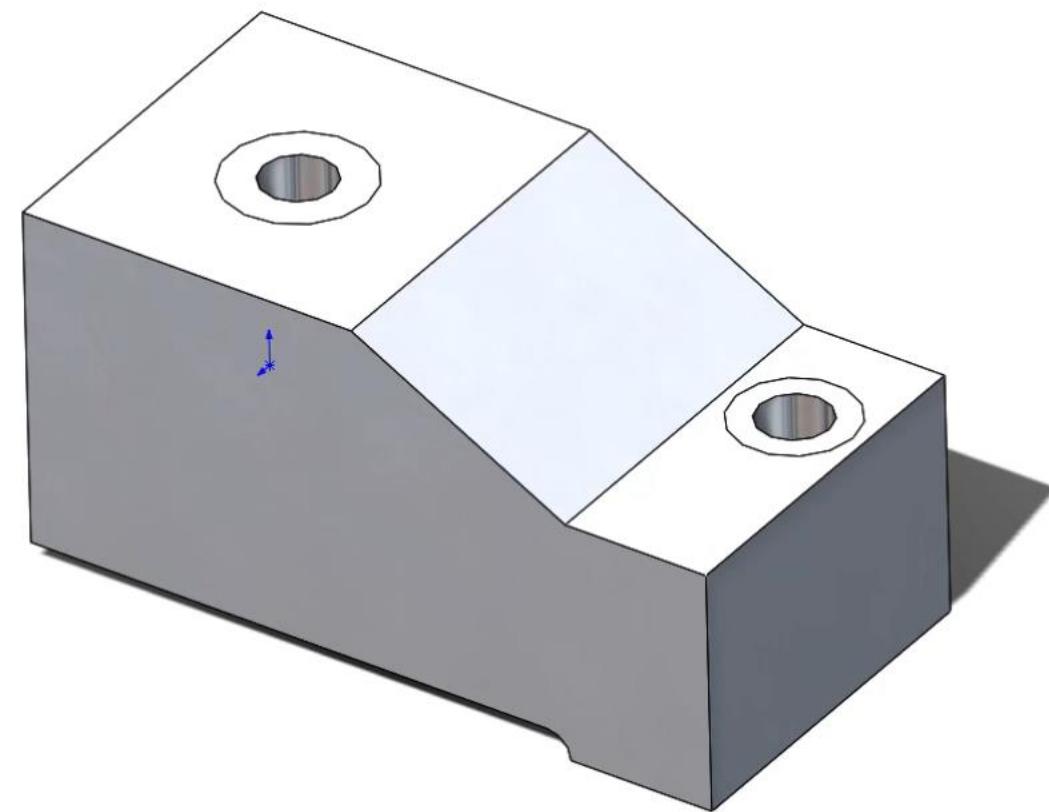
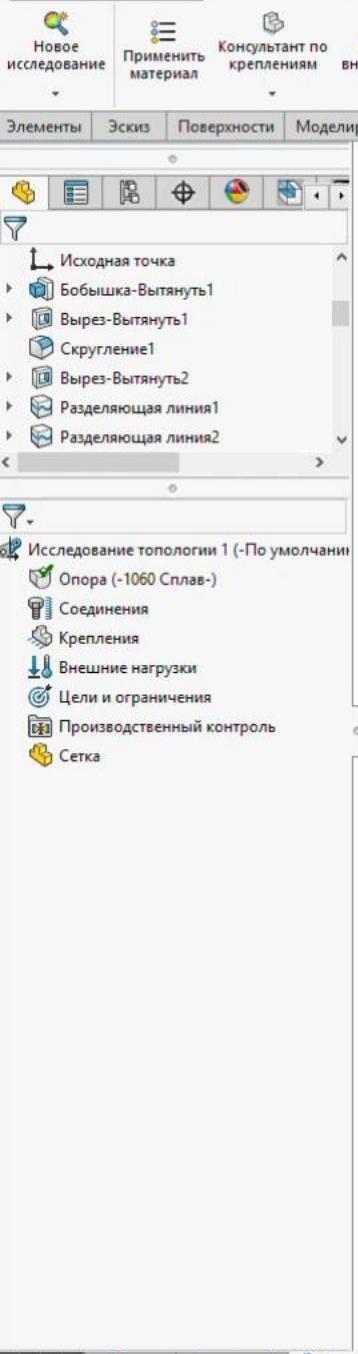
- 1 • Упрощение модели
- 2 • Наложение на модель граничных условий
- 3 • Выбор типа используемых конечных элементов
- 4 • Оптимизация сетки конечных элементов
- 5 • Использование подмодели для глубокого анализа
- 6 • Анализ топологии

# Оптимизация топологии

## Цели:

- Снизить вес конструкции
- Определить наилучшую форму
- Ограничить максимальные напряжения



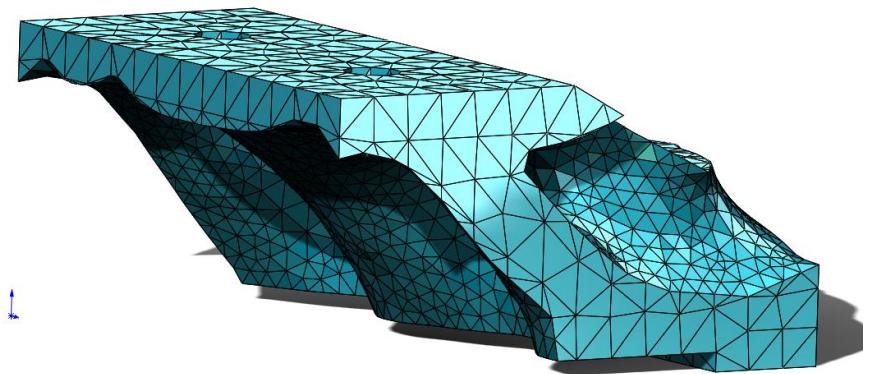
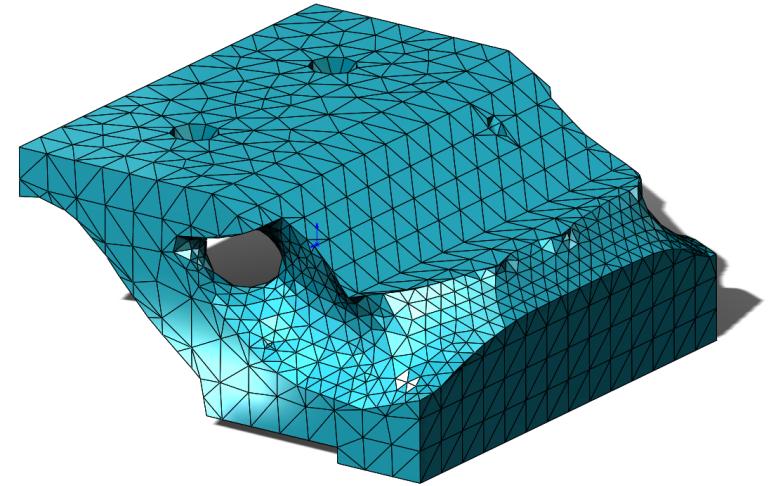


# Оптимизация топологии

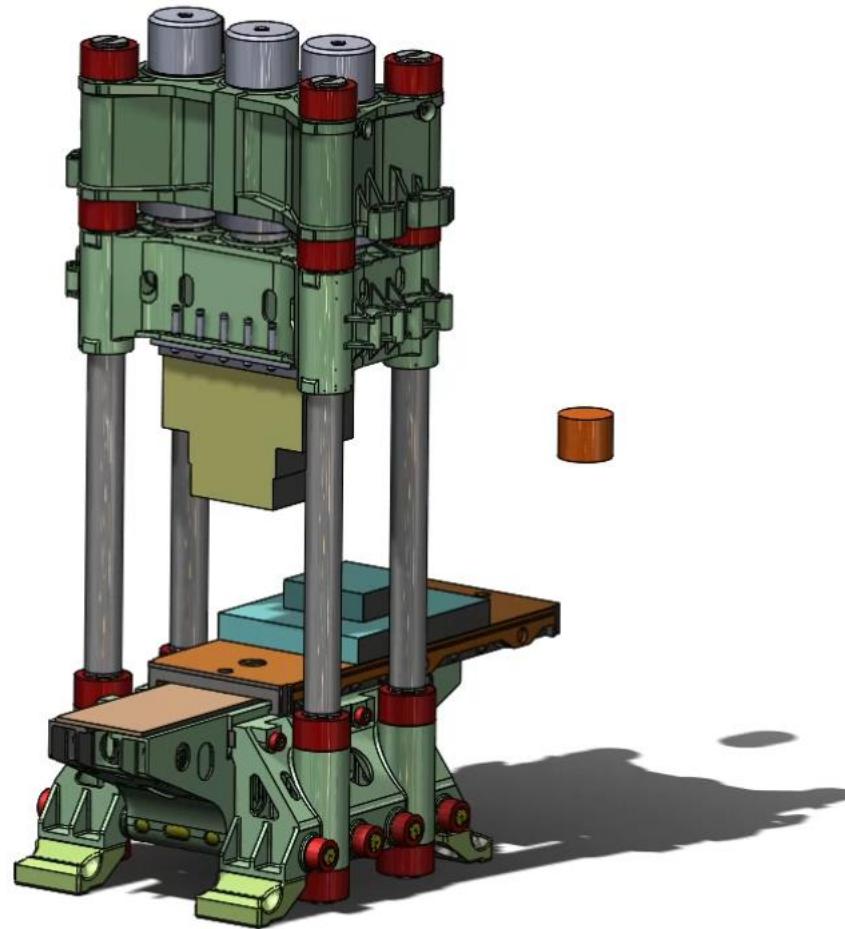
Результат оптимизации:

Снижение массы конструкции

Сохранение запаса прочности на том же  
уровне



# Расчеты на прочность в SOLIDWORKS Simulation



- ✓ Статические расчёты
- ✓ Исследование усталости конструкций
- ✓ Кинематический анализ
- ✓ Термический анализ
- ✓ Частотный анализ

# What's New in SOLIDWORKS 2020



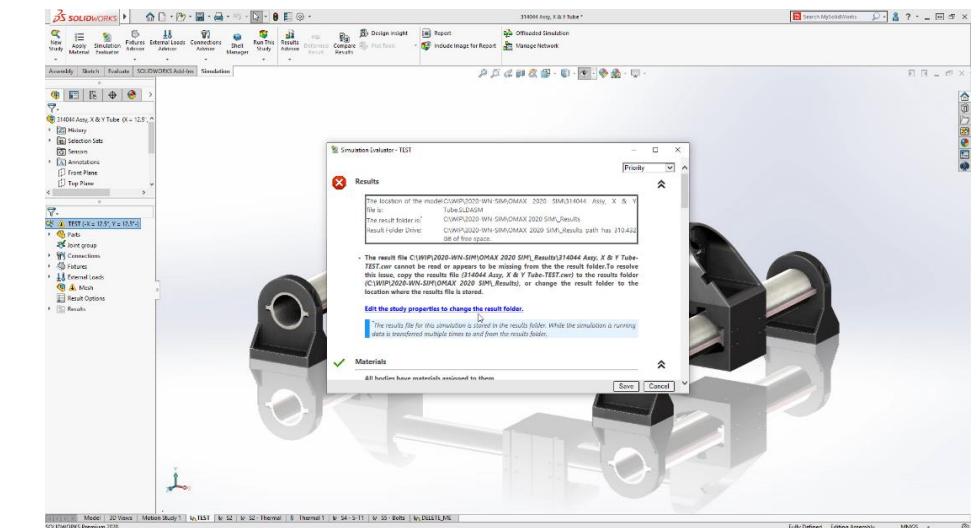
Image courtesy of Resemin S.A

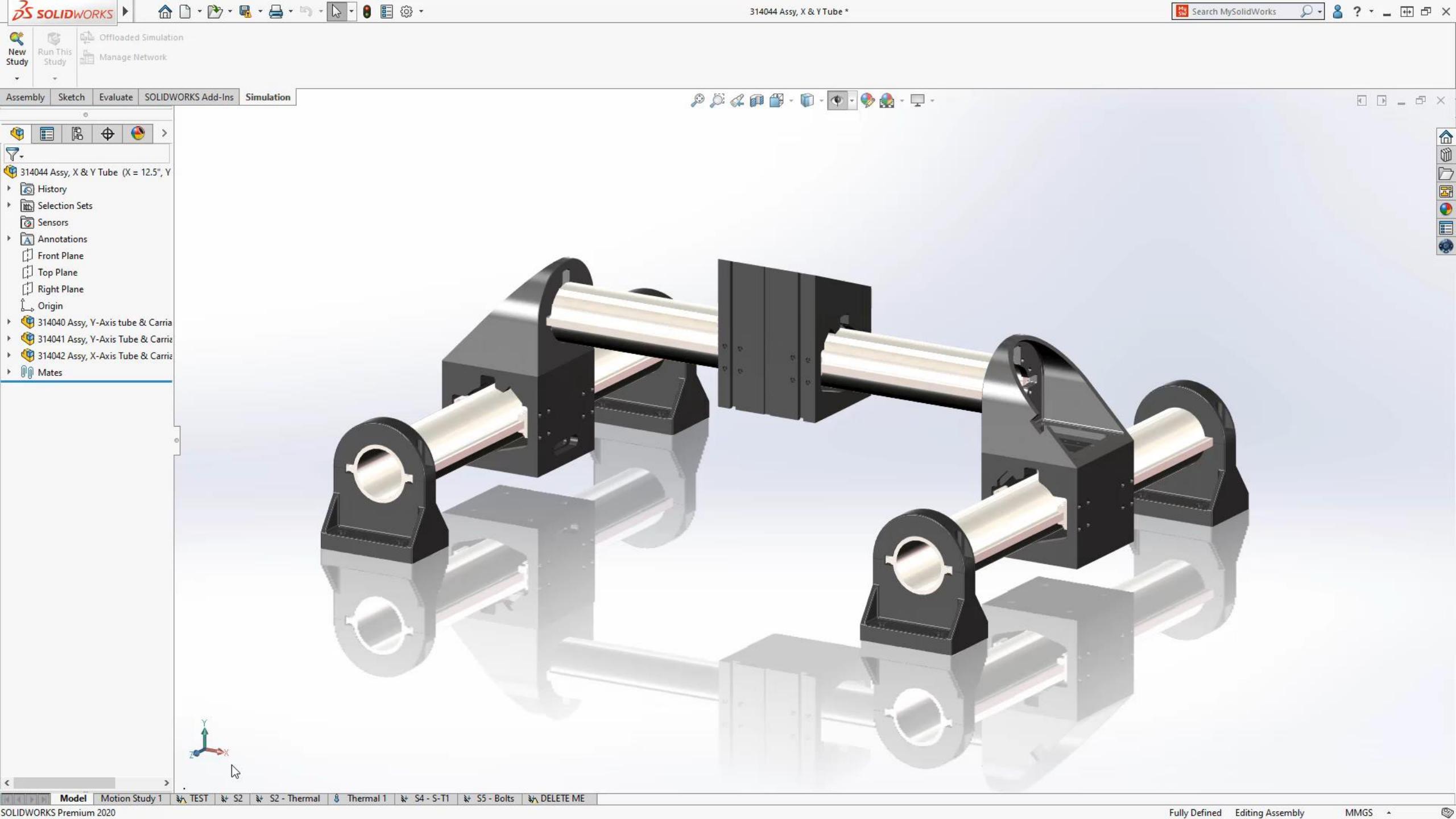
# Пользовательский интерфейс

SHIFT+C свернёт дерево исследования

SIMULATION Evaluator проверит настройки  
исследования и оценит их оптимальность

Удалить исследование можно не открывая его.





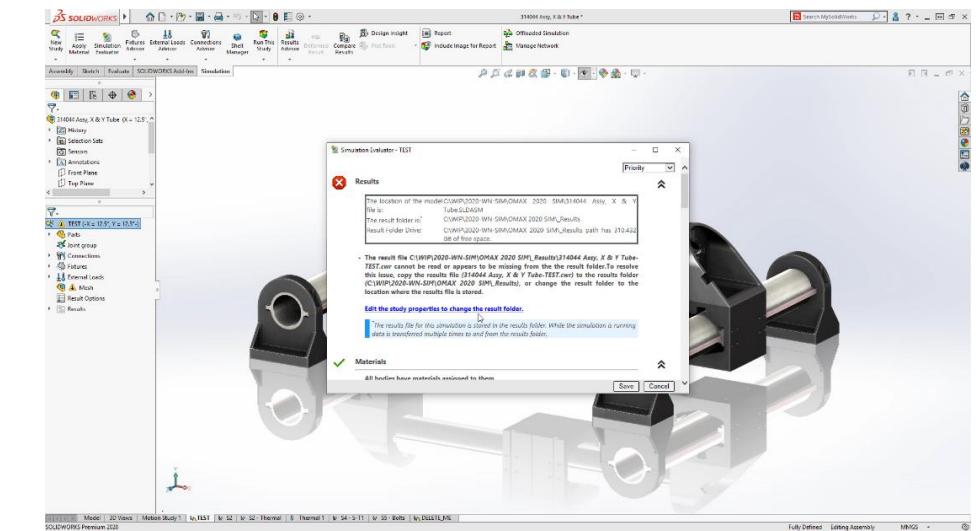
# Пользовательский интерфейс

SHIFT+C свернёт дерево исследования

SIMULATION Evaluator проверит настройки  
исследования и оценит их оптимальность

Удалить исследование можно не открывая его.

*Работа в *Simulation* стала  
быстрее и эффективнее*

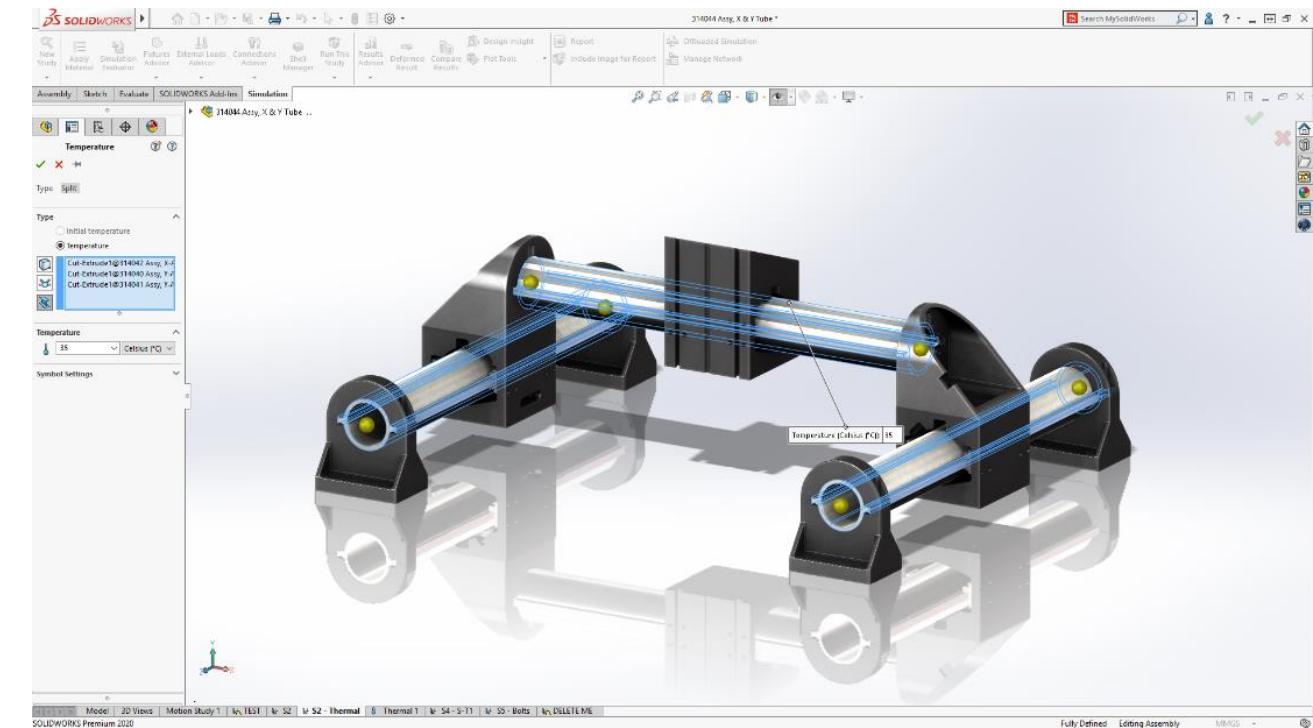


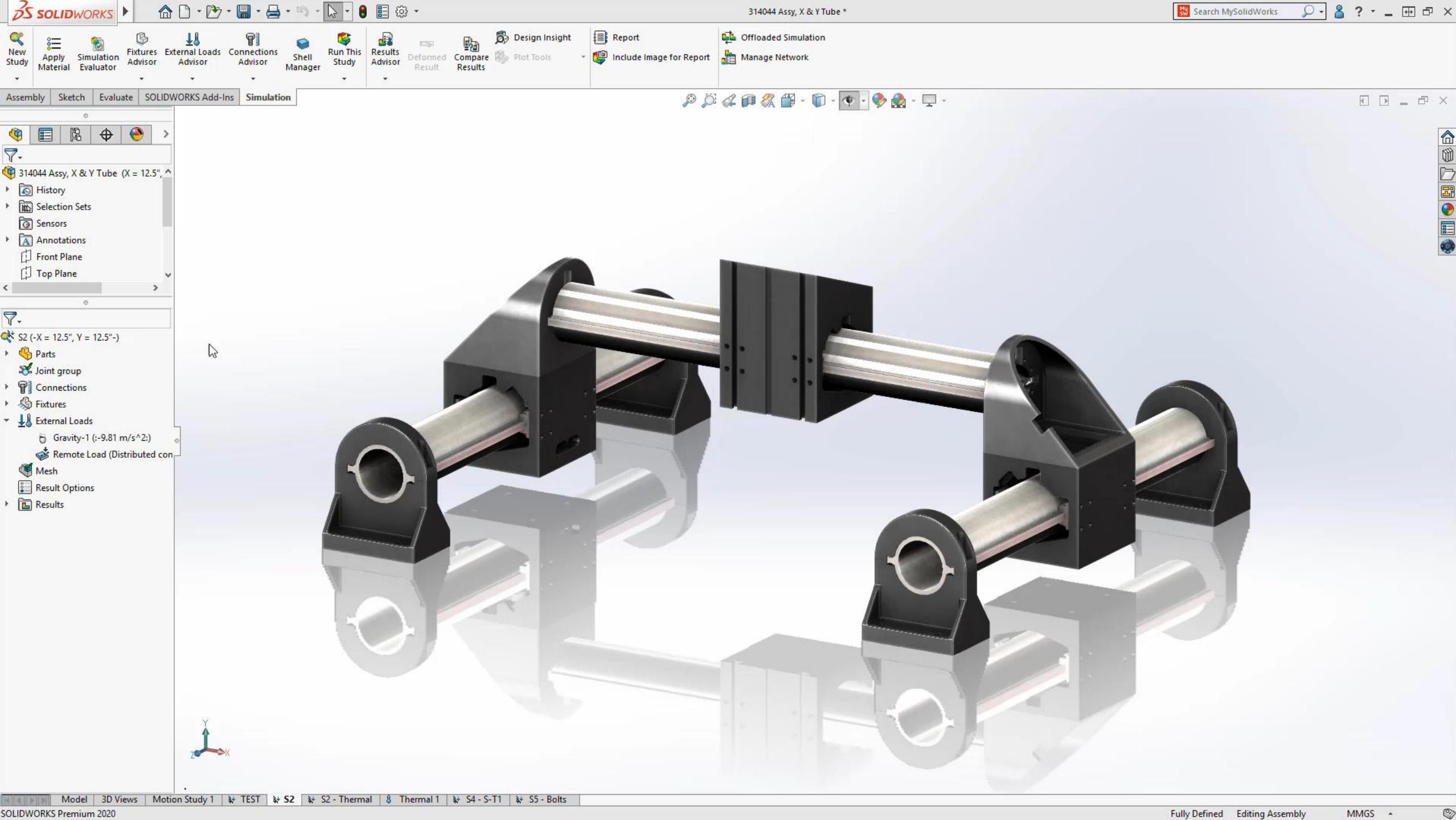
# Расчёты. Балочные элементы

Теперь поддерживают термические нагрузки

Статические исследования  
учитывают термические  
процессы в балках

Термические исследования  
позволяют включать балки



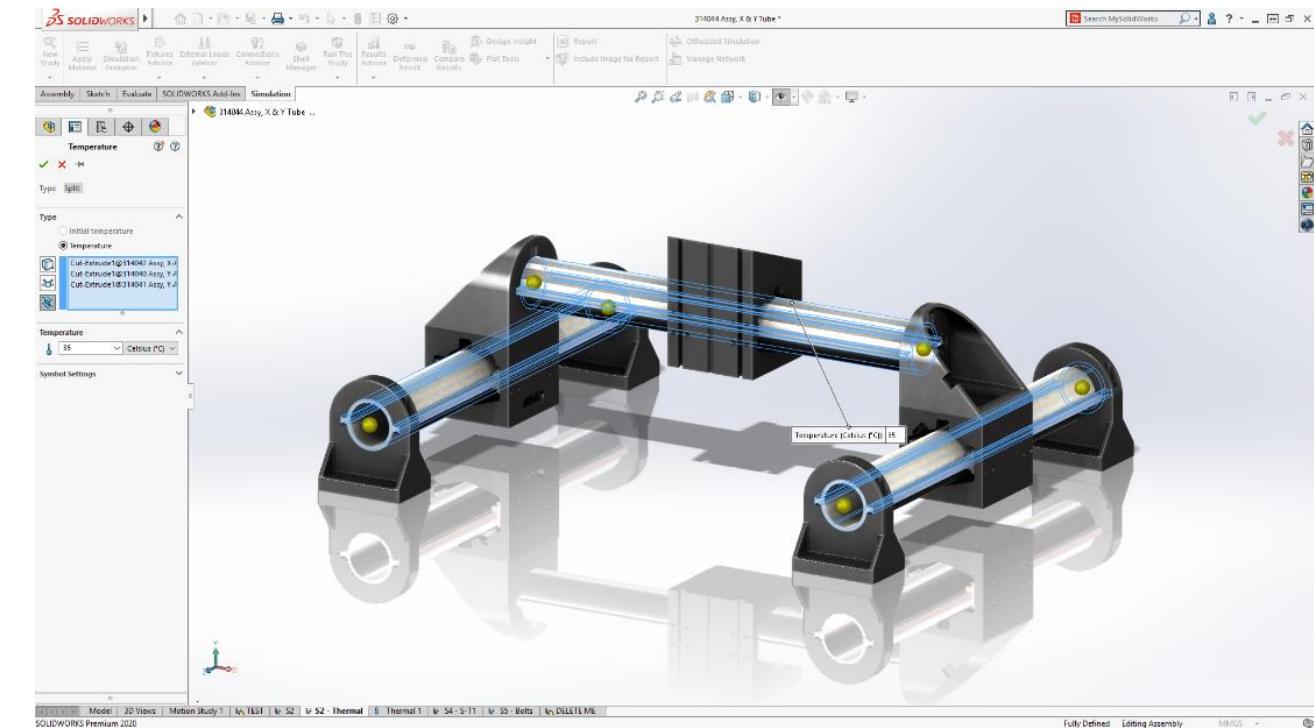


# Расчёты. Балочные элементы

Теперь поддерживают термические нагрузки

Статические исследования  
учитывают термические  
процессы в балках

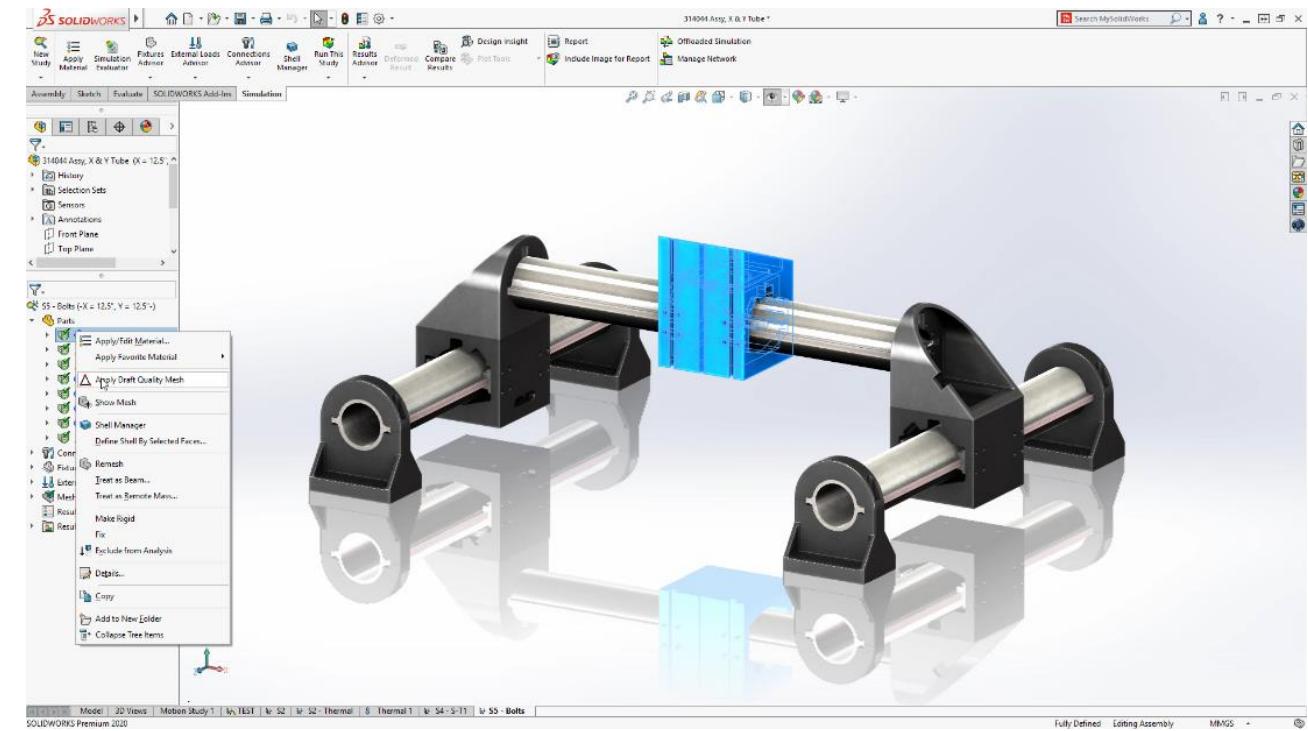
Термические исследования  
позволяют включать балки  
*Поддержка более  
реальных условий*

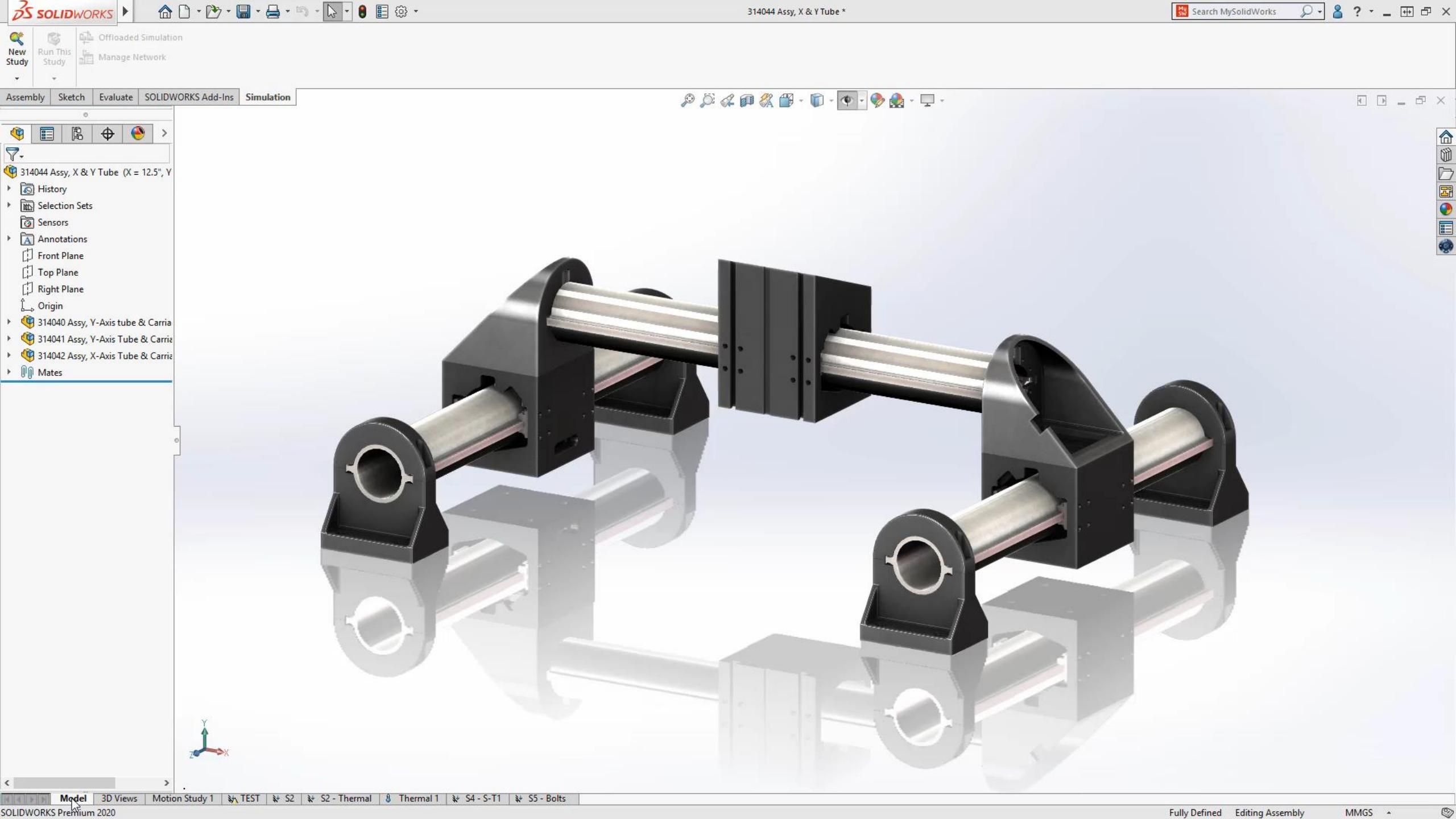


# Расчёты. Распределение напряжений

Выбор качества сетки для каждой детали - отдельно

Болтовые и штифтовые  
соединители работают с  
распределенным типом  
соединения



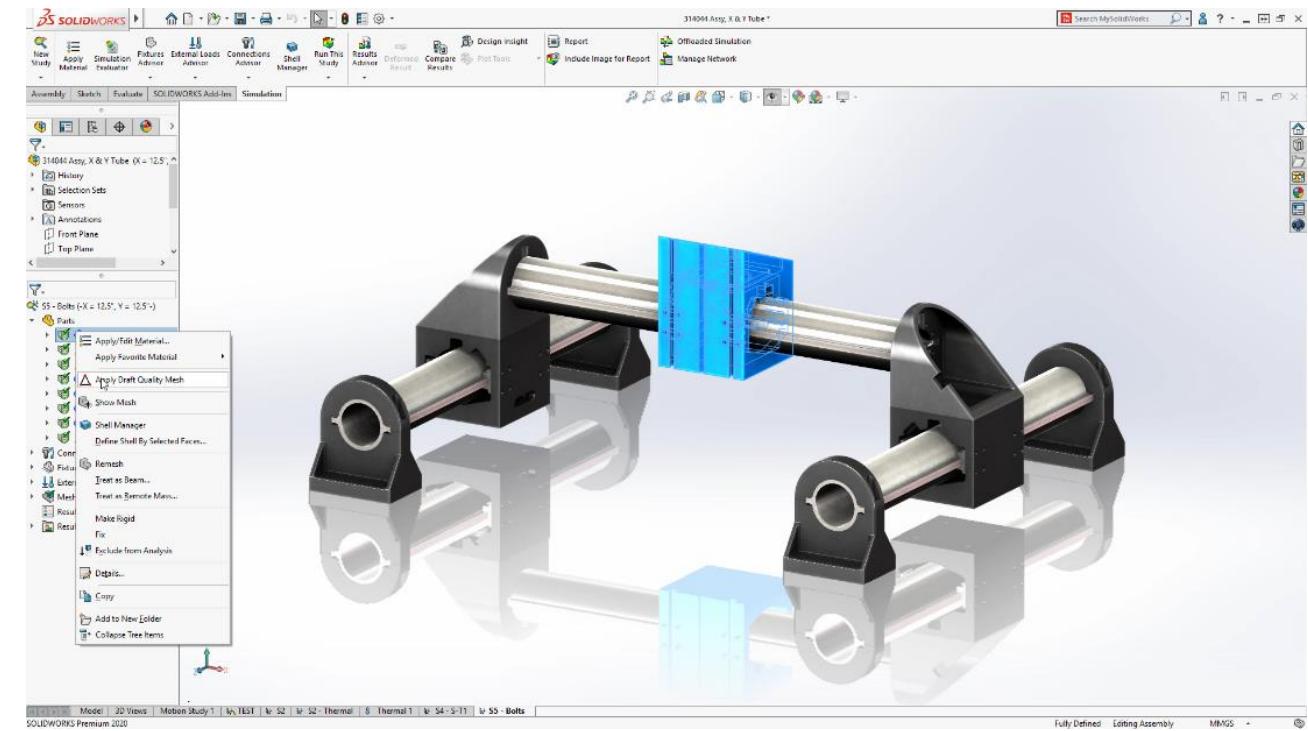


# Расчёты. Распределение напряжений

Выбор качества сетки для каждой детали - отдельно

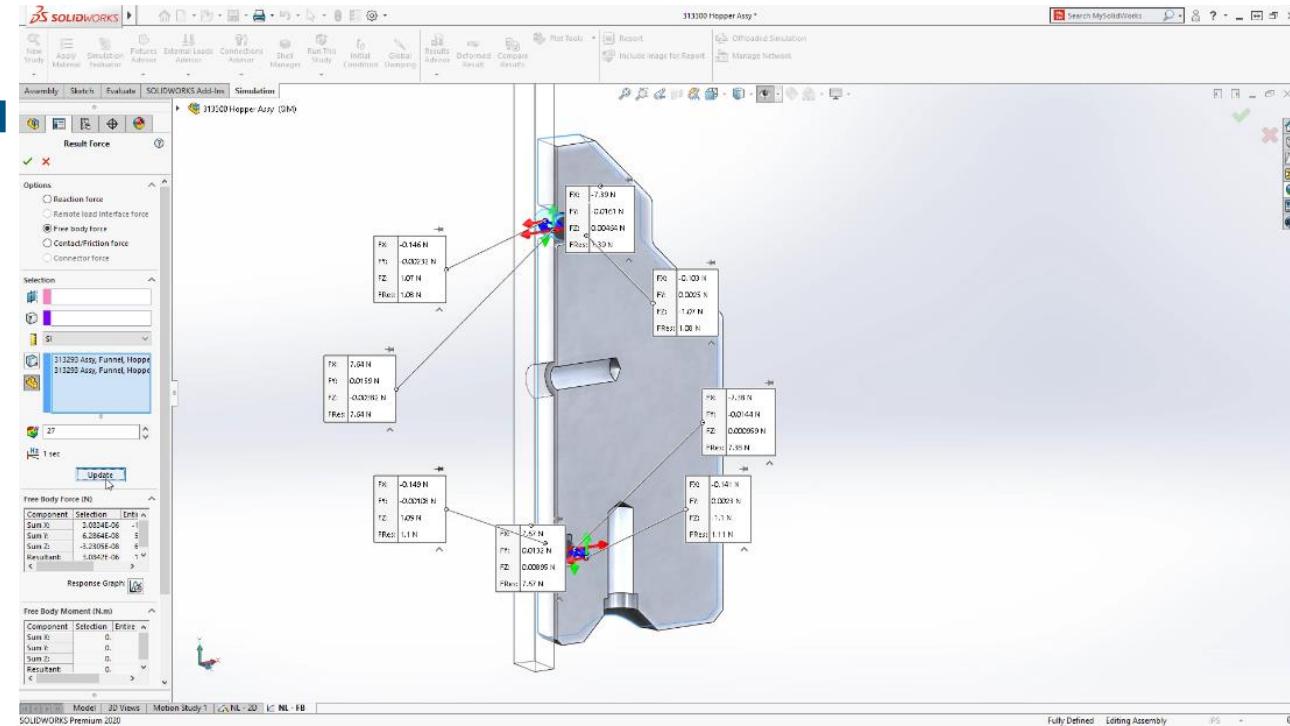
Болтовые и штифтовые  
соединители работают с  
распределенным типом  
соединения

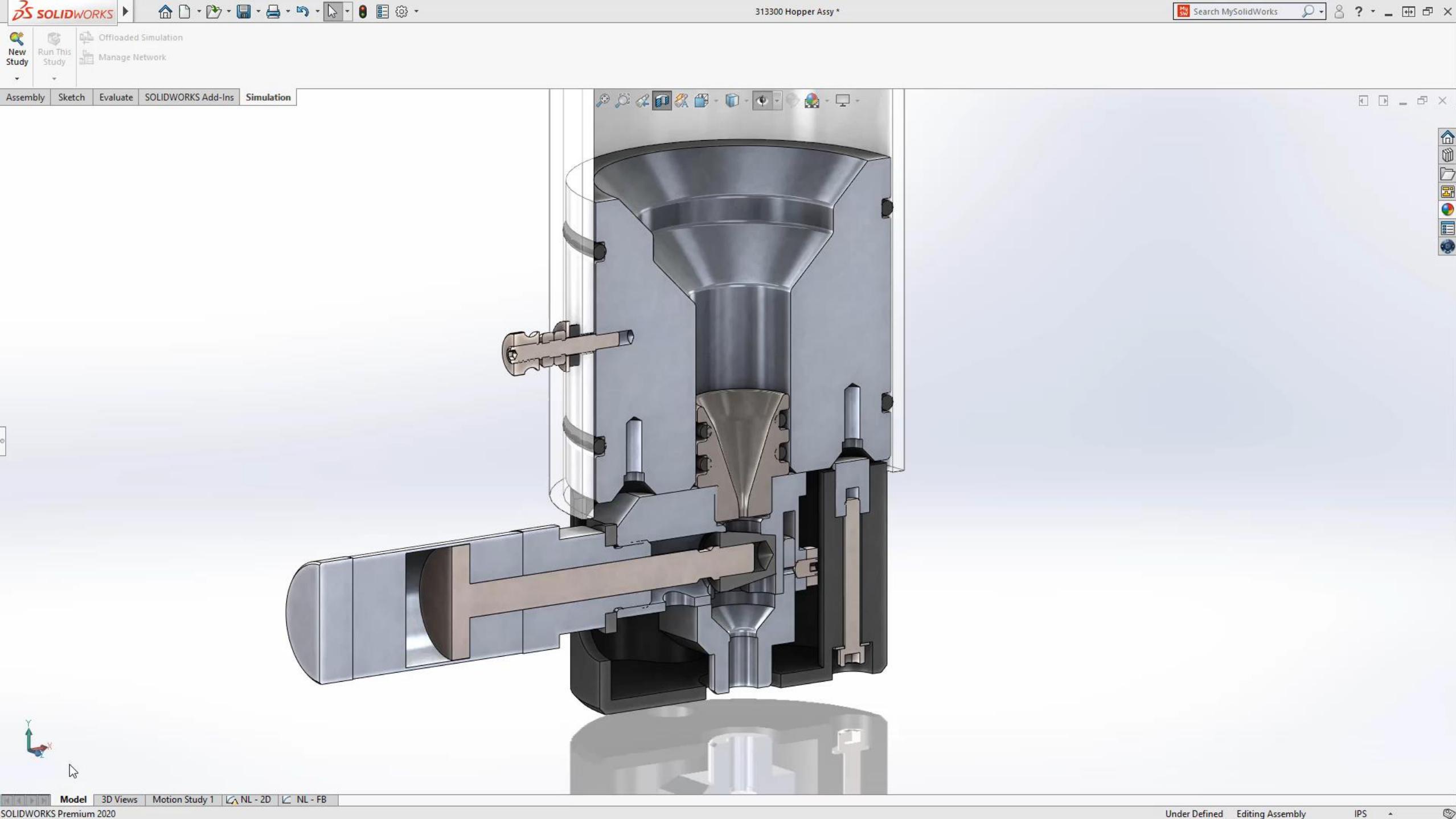
*Высокое качество  
результатов там, где  
оно вам нужно*



# Расчёты

Силы свободных тел доступны для  
Нелинейной статики  
Нелинейной динамики

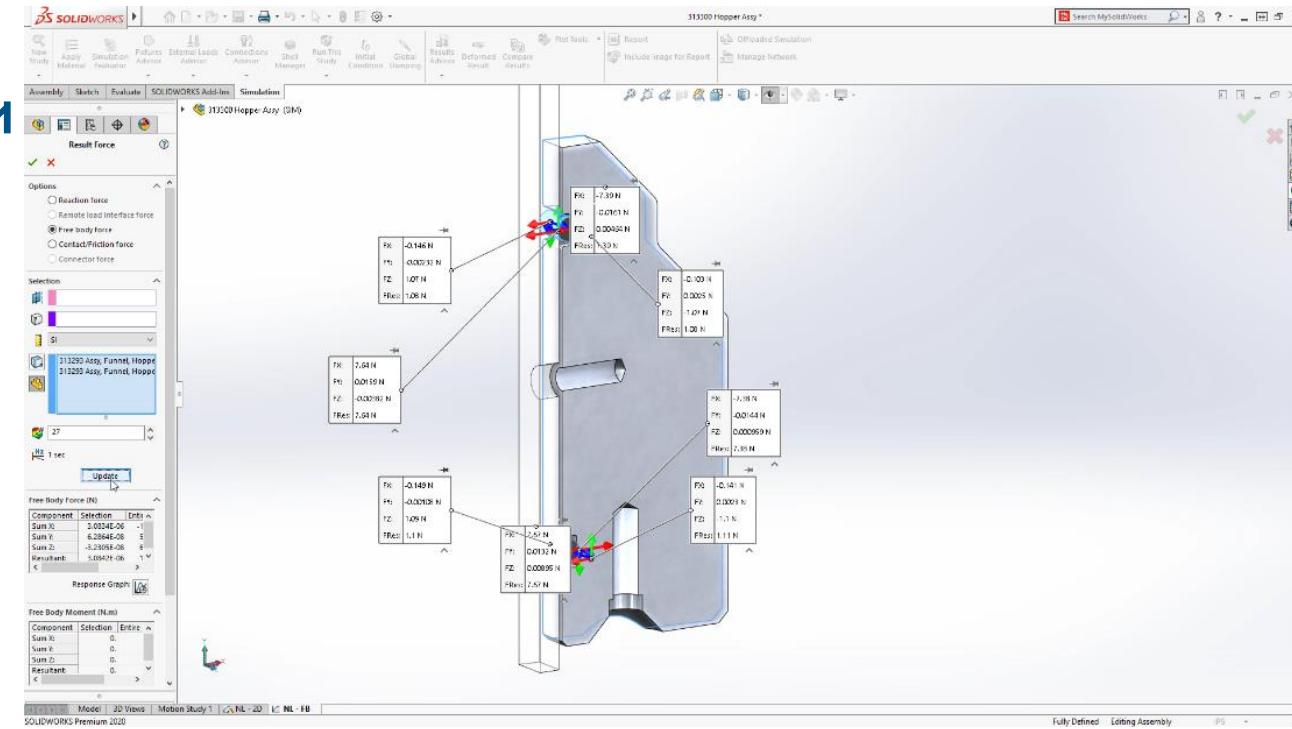




# Расчёты

Силы свободных тел доступны для  
Нелинейной статики  
Нелинейной динамики

Подробные  
результаты для  
ваших расчётов



# What's New in SOLIDWORKS 2020

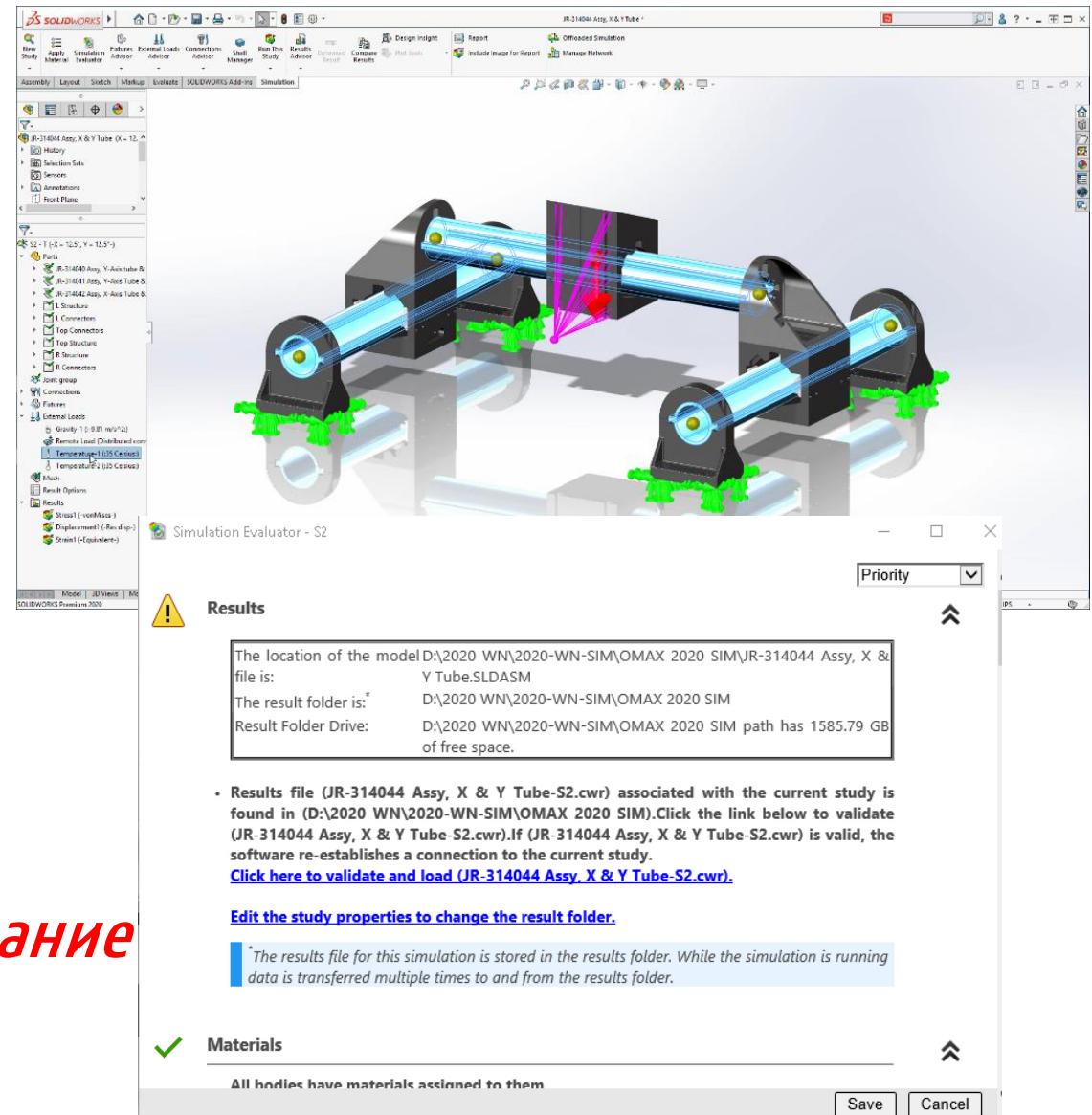
## SIMULATION Evaluator

Термические нагрузки в балках

Распределение усилий в соединителях

Силы свободных тел в нелинейной статике и динамике

*Быстрое, простое и точное моделирование  
для ускорения расчетов*



# СПАСИБО!

