

DS.COM/SOLIDWORKS © Dassault Systèmes | Confidential Information | 11/20/2019 | DS_Document_2014

SOLIDWORKS SUMMIT RUSSIA 2019 16 октября 2019 г.





3DEXPERIENCE®

SOLIDWORKS Simulation

Прочностные расчеты

Зуев Евгений
Инженер по системам САЕ

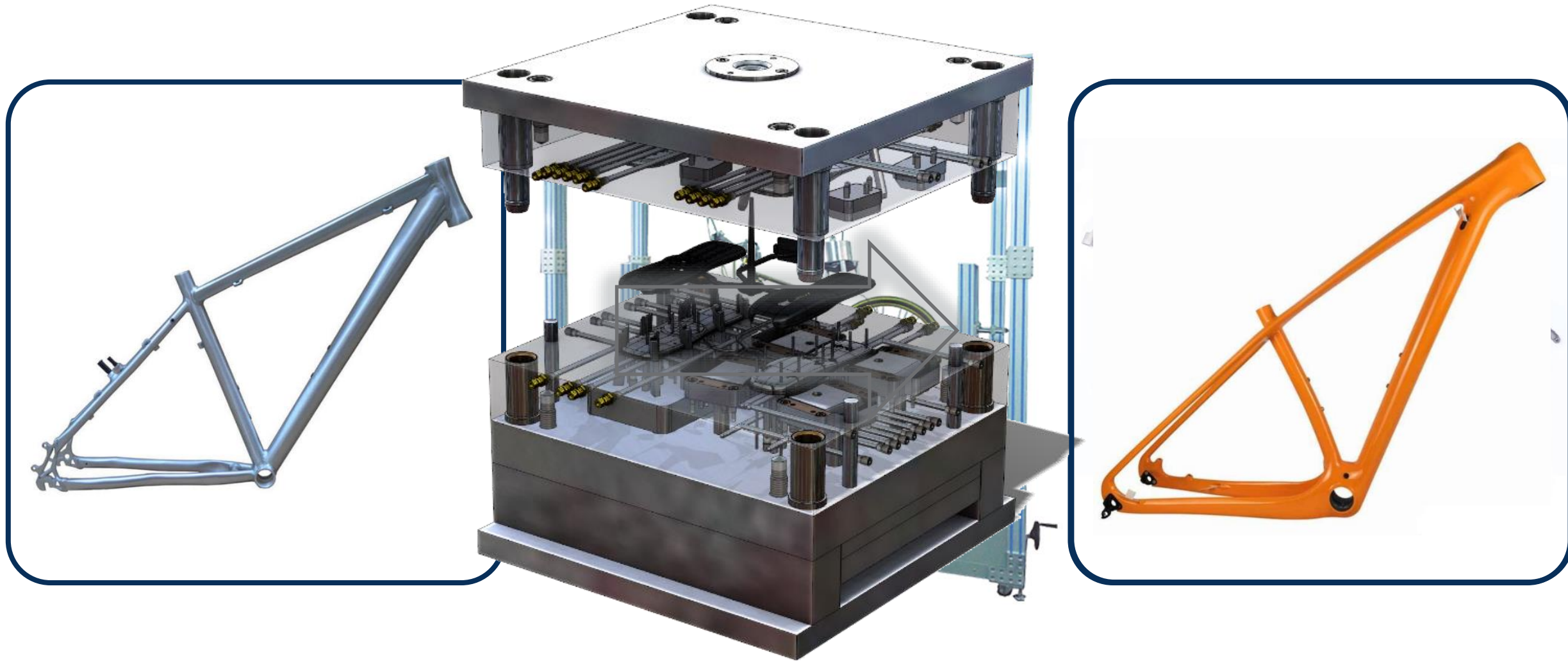


Виртуальные исследования в среде SOLIDWORKS

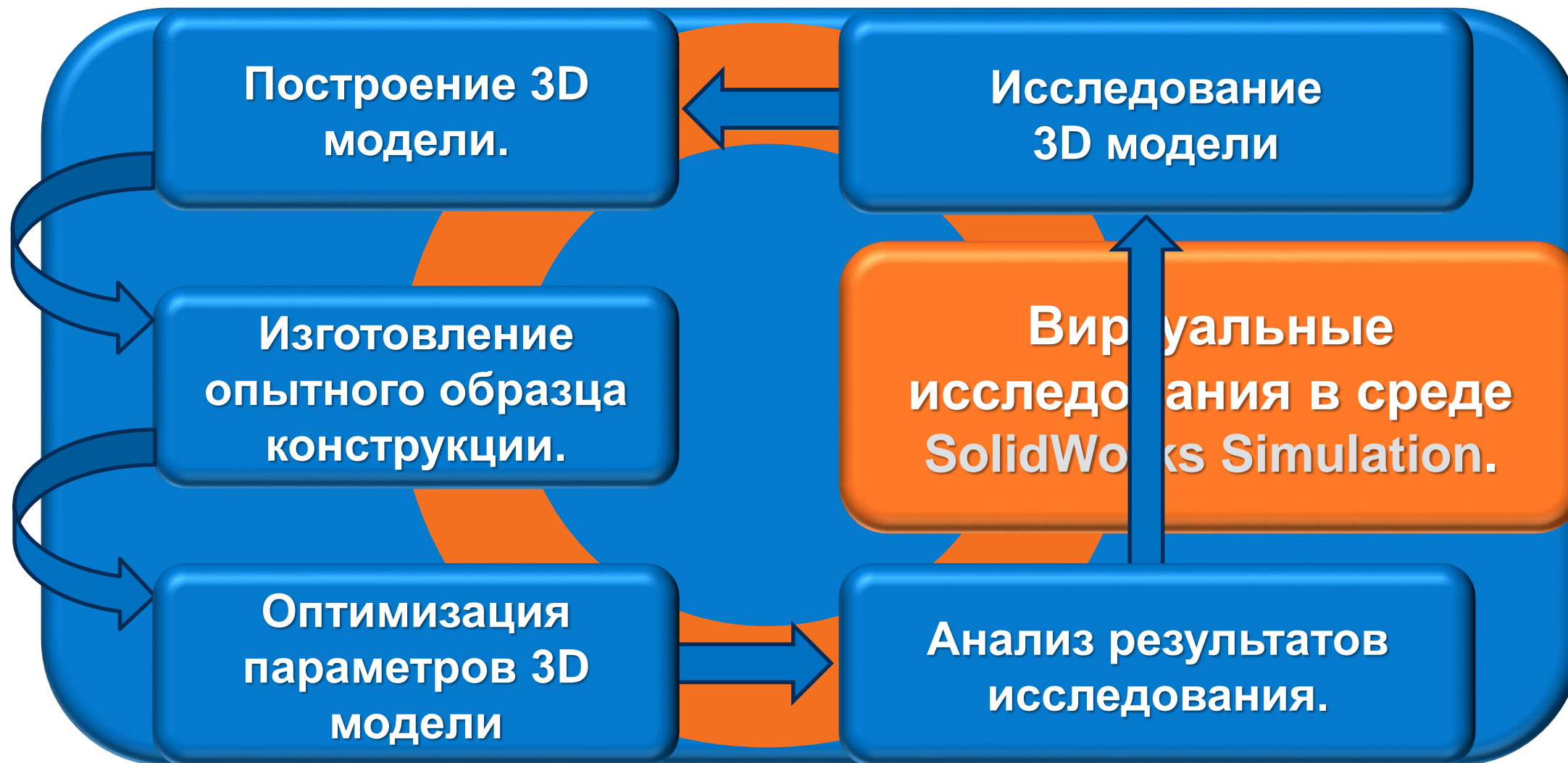


Image courtesy of: Swinburn University of Technology

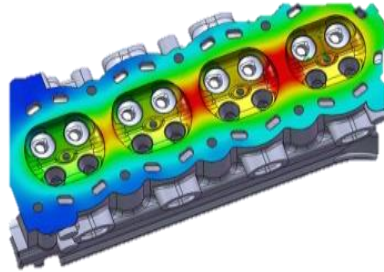
Цикл разработки изделия



Виртуальные исследования

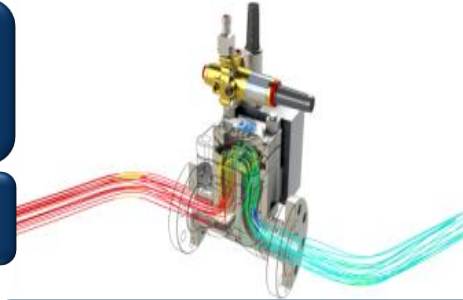


Возможности SolidWorks Simulation



Составные части процесса моделирования

Связанные исследования



SolidWorks Simulation

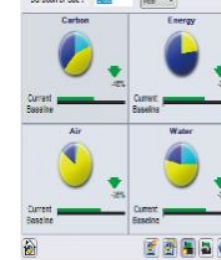
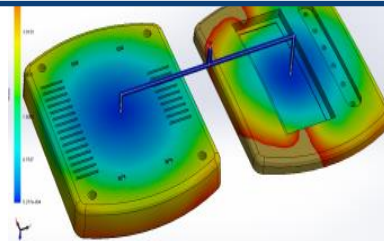
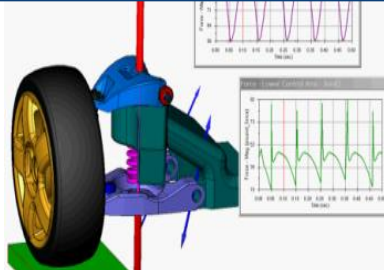


Flow Simulation
Анализ жидкостей и теплообмена

Motion Simulation
Исследования движения

SolidWorks Plastics
Моделирование литьевого формования

Sustainability
Оценка экологического воздействия



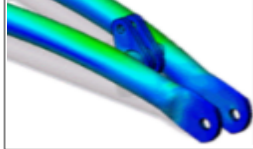
Обзор SolidWorks Simulation (FEA)

Simulation Standard

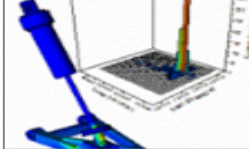
Simulation Professional

Simulation Premium

Статический анализ сборок



Анализ усталости



Онлайн БД материалов



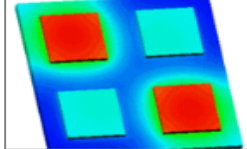
Частотный анализ



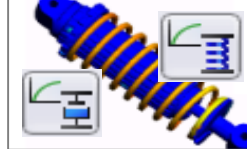
Потеря устойчивости



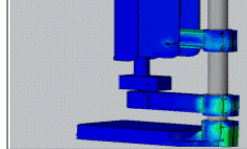
Термический анализ



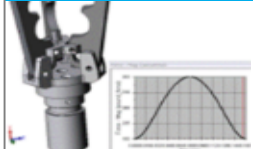
Нелинейный анализ



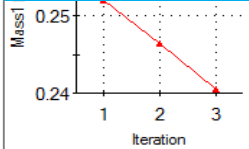
Временная история



Исследование движения



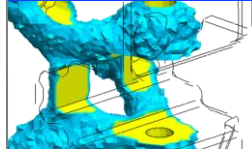
Выявление тенденции



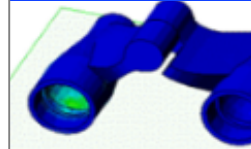
Оптимизация



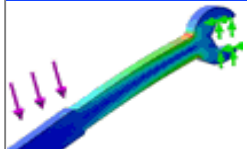
Исследование топологии



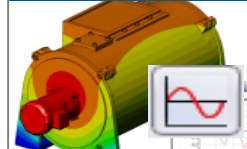
Ударные нагрузки



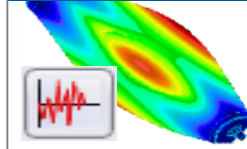
2-D Упрощение



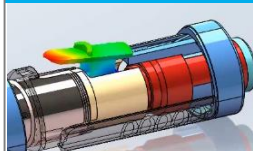
Гармонический анализ



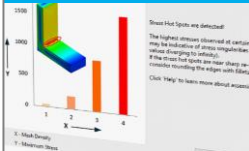
Случайные колебания



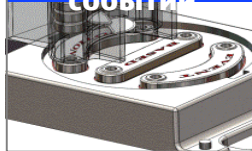
Simulation Display



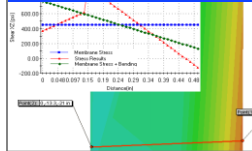
Определение напряжений



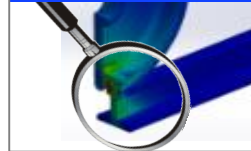
Движение на основе событий



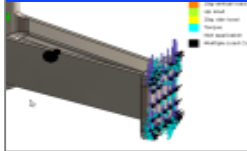
Сосуды давления



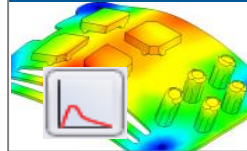
Анализ подмоделей



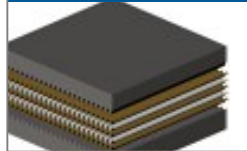
Менеджер нагрузок



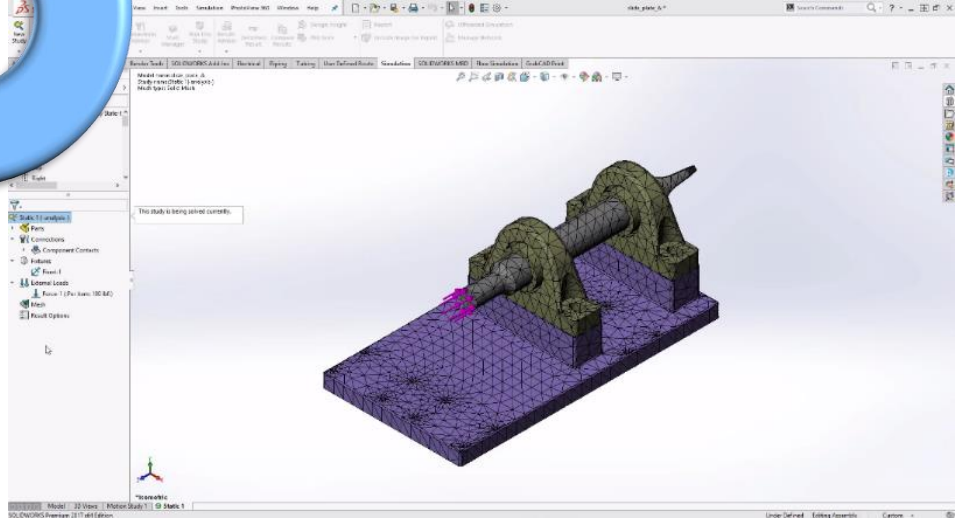
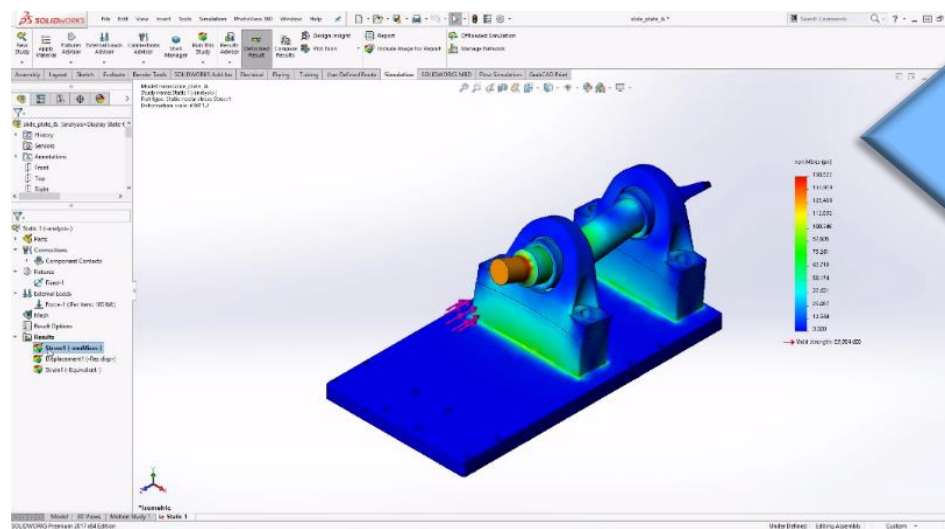
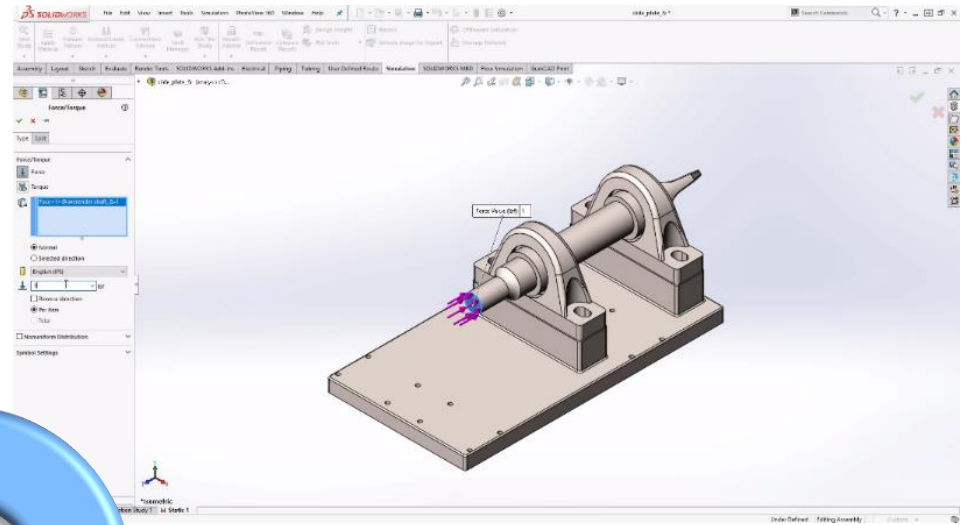
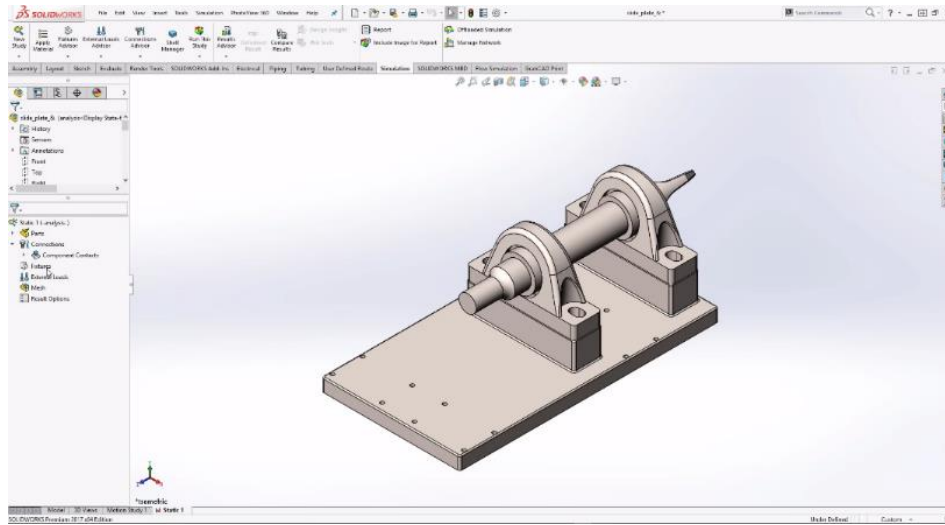
Спектры реакции



Композитные материалы

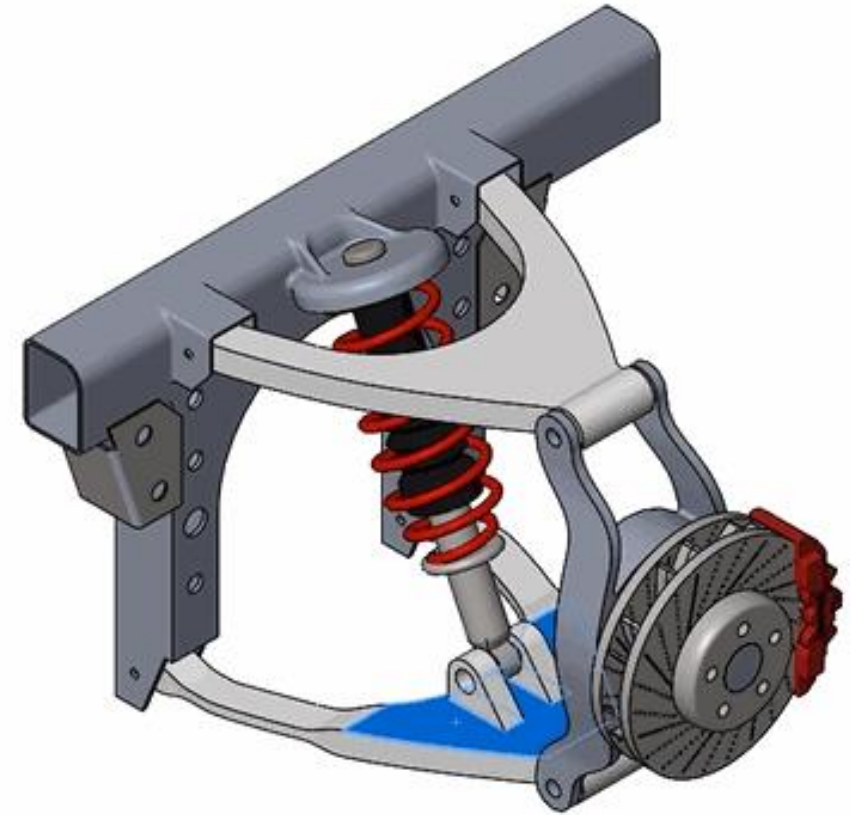


Этапы анализа в SolidWorks Simulation



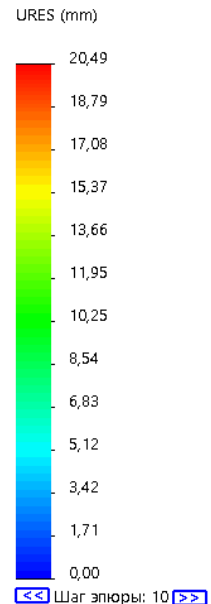
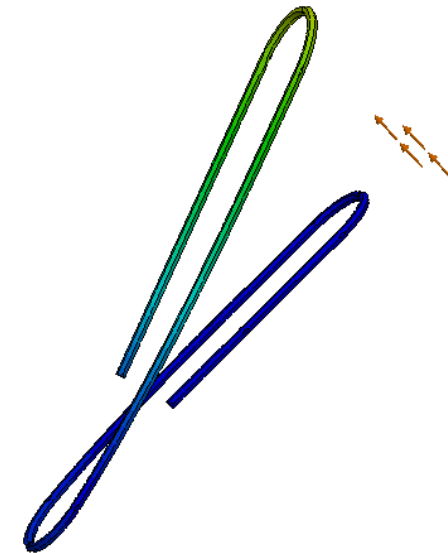
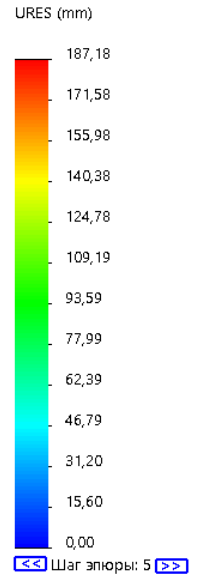
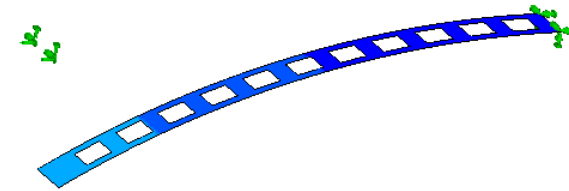
Линейный статический анализ

- 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



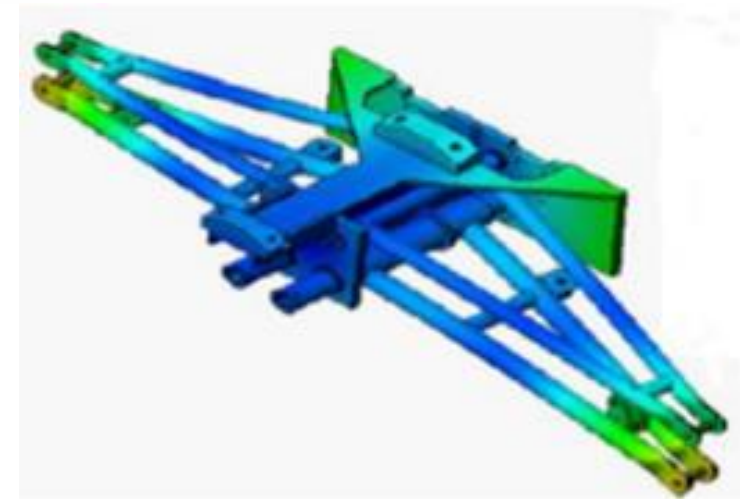
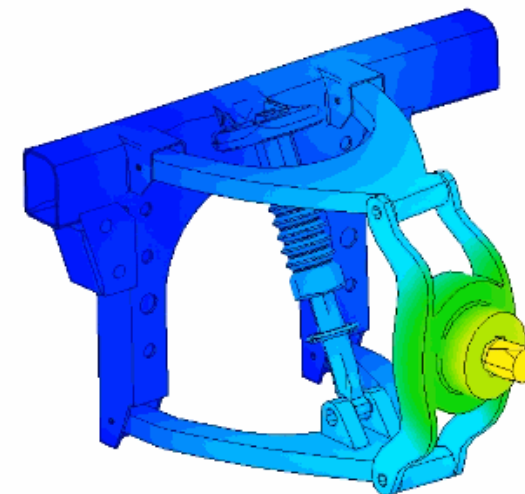
Нелинейный статический анализ

- 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.



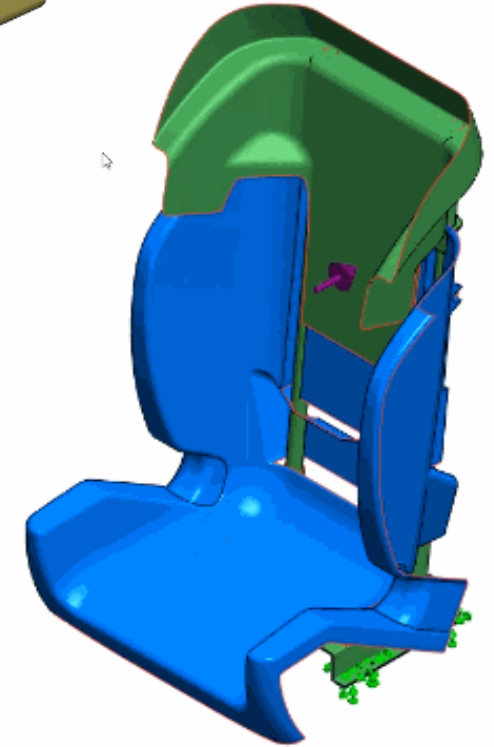
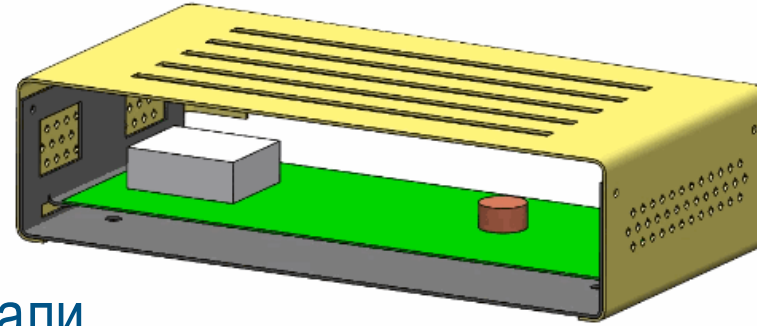
Частотный анализ

- 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

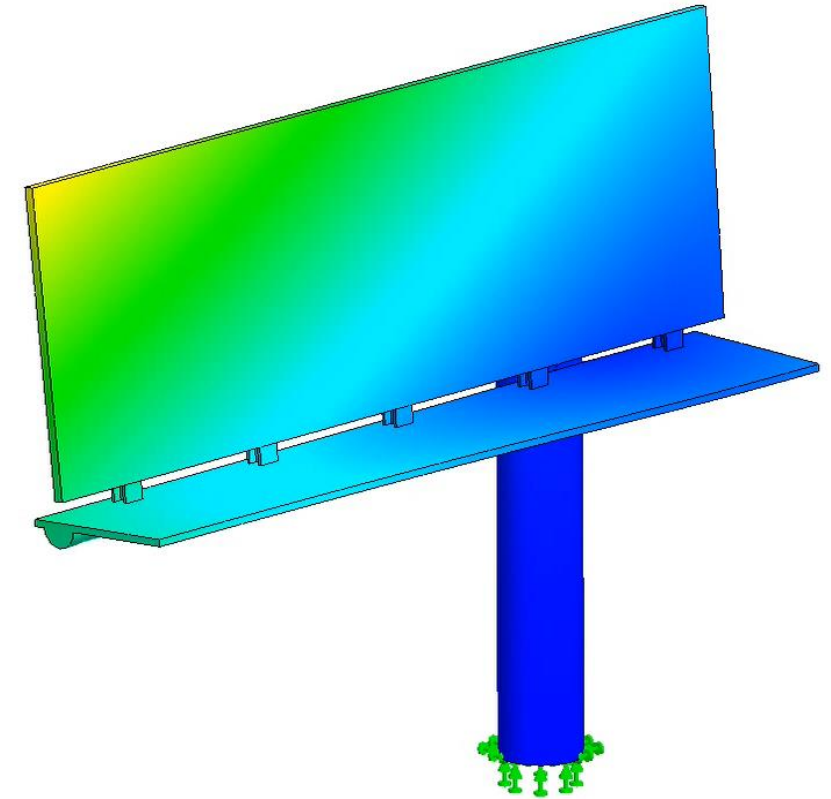
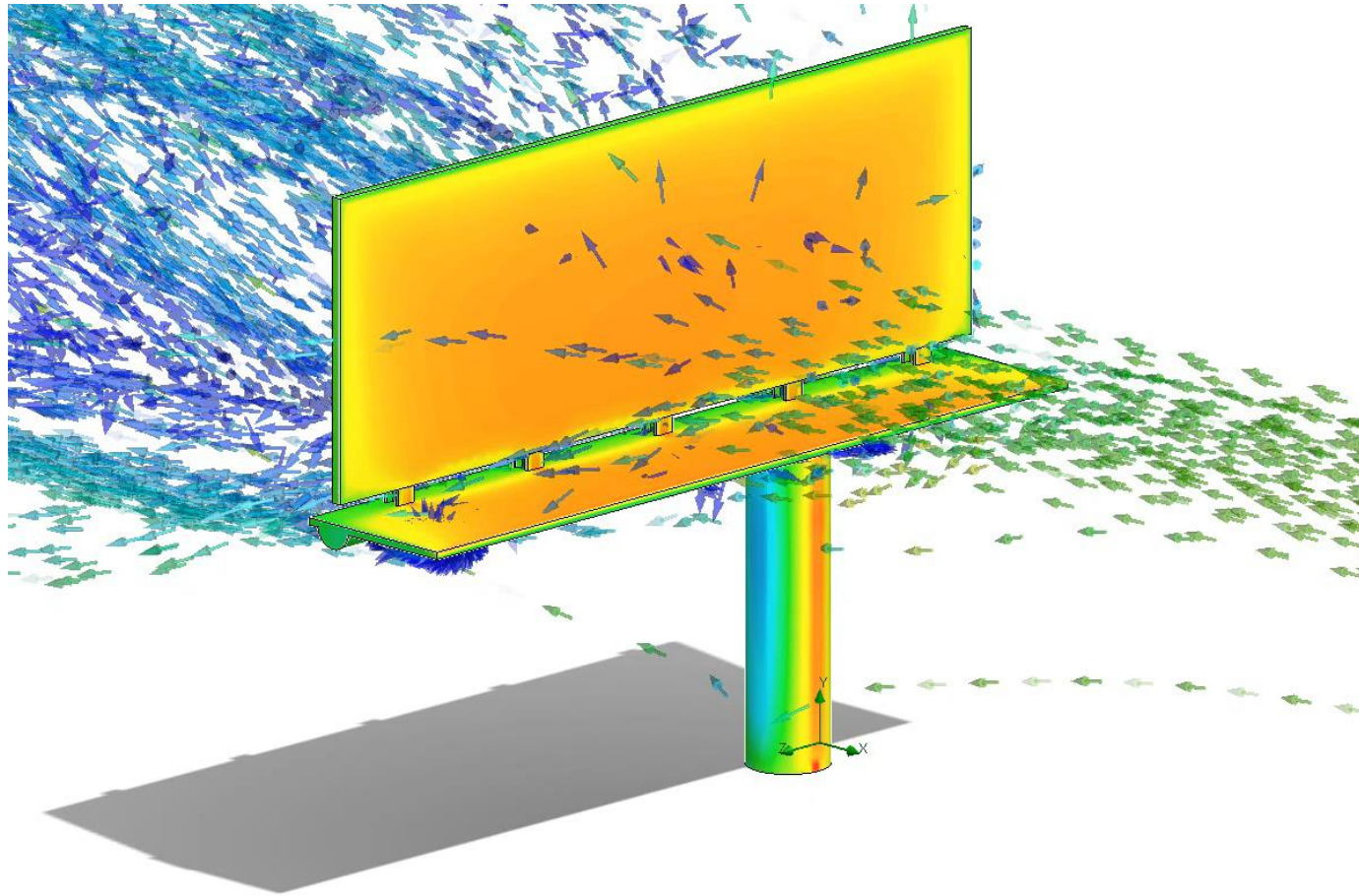
- Переменная нагрузка
- Приложение усилий на движущиеся детали
- Ударная/импульсная нагрузка
- Вибрация с постоянной или переменной частотой
- Расчет antivибрационных рам и оснований
- Имитация землетрясения



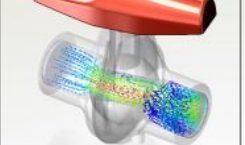
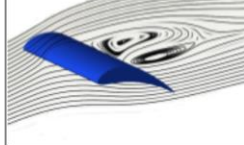
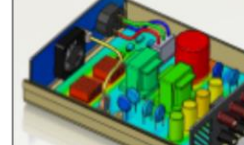
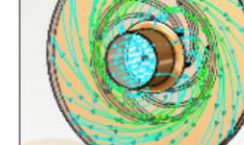
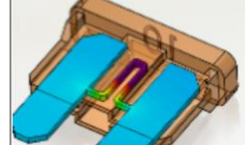
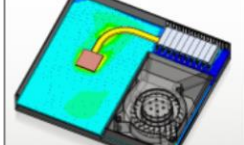
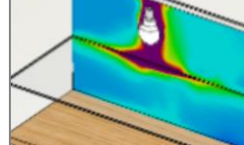
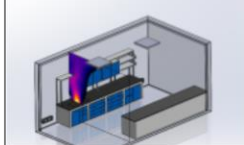
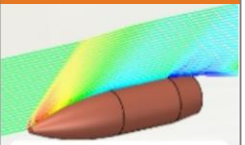
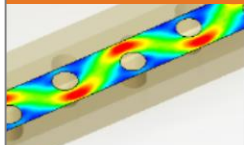
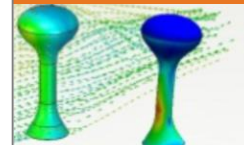
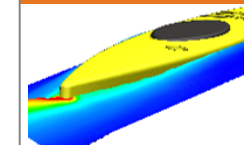
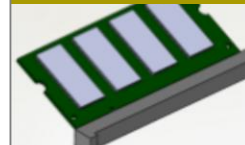
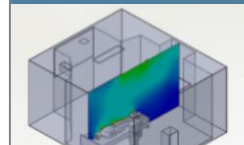
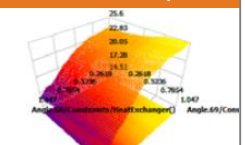


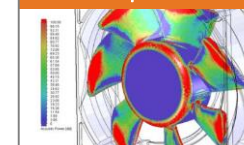
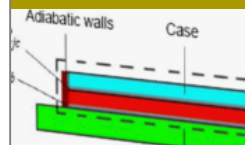
ПРИМЕРЫ:

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

SOLIDWORKS 2019

Расчёт на прочность

- Упрощение модели

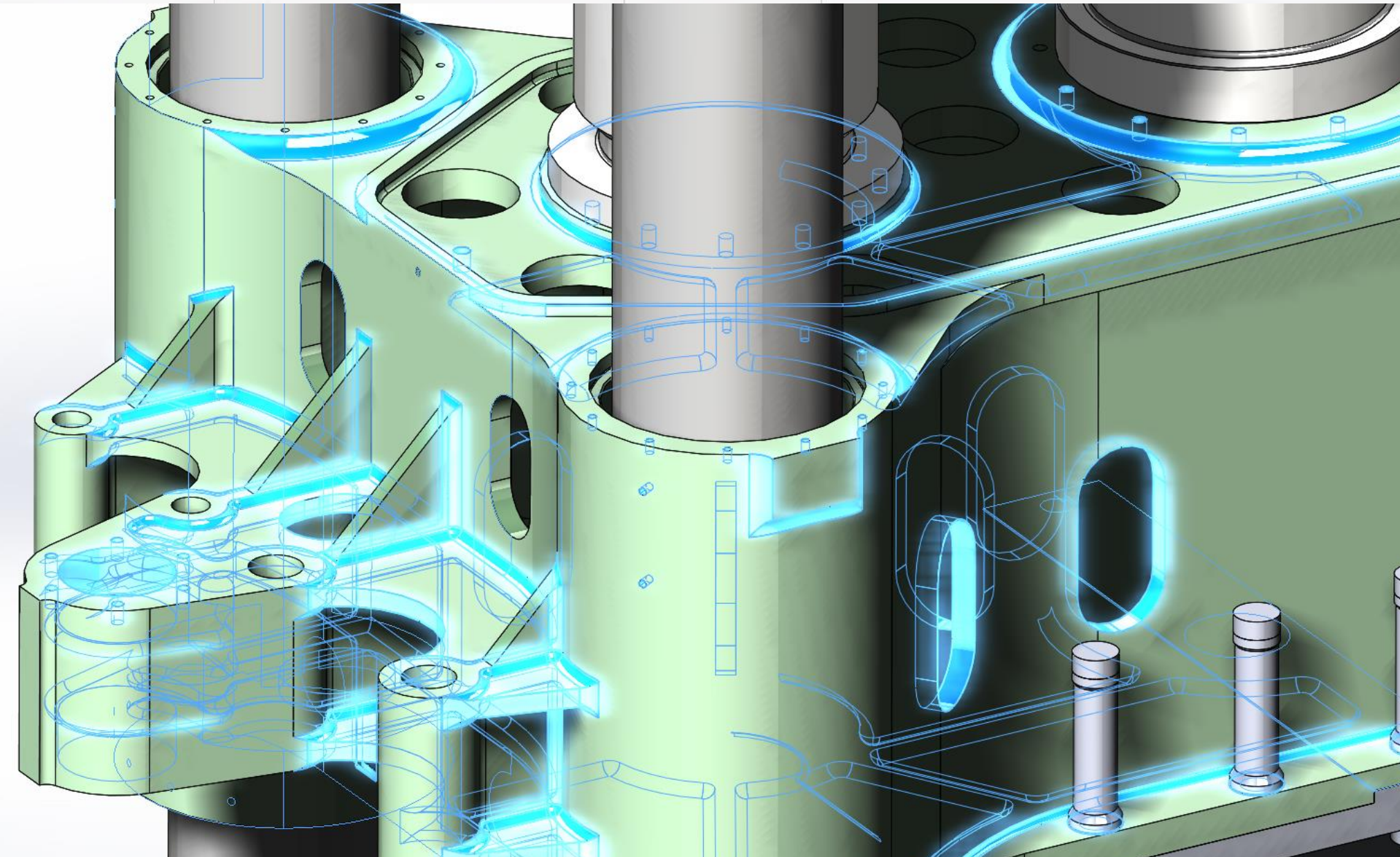
1

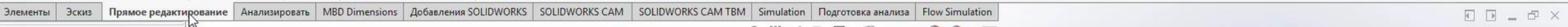
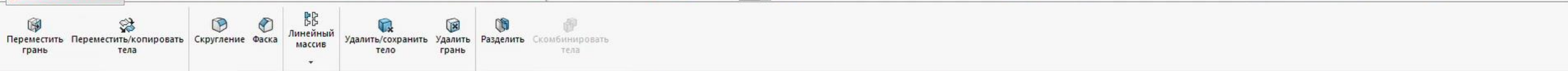
Новое исследование | Применить материал | Консультант по креплениям | Консультант по внешним нагрузкам | Консультант по соединениям | Менеджер оболочки | Запустить это исследование | Консультант по результатам | Деформированный результат | Сравнить результаты | Design Insight | Инструменты эскизы | Отчет | Включить изображение в отчет | Моделирование со снижением нагрузки | Управление сетью

Сборка | Расположение | Эскиз | Аннотации

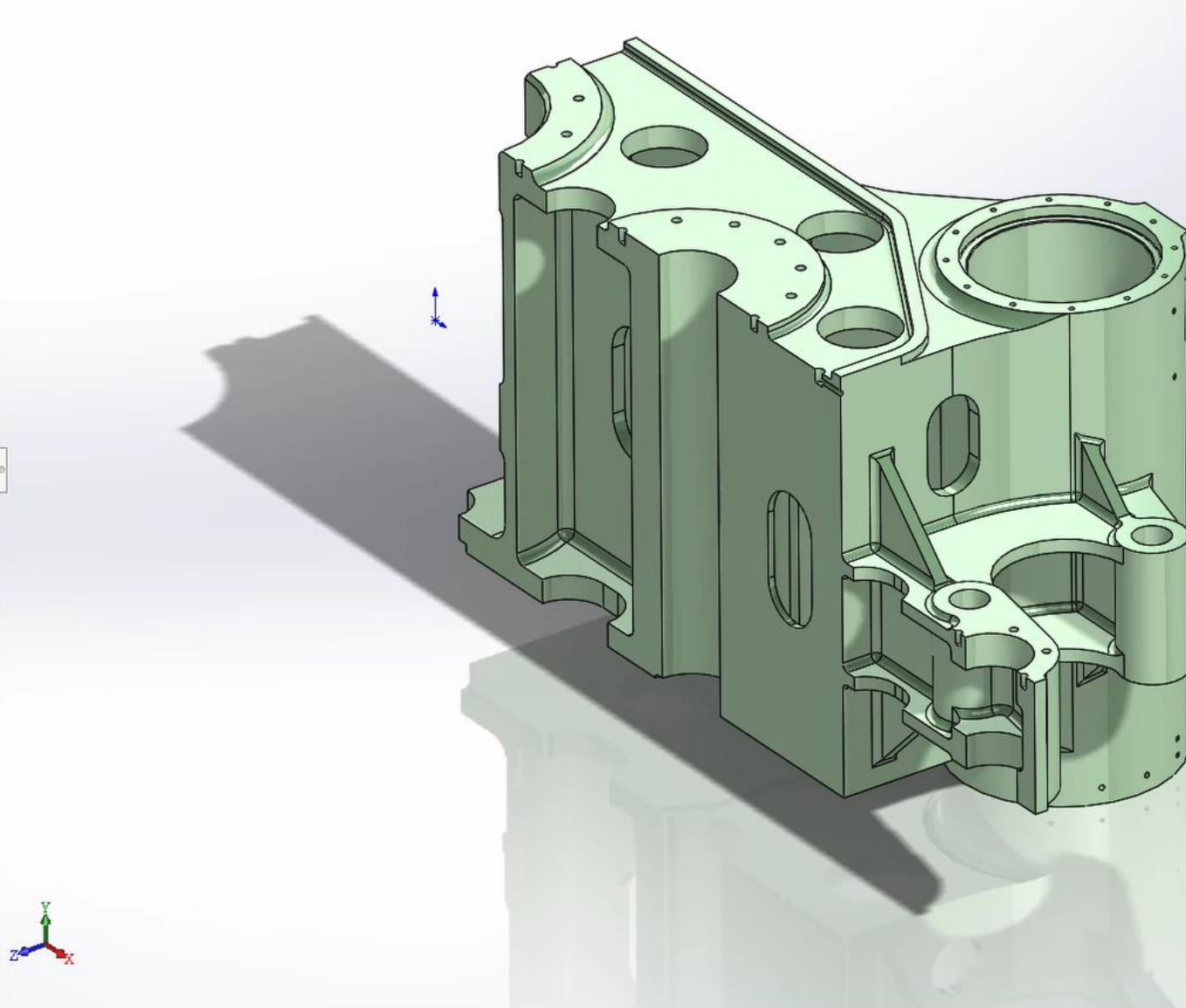
Гидравлический машиностроительный

- History
- Примечания
- Датчики
- Спереди
- Сверху
- Справа
- Исходная точка
- (ф) Основание<1> (По умолчанию)
- Архитрав с цилиндрами<1> (По умолчанию)
- (-) Подвижная траверса<1> (По умолчанию)
 - Сопряжения в Гидравлическом
 - History
 - Примечания
 - Датчики
 - Спереди
 - Сверху
 - Справа
 - Исходная точка
 - (ф) Траверса<1> (По умолчанию)
 - Плита<1> (По умолчанию)
 - Шпильки плиты<1> (По умолчанию)
 - (-) Плунжер боковой<1> (По умолчанию)
 - (-) Плунжер средний<1> (По умолчанию)
 - (-) Штамп верхний<1> (По умолчанию)
 - Группа сопряжений1
 - ЗеркальныйКомпонент1
 - Местный линейный массив
 - Группа сопряжений1
 - ЗеркальныйКомпонент1



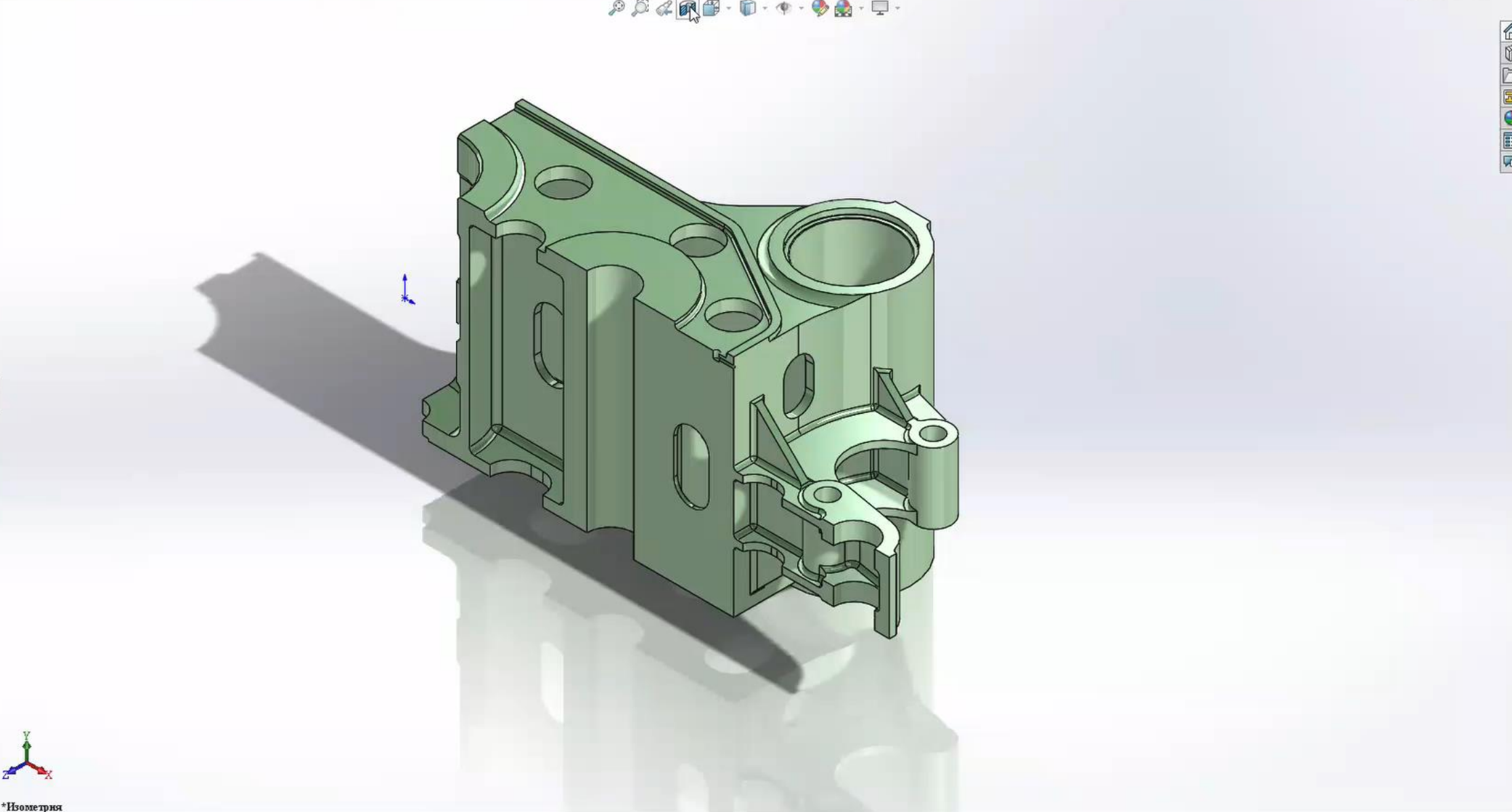


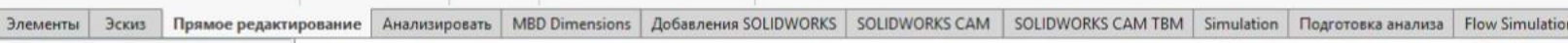
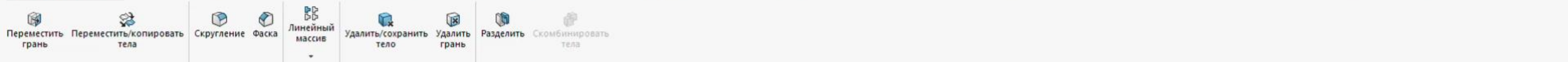
- Траверса_4629.08.01 (По умолчанию)
- История
- Датчики
- Примечания
- Твердые тела(1)
- Уравнения
- Материал <не указан>
- Спереди
- Сверху
- Справа
- Исходная точка
- Model
- (-) Эскиз2
- Бобышка-Вытянуть1
- Бобышка-Вытянуть25
- Вырез-Вытянуть2
- Скругление1
- Плоскость4
- Бобышка-Вытянуть2
- Бобышка-Вытянуть3
- Бобышка-Вытянуть9
- Бобышка-Вытянуть10
- Бобышка-Вытянуть11
- Плоскость7
- Бобышка-Вытянуть12
- Бобышка-Вытянуть13
- Бобышка-Вытянуть14
- Бобышка-Вытянуть15
- Бобышка-Вытянуть16
- Бобышка-Вытянуть17
- Бобышка-Вытянуть18
- Бобышка-Вытянуть19
- Бобышка-Вытянуть20
- Бобышка-Вытянуть21
- Бобышка-Вытянуть22
- Бобышка-Вытянуть23
- Бобышка-Вытянуть24



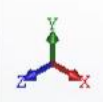
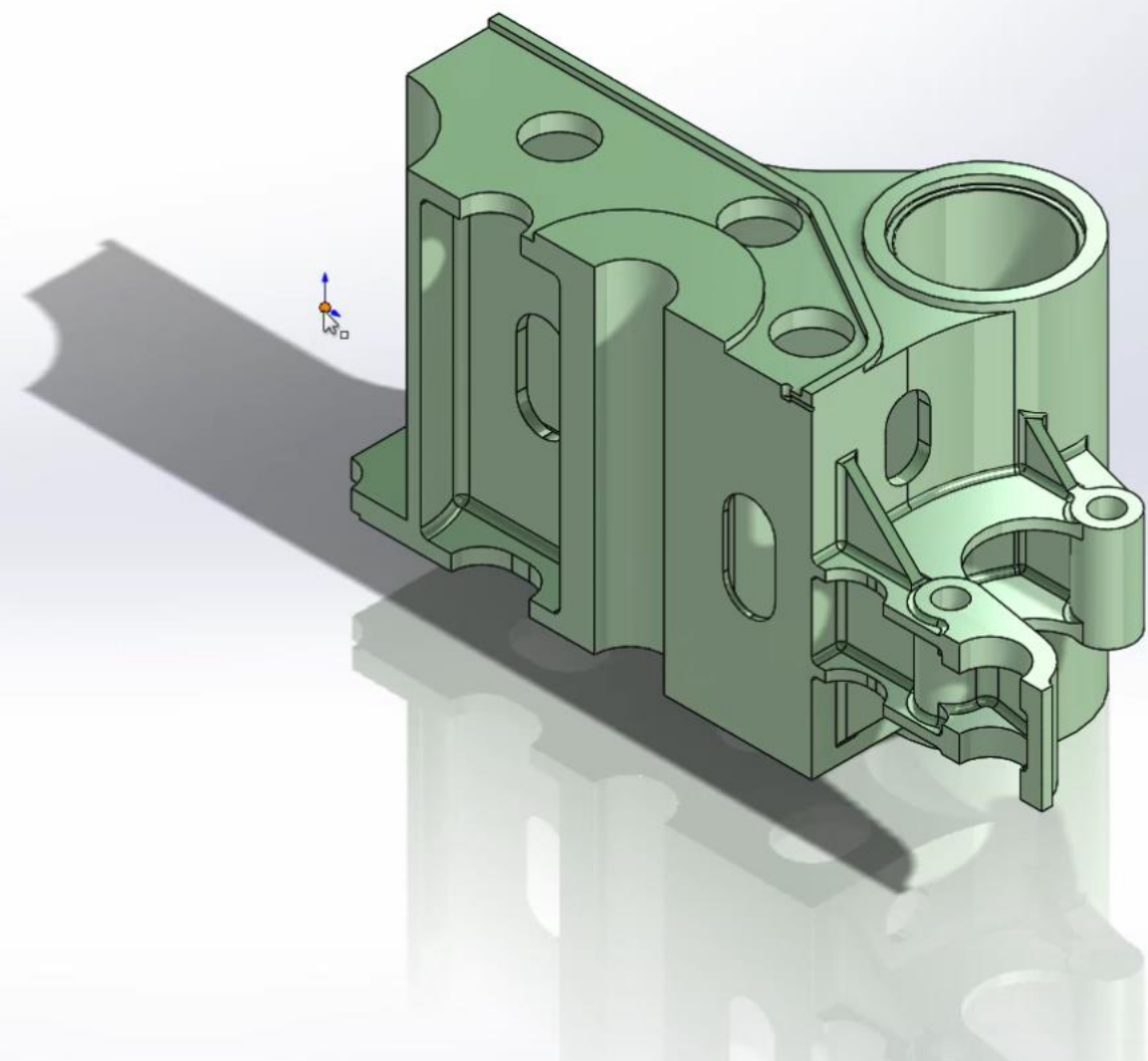


- Бобышка-Вытянуть19
- Бобышка-Вытянуть20
- Бобышка-Вытянуть21
- Бобышка-Вытянуть22
- Бобышка-Вытянуть23
- Бобышка-Вытянуть24
- Скругление2
- Ось1
- Плоскость8
- Повернуть1
- Вырез-Вытянуть3
- Вырез-Вытянуть4
- Вырез-Вытянуть5
- Скругление10
- Скругление12
- Вырез-Вытянуть6
- Скругление14
- Вырез-Вытянуть7
- Плоскость9
- Плоскость10
- Вырез-Вытянуть11
- Вырез-Вытянуть12
- Круговой массив1
- Повернуть2
- Вырез-Вытянуть13
- Вырез-Вытянуть14
- Вырез-Вытянуть16
- Скругление15
- Вырез-Вытянуть17
- Удалить грань1
- Удалить грань2
- Удалить грань3
- Удалить грань4
- Удалить грань5
- Удалить грань6
- Удалить грань22





- Бобышка-Вытянуть19
- Бобышка-Вытянуть20
- Бобышка-Вытянуть21
- Бобышка-Вытянуть22
- Бобышка-Вытянуть23
- Бобышка-Вытянуть24
- Скругление2
- Ось1
- Плоскость8
- Повернуть1
- Вырез-Вытянуть3
- Вырез-Вытянуть4
- Вырез-Вытянуть5
- Скругление10
- Скругление12
- Вырез-Вытянуть6
- Скругление14
- Вырез-Вытянуть7
- Плоскость9
- Плоскость10
- Вырез-Вытянуть11
- Вырез-Вытянуть12
- Круговой массив1
- Повернуть2
- Вырез-Вытянуть13
- Вырез-Вытянуть14
- Вырез-Вытянуть16
- Скругление15
- Вырез-Вытянуть17
- Удалить грань1
- Удалить грань2
- Удалить грань3
- Удалить грань4
- Удалить грань5
- Удалить грань6
- Удалить грань22
- Удалить грань26



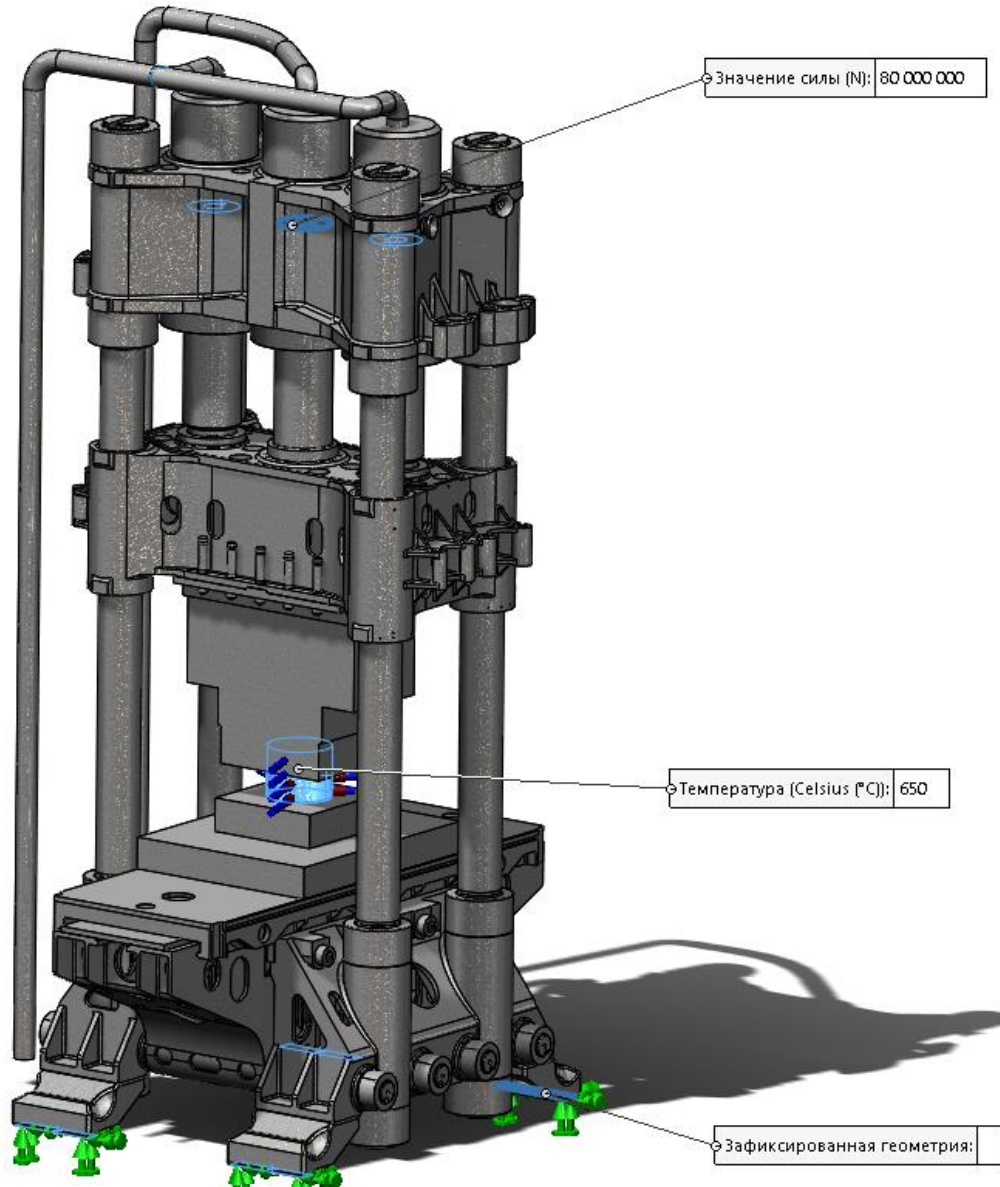
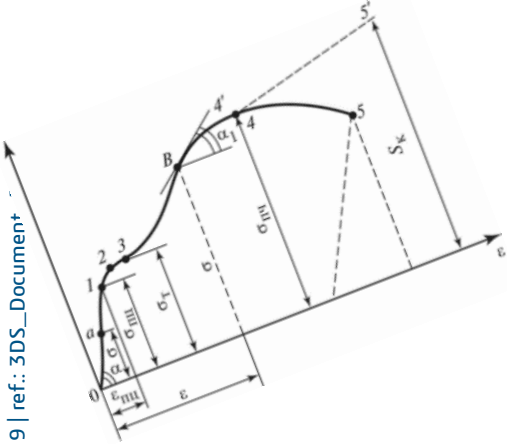
*Изометрия

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

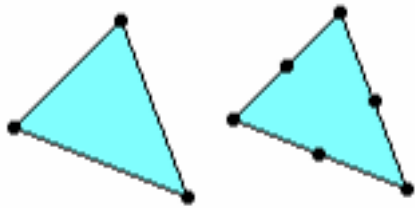
- Выбор типа используемых конечных элементов

3

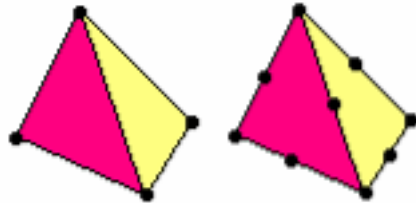
Типы конечных элементов



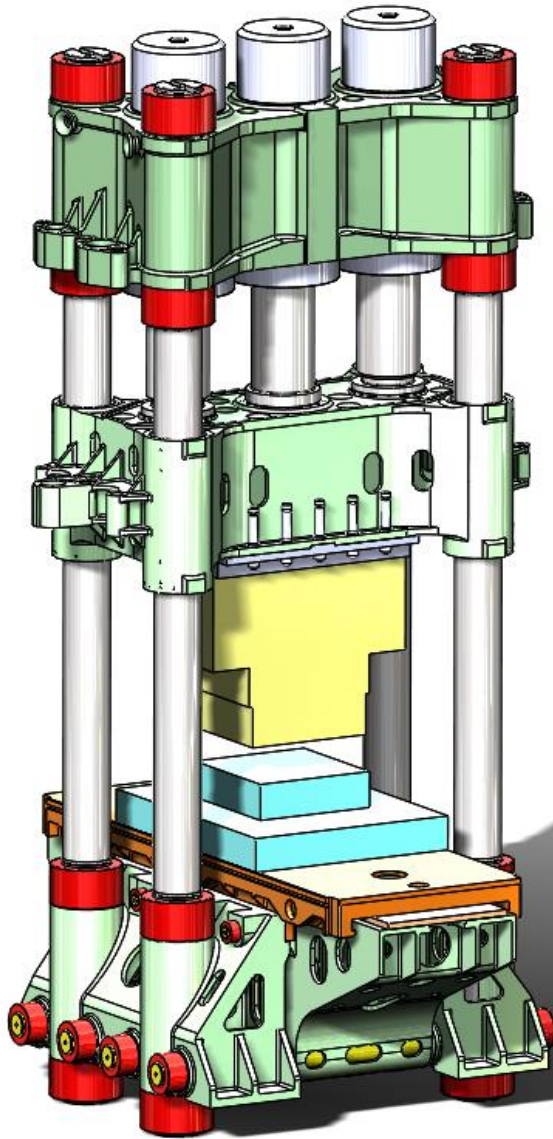
– стержневые



– оболочечные



– твердотельные



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

Расчёт на прочность

1

- Упрощение модели

2

- Наложение на модель граничных условий

3

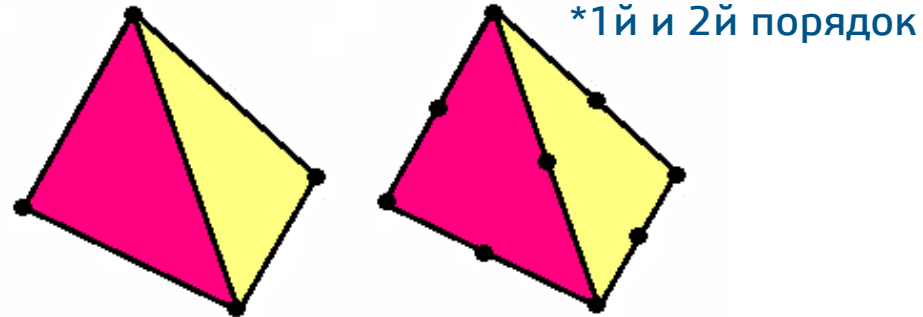
- Выбор типа используемых конечных элементов

- Оптимизация сетки конечных элементов

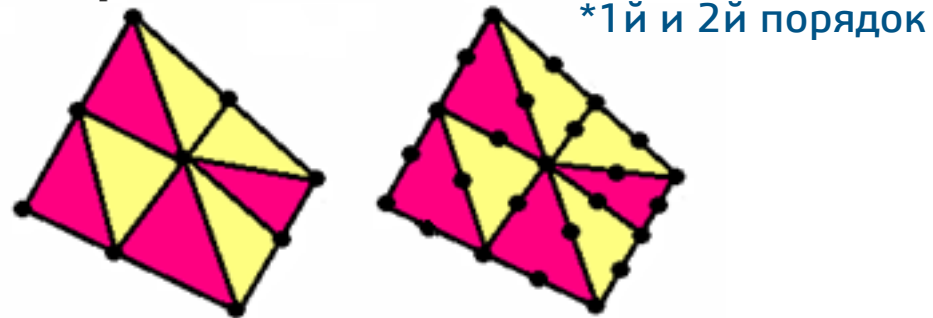
4

Адаптивные сетки SOLIDWORKS Simulation

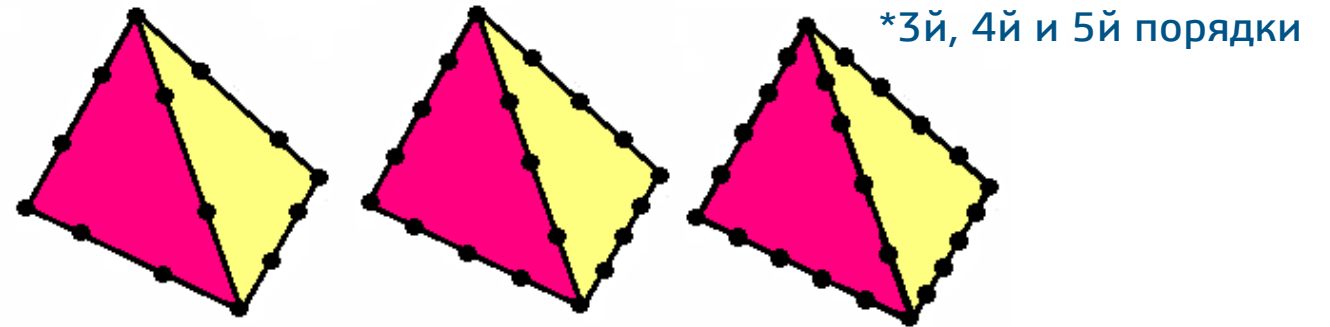
Стандартная сетка



h-адаптивная сетка

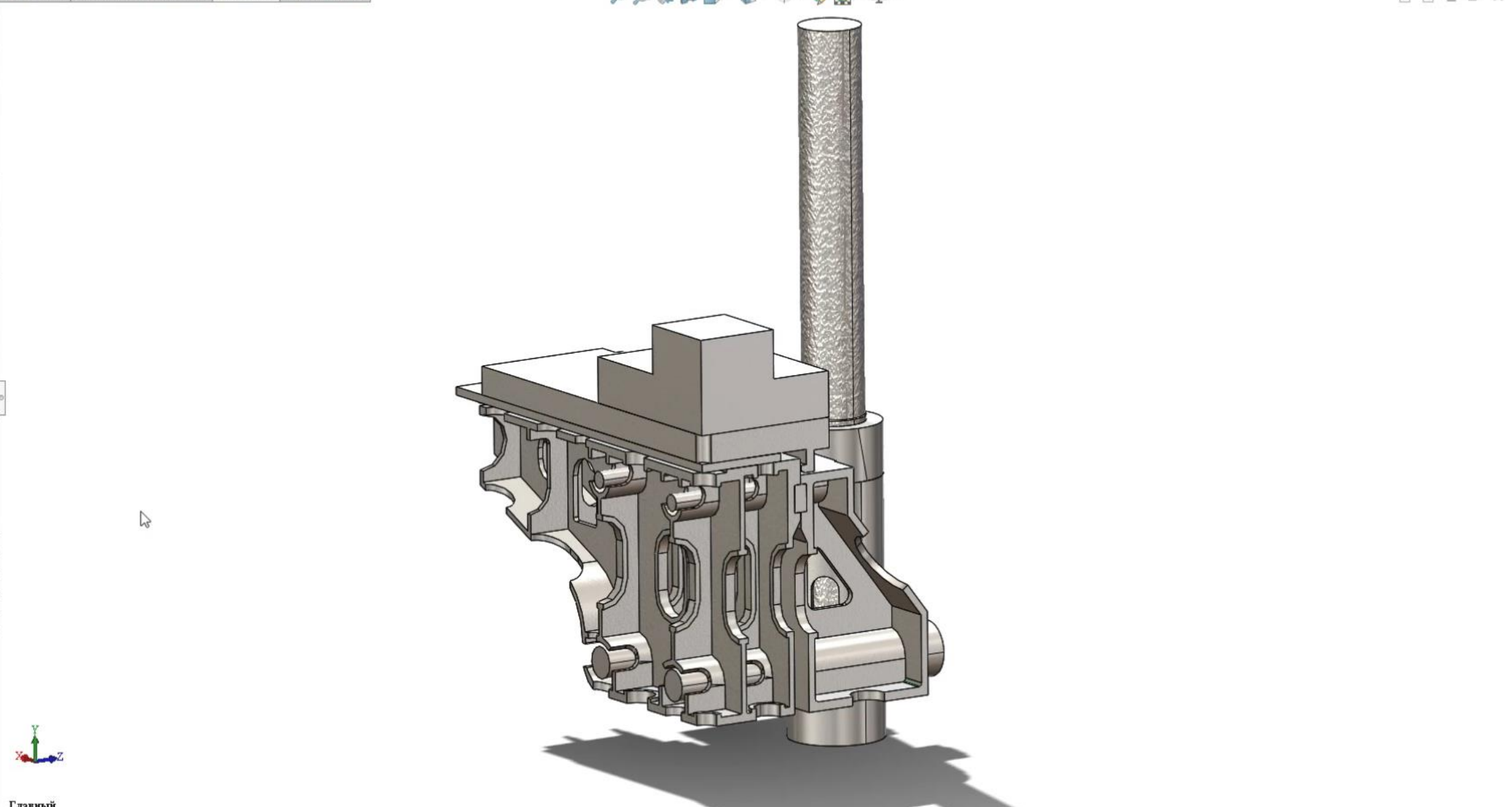


p-адаптивная сетка

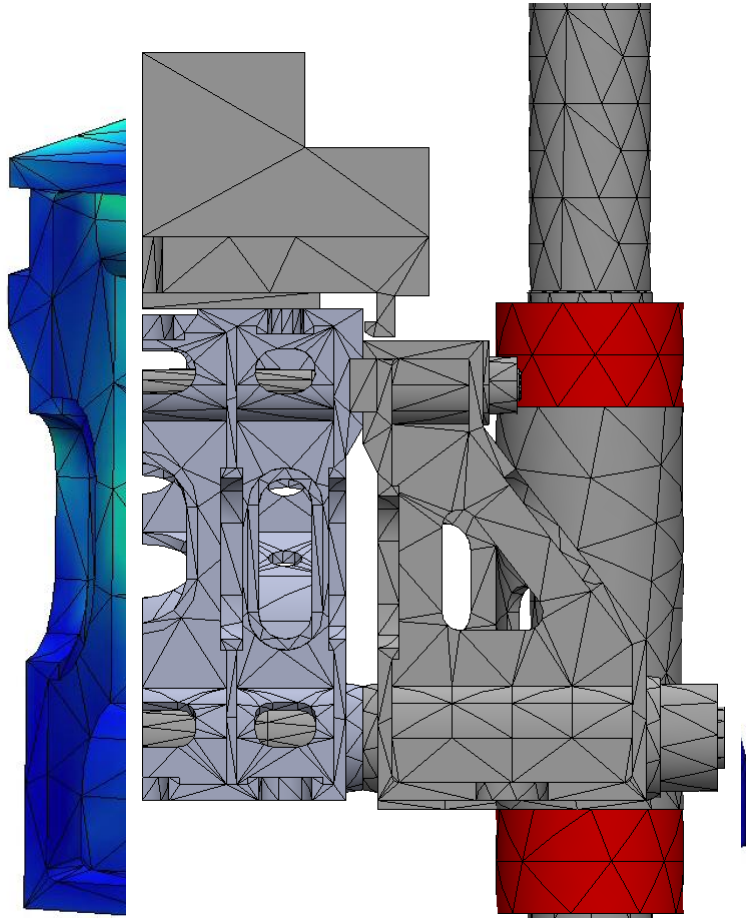


- (-) Гайка 350<1> (По умол...
- Сопряжения
- Штамп нижний<1> (По умол...
- (-) Гайка_4642.15.01<1> (По ул...
- (-) Гайка_4642.15.01<2> (По ул...
- (-) Колонна_4642.15.03part<1>
- Сопряжения

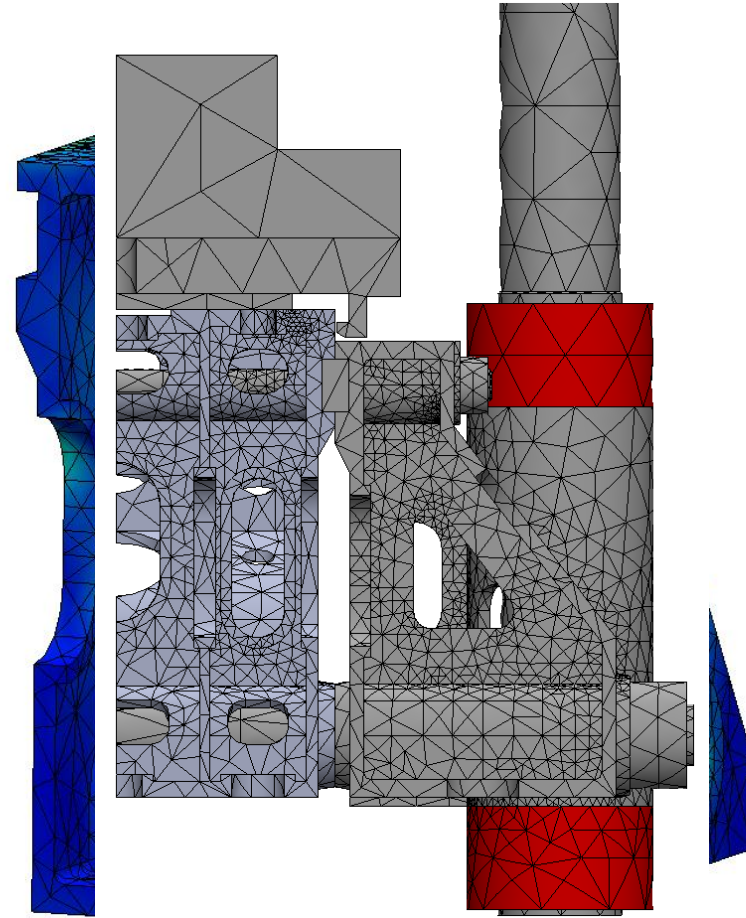
- Статический 1 (-По умолчанию)
- Детали
- Соединения
- Крепления
- Симметрия-1
- На плоских гранях-1 (-0 мм)
- Внешние нагрузки
- Сила-1 (На объект: 15 000 00)
- Сетка
- Результаты
- Напряжение1 (-vonMises-)
- Напряжение2 (-vonMises-)
- Напряжение3 (-vonMises-)
- Перемещение1 (-Располож...
- Перемещение2 (-Располож...
- Перемещение3 (-Располож...
- Перемещение4 (-Располож...
- Перемещение5 (-Располож...
- Перемещениеб (-Результати...



Сравнение сетки до и после адаптации



Стандартная сетка



h – адаптивная сетка

Расчёт на прочность

1

- Упрощение модели

2

- Наложение на модель граничных условий

3

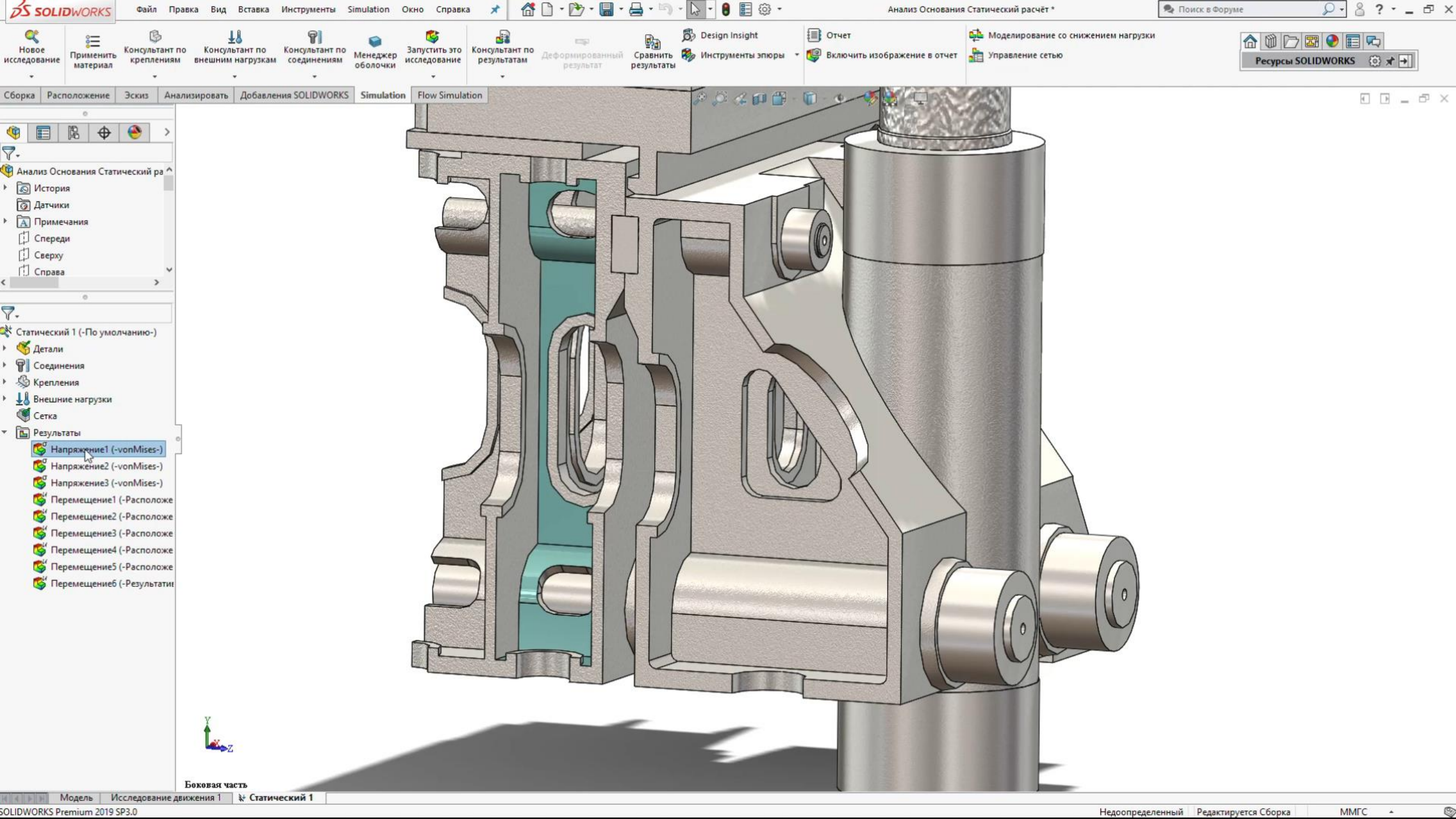
- Выбор типа используемых конечных элементов

4

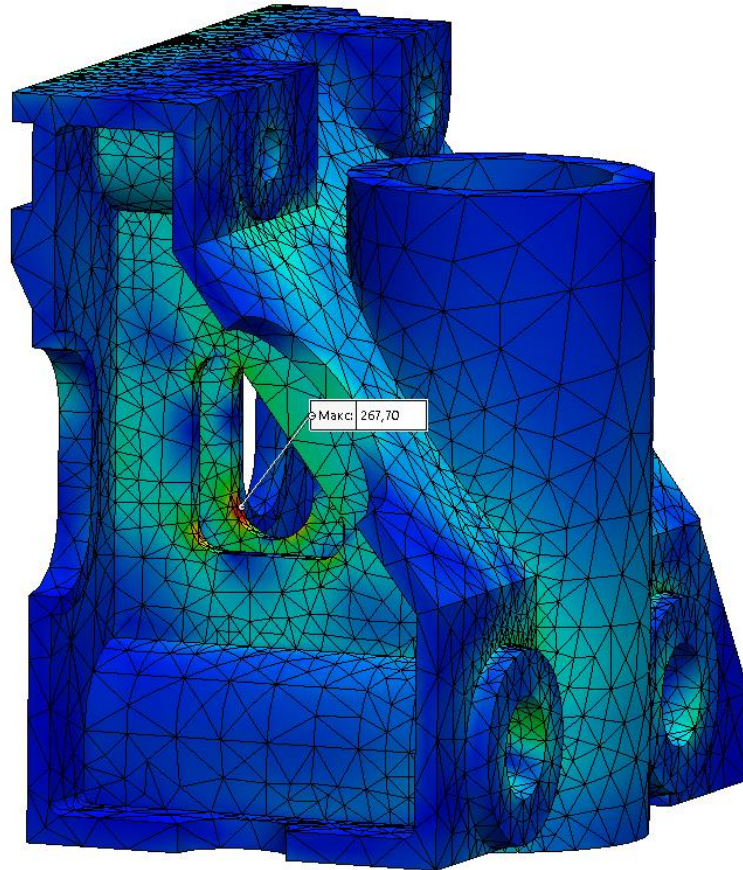
- Оптимизация сетки конечных элементов

- Использование подмодели для глубокого анализа

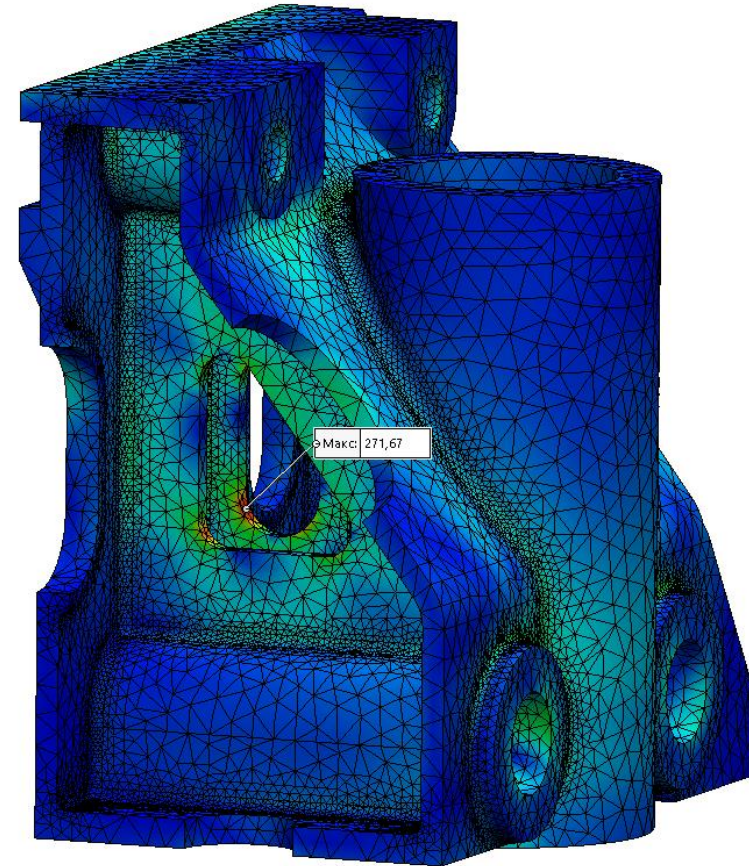
5



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

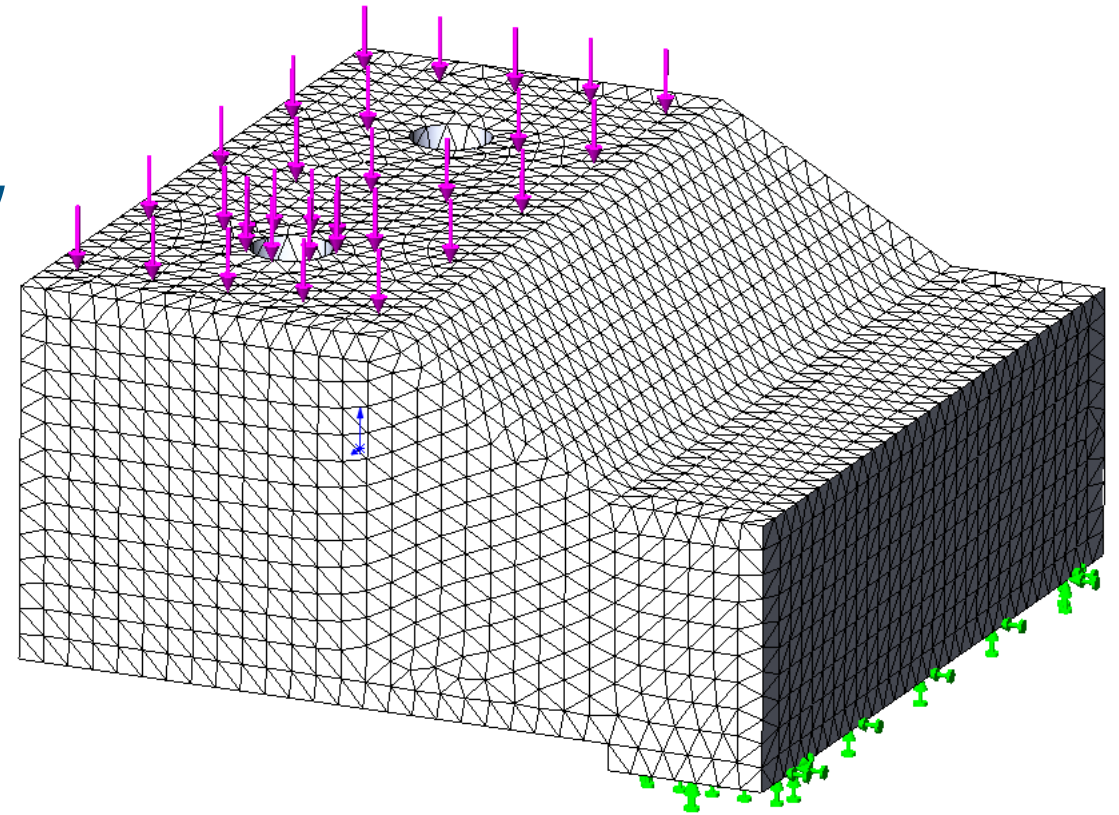
- Использование подмодели для глубокого анализа
- Анализ топологии

6

Оптимизация топологии

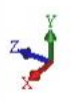
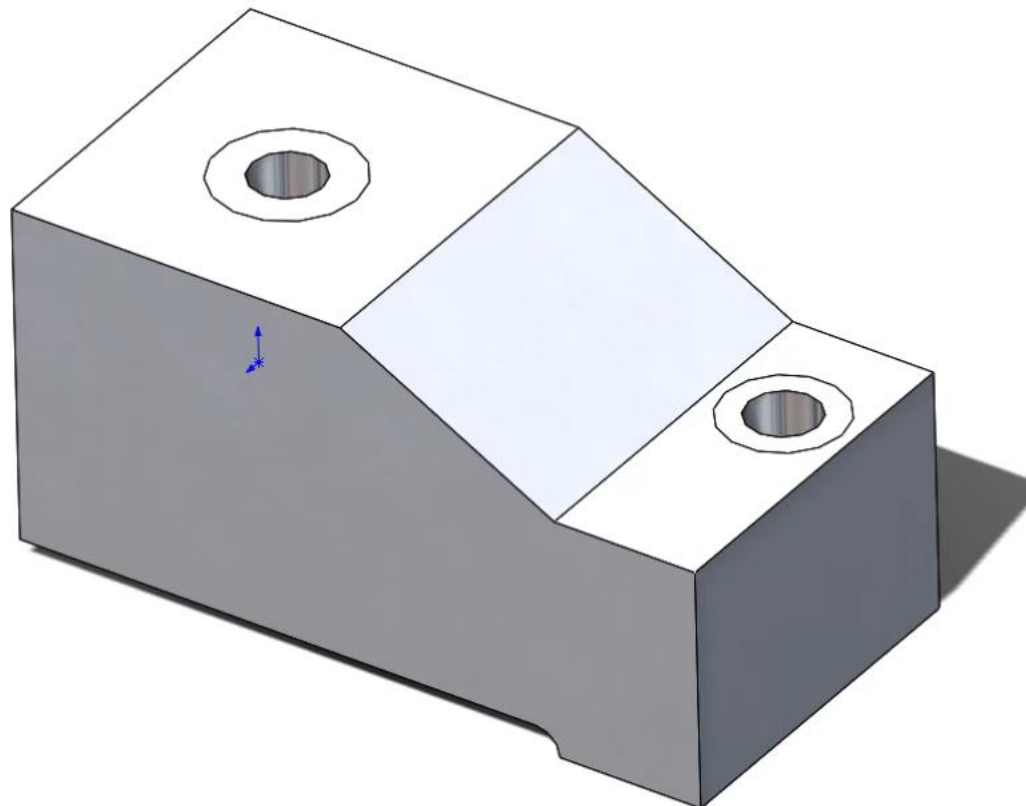
Цели:

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



Исходная точка
Бобышка-Вытянуть1
Вырез-Вытянуть1
Скругление1
Вырез-Вытянуть2
Разделяющая линия1
Разделяющая линия2

Исследование топологии 1 (-По умолчанию)
Опора (-1060 Сплав-)
Соединения
Крепления
Внешние нагрузки
Цели и ограничения
Производственный контроль
Сетка



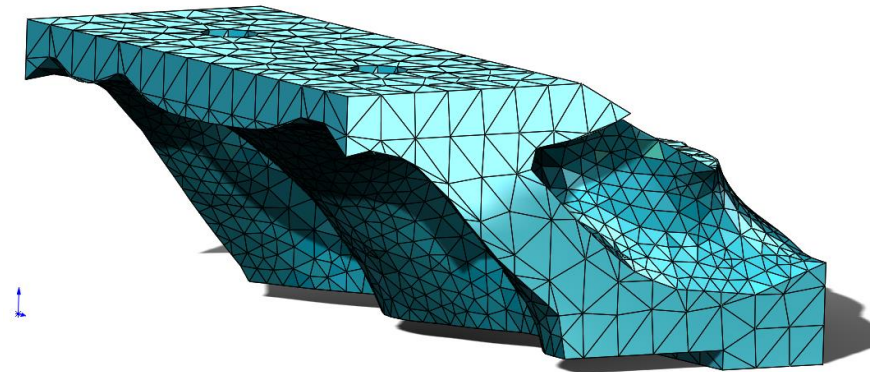
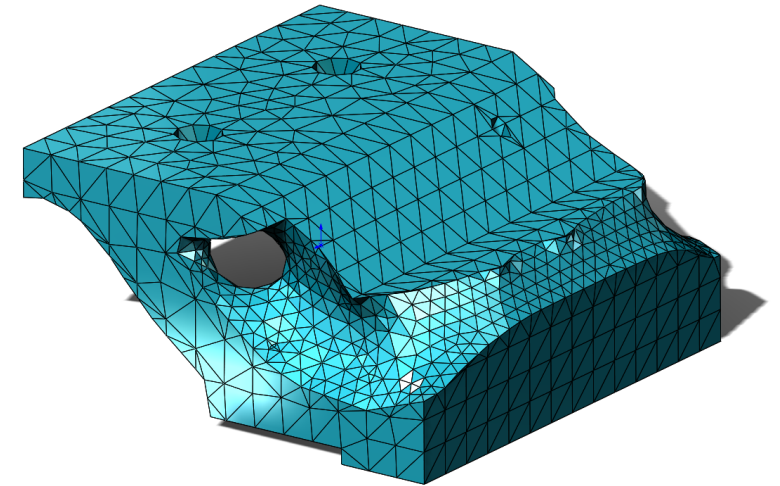
Оптимизация топологии

Результат оптимизации:

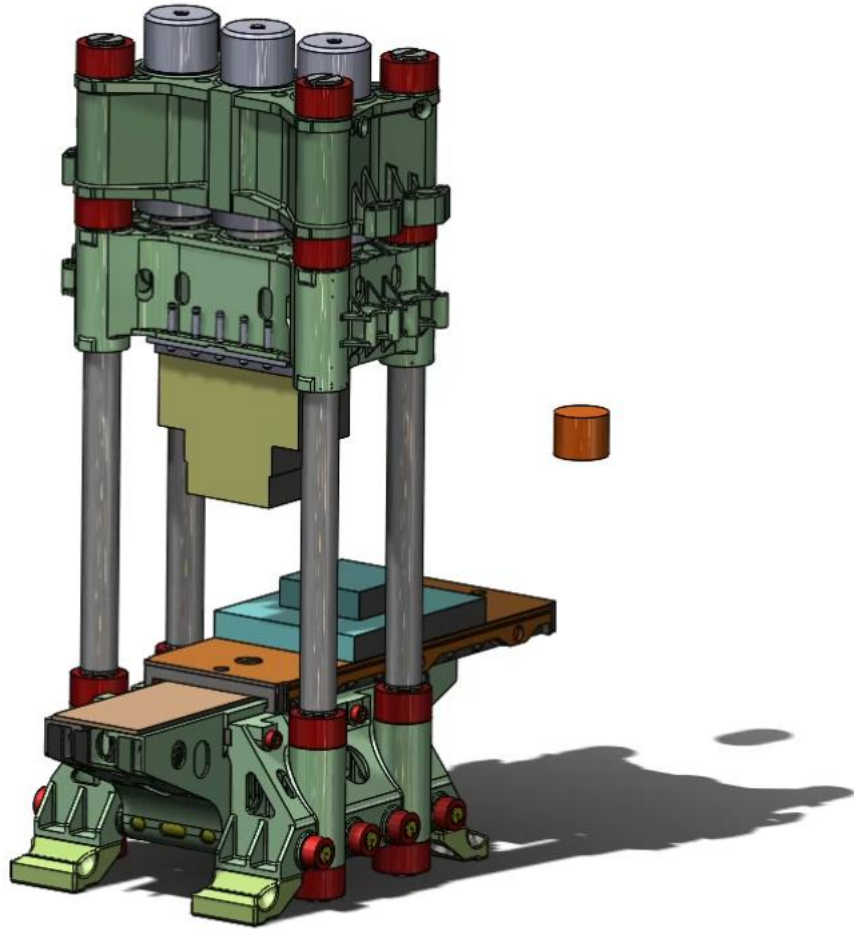
Снижение массы конструкции

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

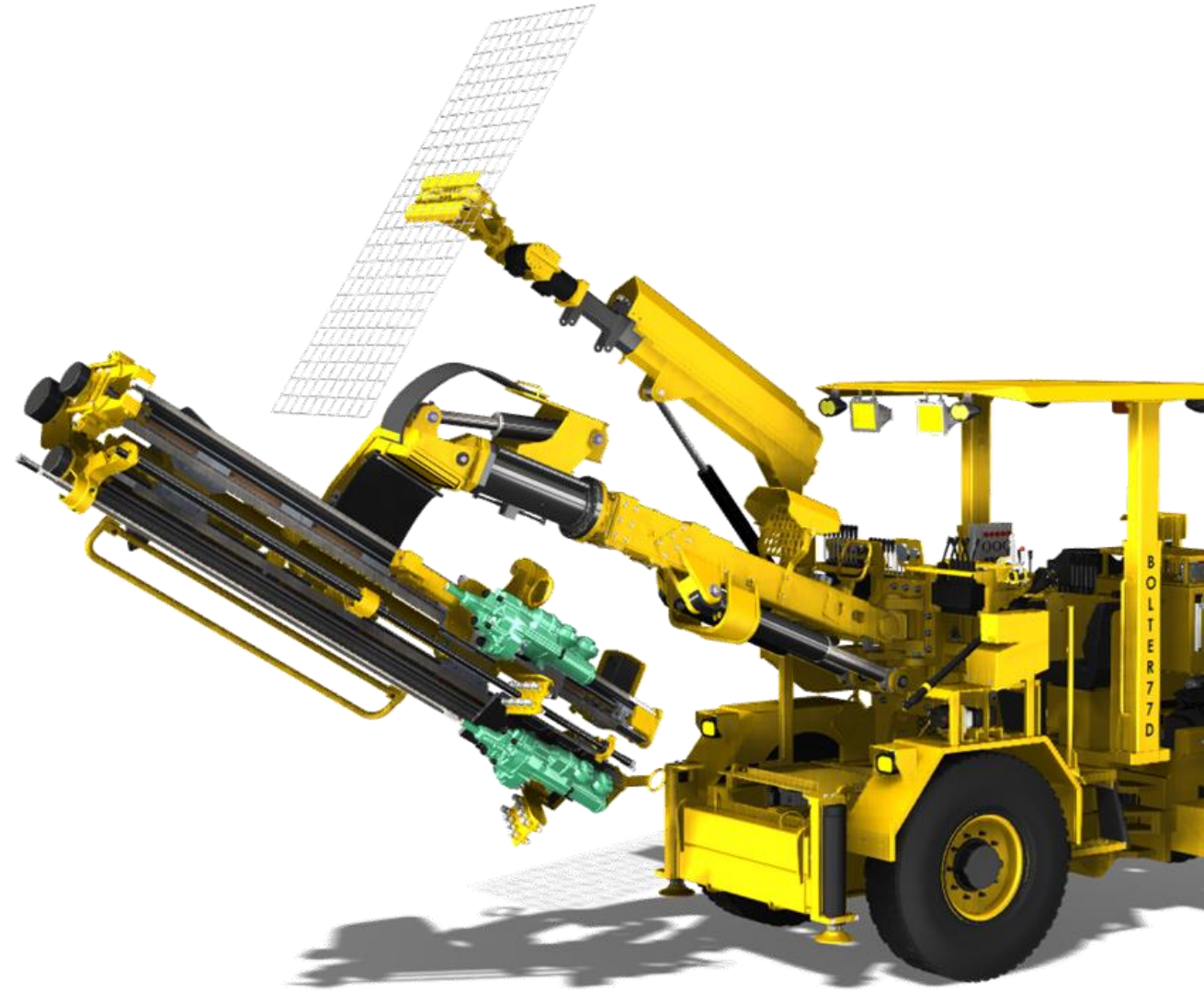


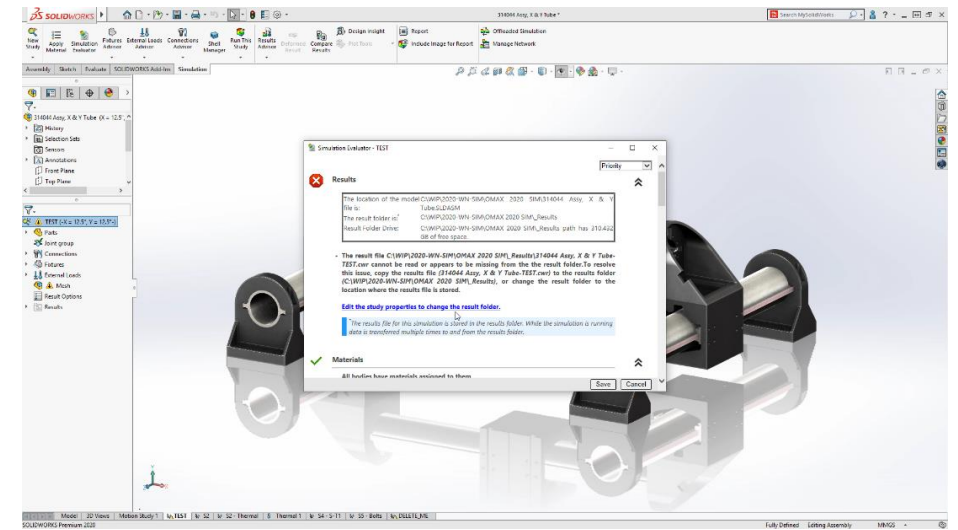
Image courtesy of Resemin S.A

Пользовательский интерфейс

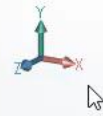
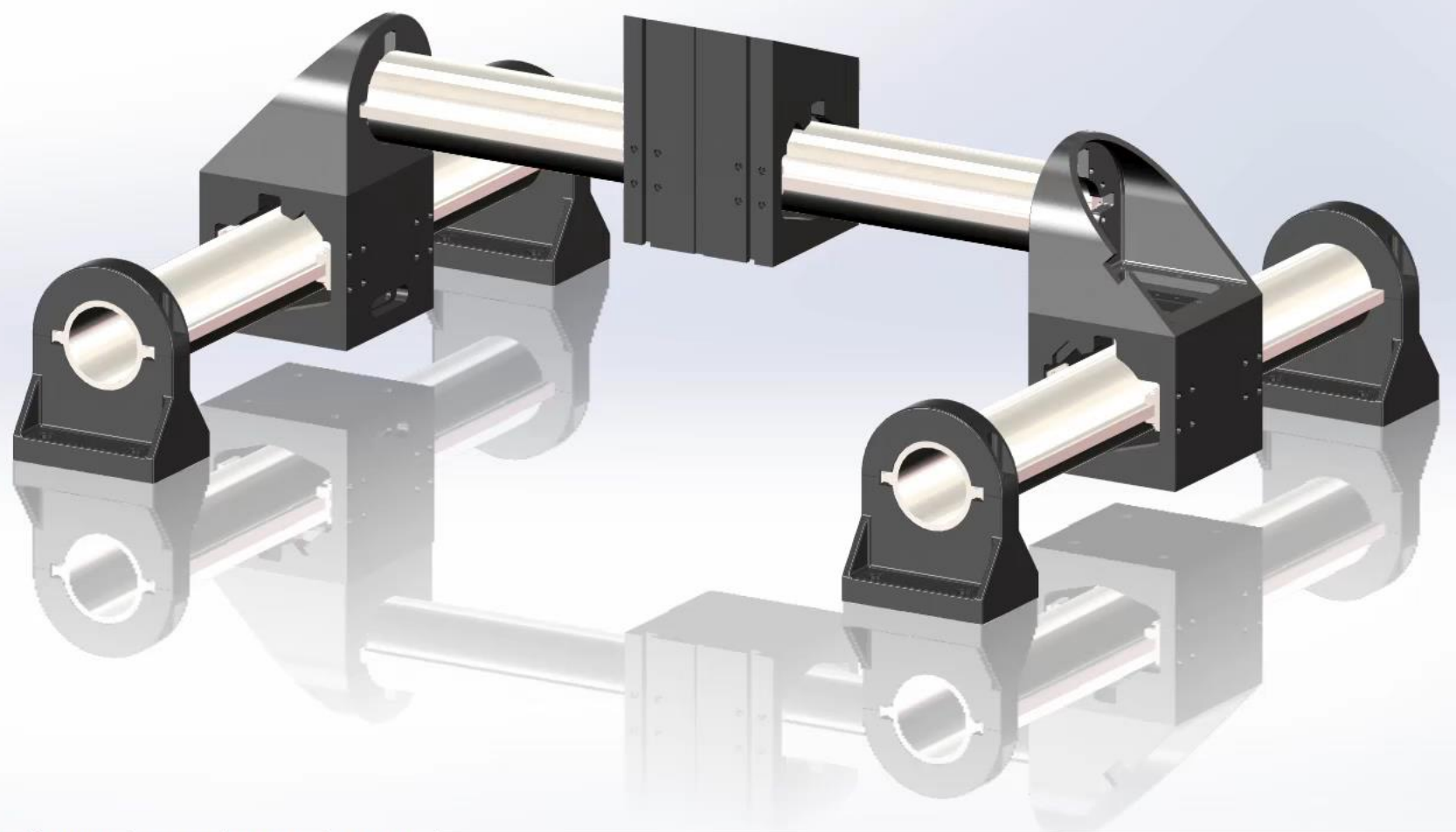
SHIFT+C свернёт дерево исследования

SIMULATION Evaluator проверит настройки исследования и оценит их оптимальность

Удалить исследование можно не открывая его.



- 314044 Assy, X & Y Tube (X = 12.5", Y = ...)
- History
- Selection Sets
- Sensors
- Annotations
- Front Plane
- Top Plane
- Right Plane
- Origin
- 314040 Assy, Y-Axis tube & Carria
- 314041 Assy, Y-Axis Tube & Carria
- 314042 Assy, X-Axis Tube & Carria
- Mates



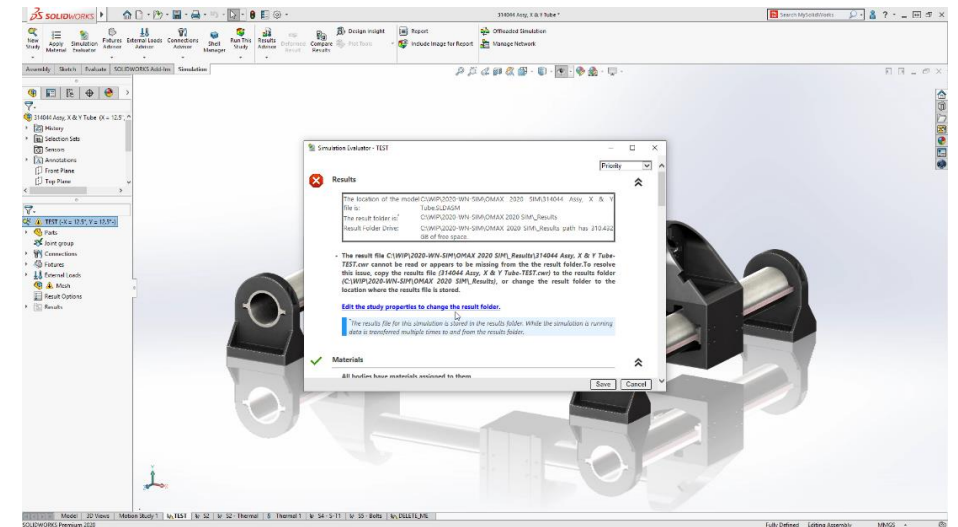
Пользовательский интерфейс

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

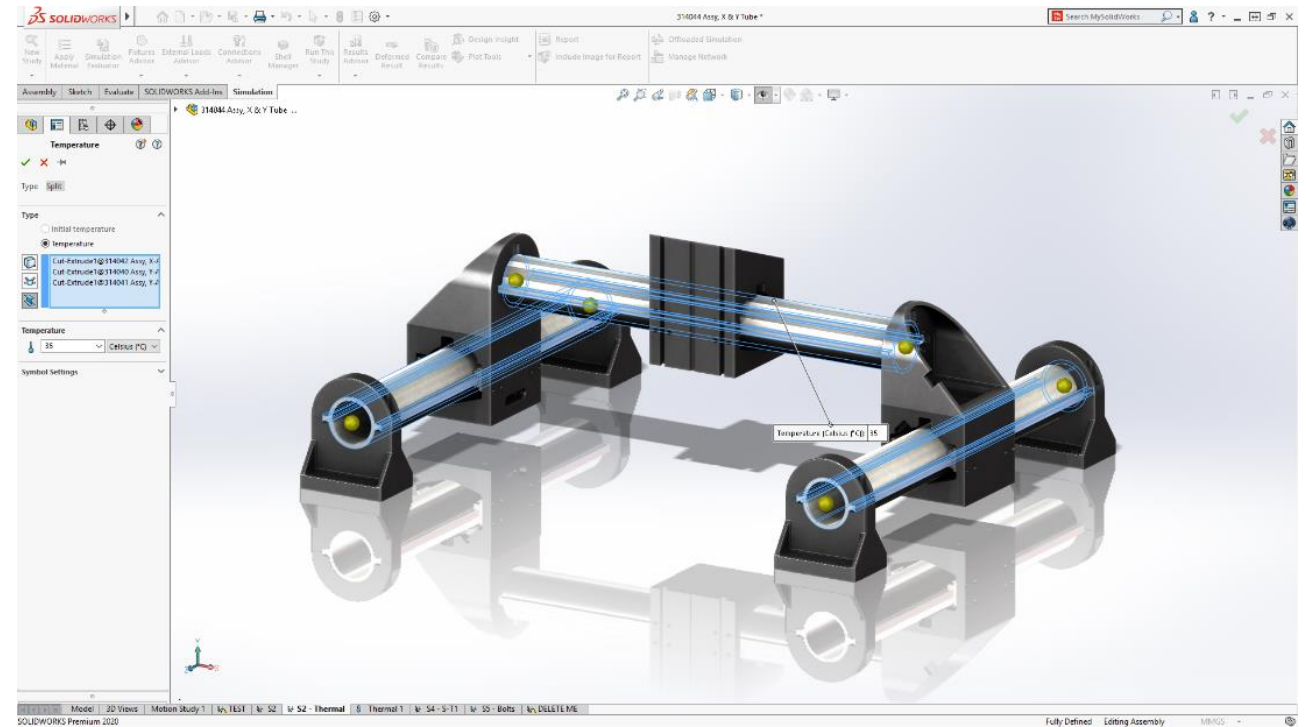


Расчёты. Балочные элементы

Теперь поддерживают термические нагрузки

Статические исследования учитывают термические процессы в балках

Термические исследования позволяют включать балки



New Study Apply Material Simulation Evaluator Fixtures Advisor External Loads Advisor Connections Advisor Shell Manager Run This Study Results Advisor Deformed Result Compare Results Design Insight Report Offloaded Simulation Manage Network Include Image for Report Plot Tools

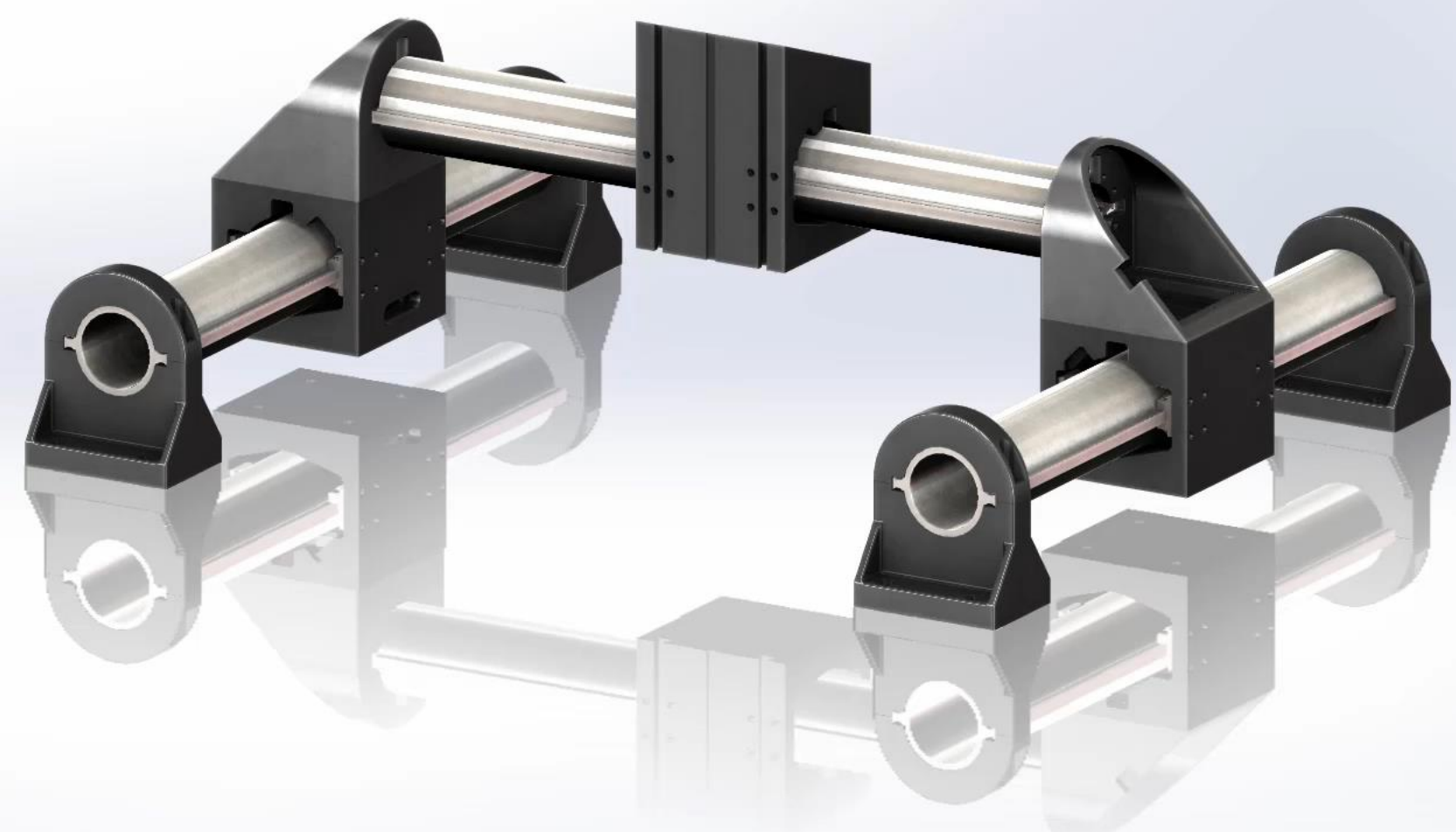
Assembly Sketch Evaluate SOLIDWORKS Add-Ins Simulation

314044 Assy, X & Y Tube (X = 12.5", Y = 12.5")

- History
- Selection Sets
- Sensors
- Annotations
- Front Plane
- Top Plane

S2 (-X = 12.5", Y = 12.5")

- Parts
- Joint group
- Connections
- Fixtures
- External Loads
 - Gravity-1 (-9.81 m/s²)
 - Remote Load (Distributed con
- Mesh
- Result Options
- Results



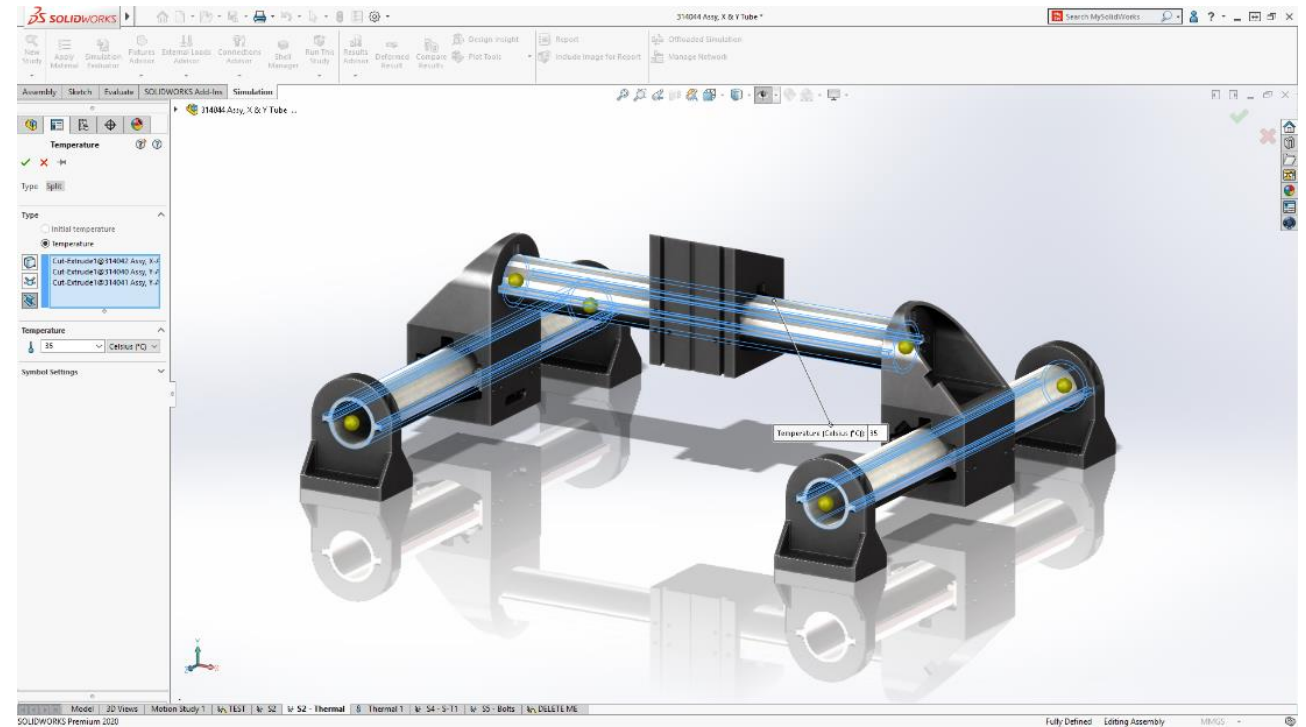
Расчёты. Балочные элементы

Теперь поддерживают термические нагрузки

Статические исследования учитывают термические процессы в балках

Термические исследования позволяют включать балки

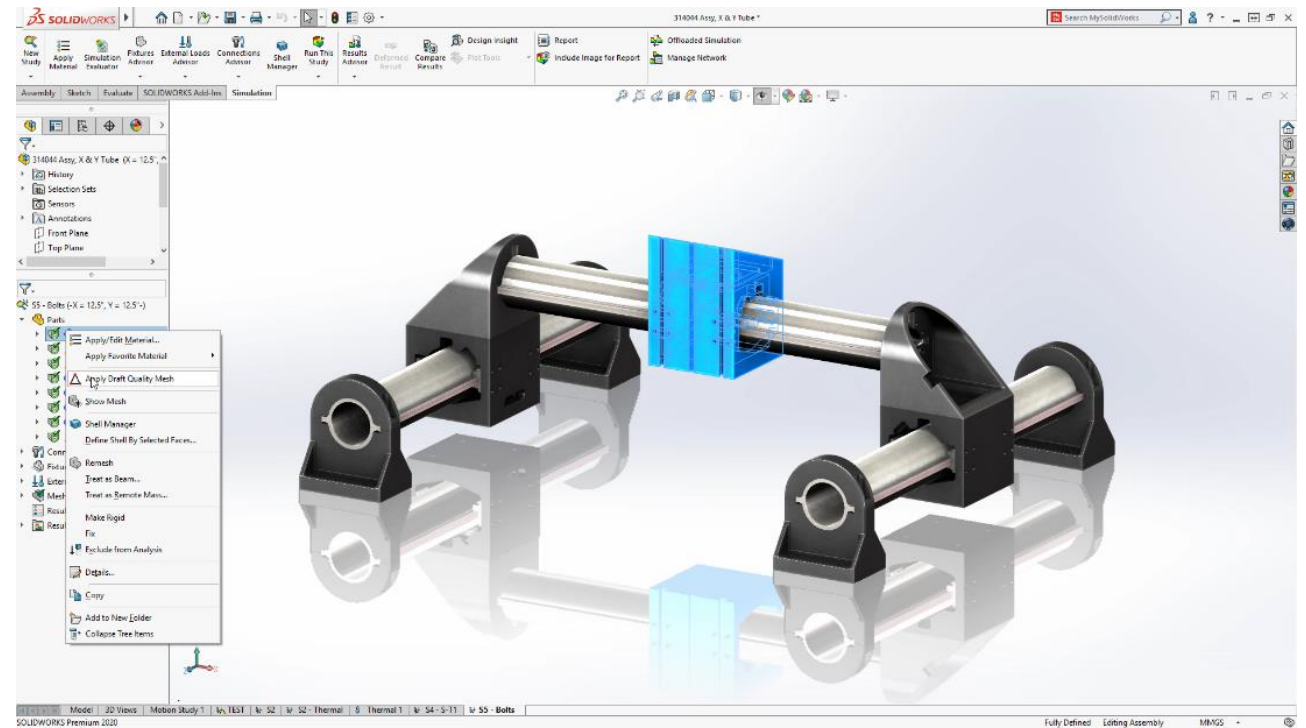
Поддержка более реальных условий



Расчёты. Распределение напряжений

Выбор качества сетки для каждой детали - отдельно

Болтовые и штифтовые соединители работают с распределенным типом соединения



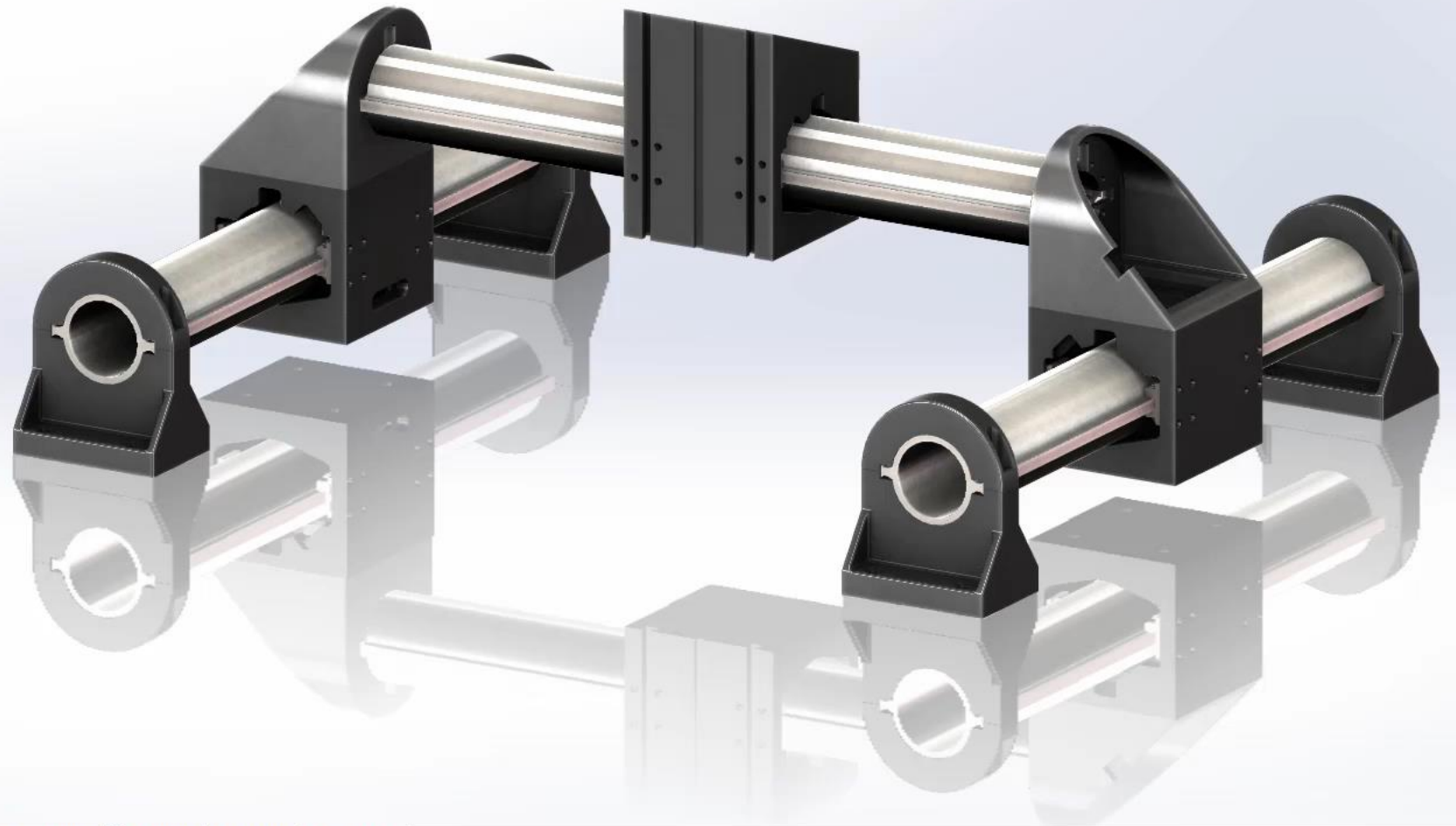
New Study
Run This Study
Offloaded Simulation
Manage Network

Assembly Sketch Evaluate SOLIDWORKS Add-Ins Simulation

Navigation icons: Rotate, Pan, Zoom, etc.

314044 Assy, X & Y Tube (X = 12.5", Y = ...)

- History
- Selection Sets
- Sensors
- Annotations
- Front Plane
- Top Plane
- Right Plane
- Origin
- 314040 Assy, Y-Axis tube & Carria
- 314041 Assy, Y-Axis Tube & Carria
- 314042 Assy, X-Axis Tube & Carria
- Mates

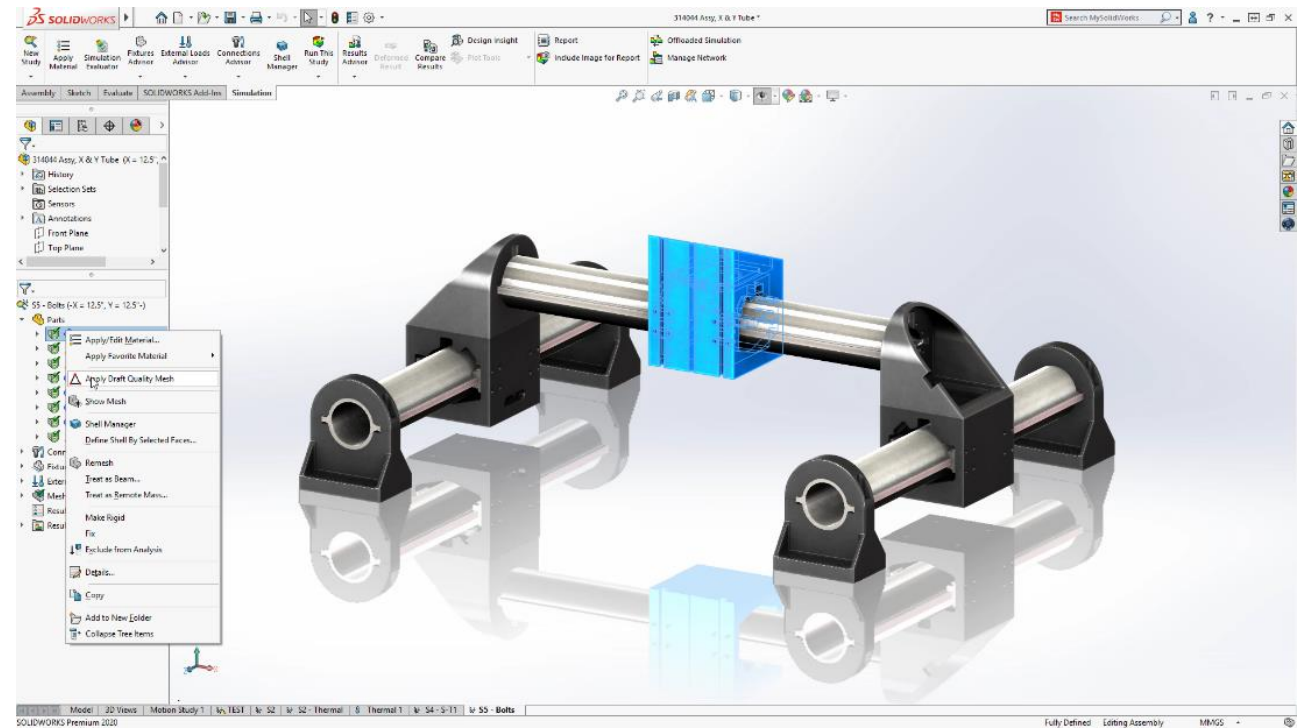


Расчёты. Распределение напряжений

Выбор качества сетки для каждой детали - отдельно

Болтовые и штифтовые соединители работают с распределенным типом соединения

*Высокое качество
результатов там, где
ОНО ВАМ НУЖНО*

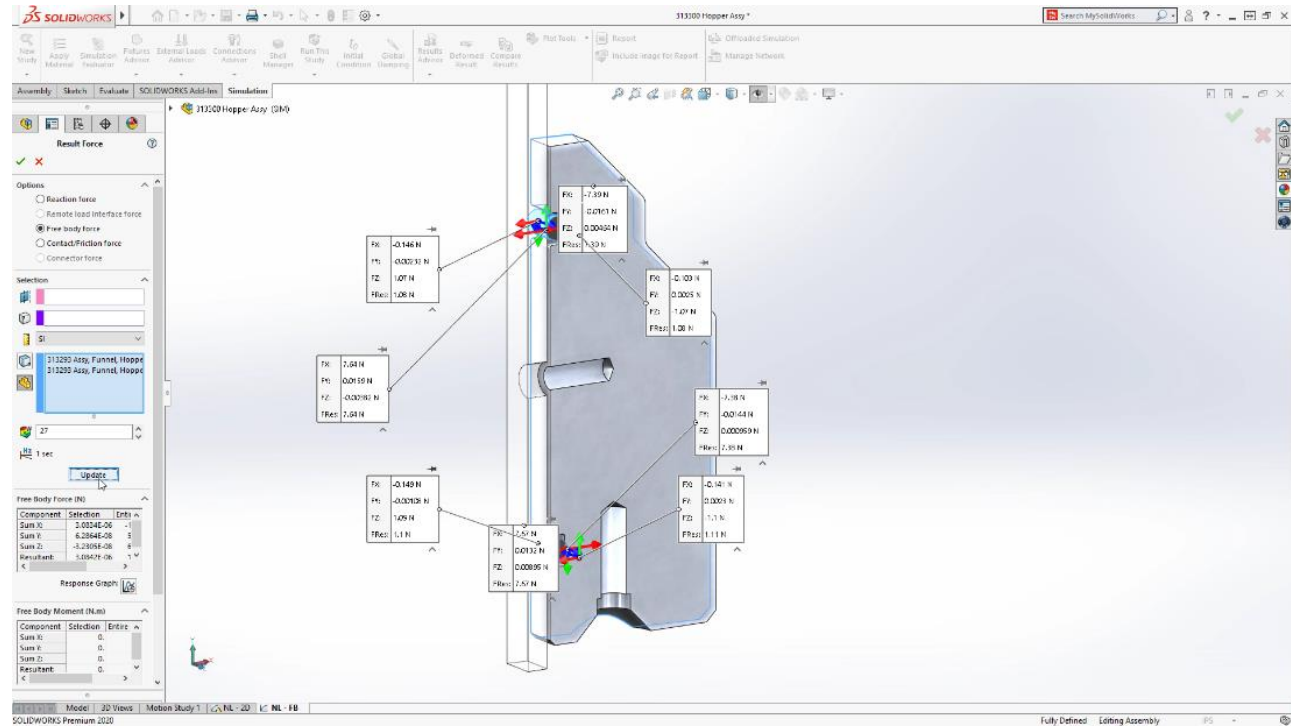


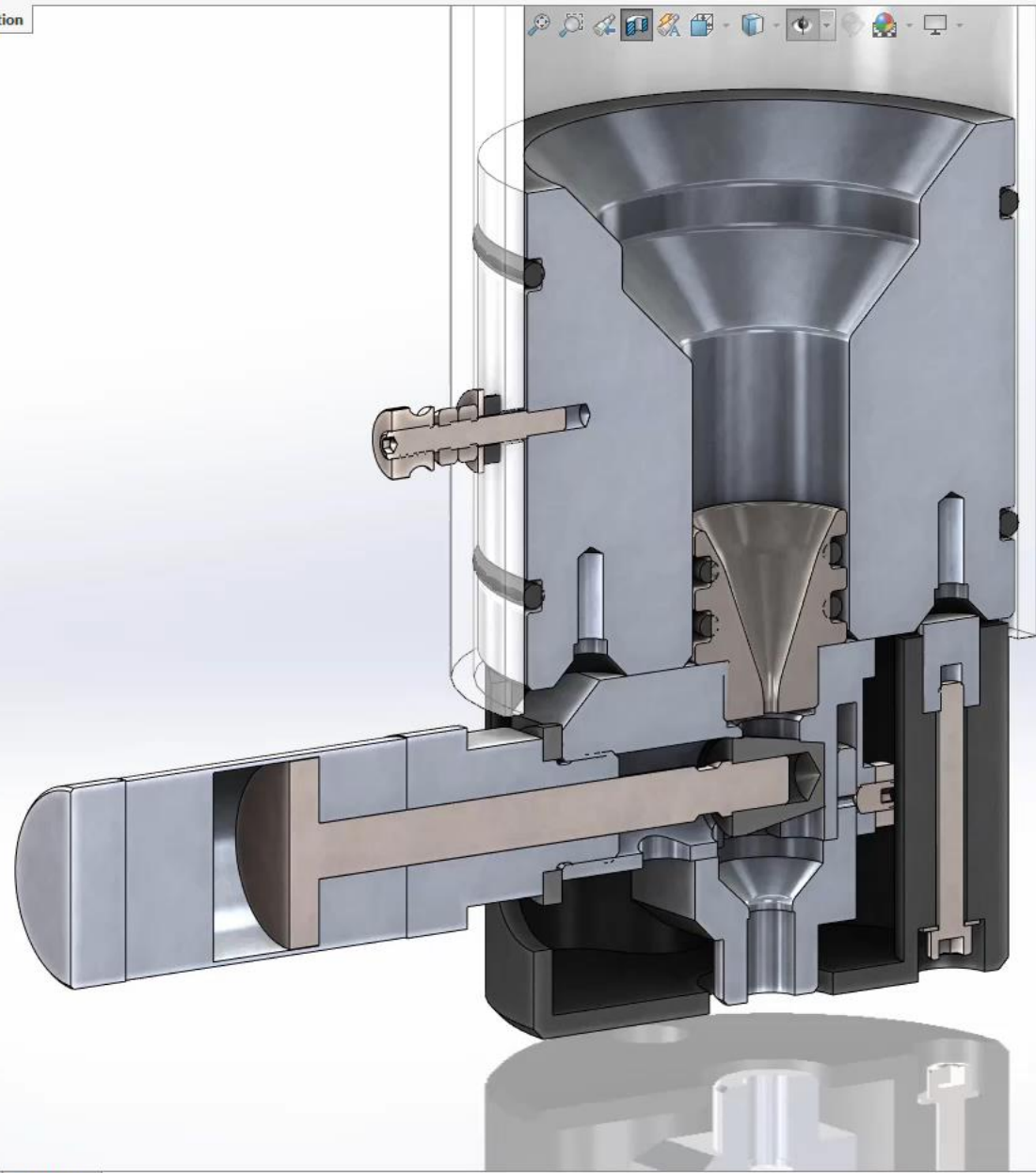
Расчёты

Силы свободных тел доступны для

Нелинейной статики

Нелинейной динамики





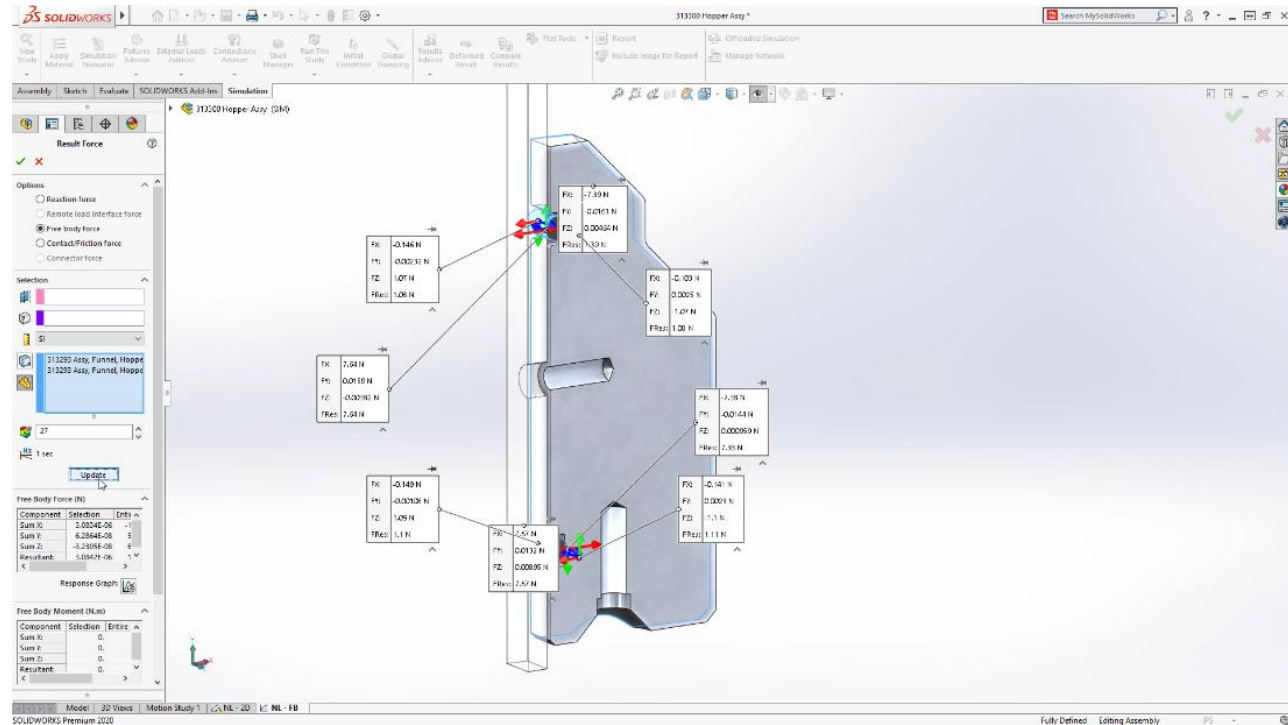
Расчёты

Силы свободных тел доступны для

Нелинейной статики

Нелинейной динамики

*Подробные
результаты для
ваших расчётов*



What's New in SOLIDWORKS 2020

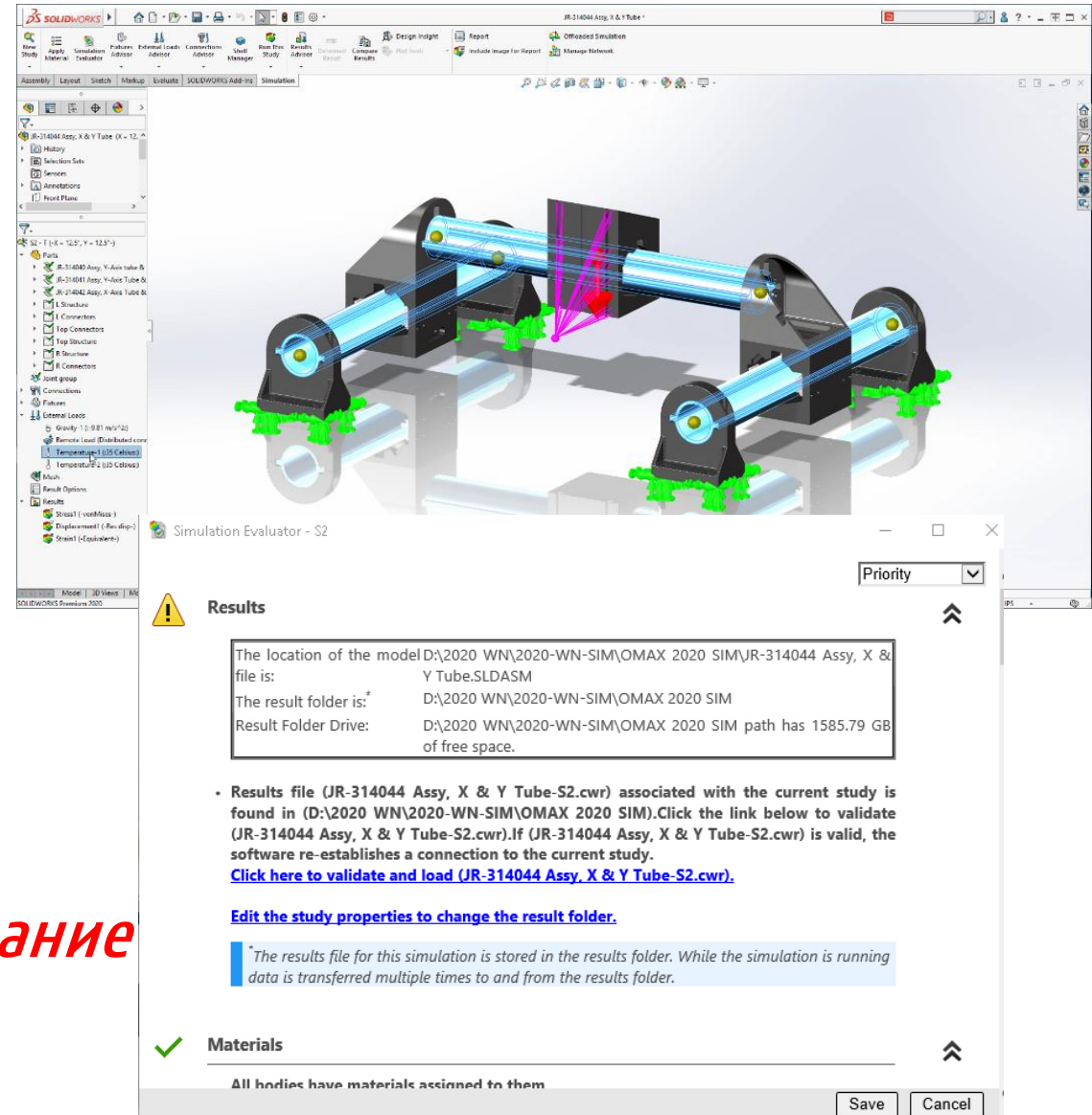
SIMULATION Evaluator

Термические нагрузки в балках

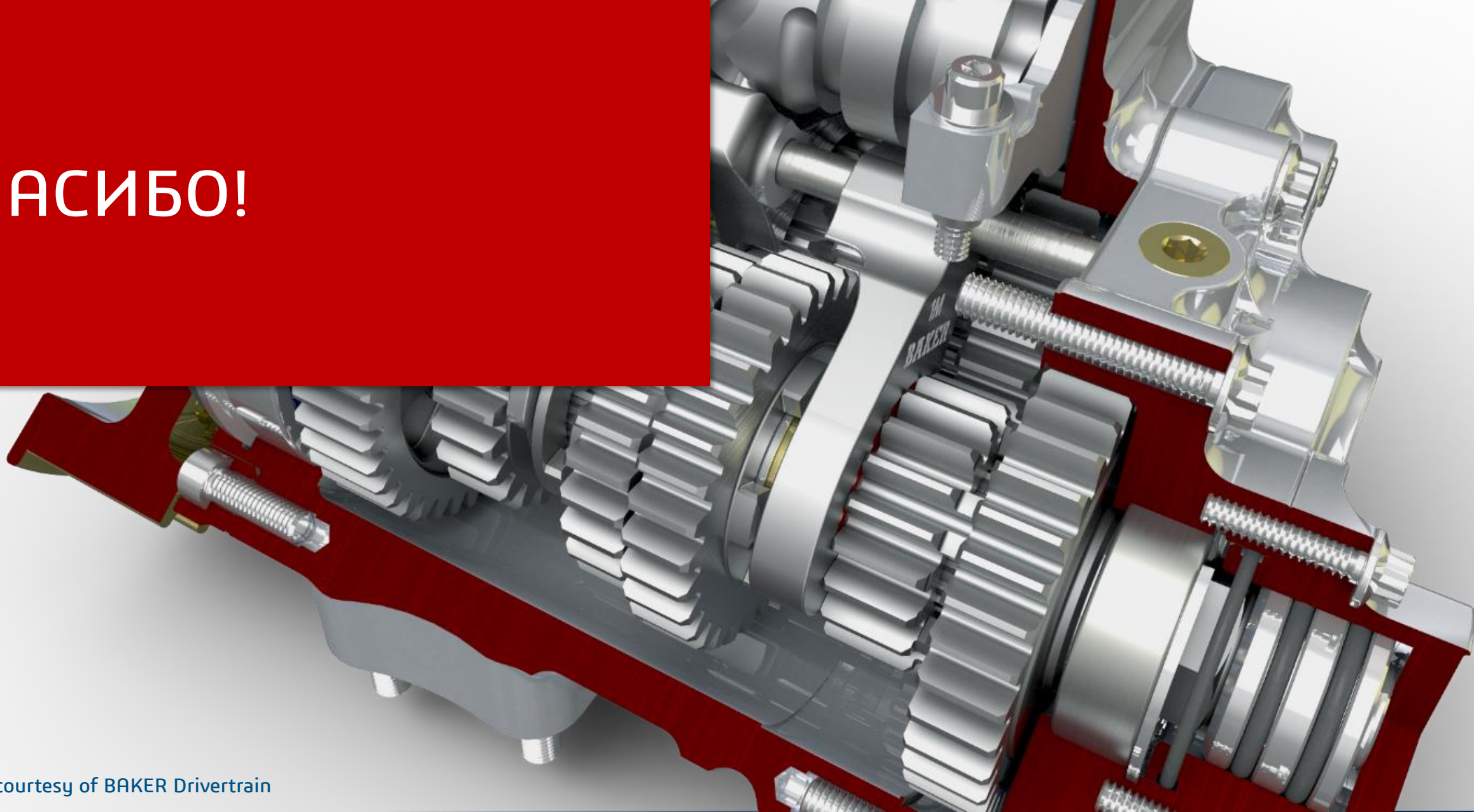
Распределение усилий в
соединителях

Силы свободных тел в
нелинейной статике и динамике

***Быстрое, простое и точное моделирование
для ускорения расчетов***



СПАСИБО!



DS.COM/SOLIDWORKS © Dassault Systèmes | Confidential Information

Image courtesy of BAKER Drivertrain

 **SOLIDWORKS**

ITools
идеальные
инструменты

 **DASSAULT** SYSTEMES | The **3DEXPERIENCE**® Company

