

APM FEM

базовые прочностные расчёты

СОДЕРЖАНИЕ

- 1** Информация о продукте
- 2** Решаемые задачи
- 3** Области применения
- 4** Разбор основных возможностей и примеры кейсов
- 5** Топологическая оптимизация

ИНФОРМАЦИЯ О ПРОДУКТЕ

ИНФОРМАЦИЯ О ПРОДУКТЕ

Встроенное в КОМПАС-3D приложение

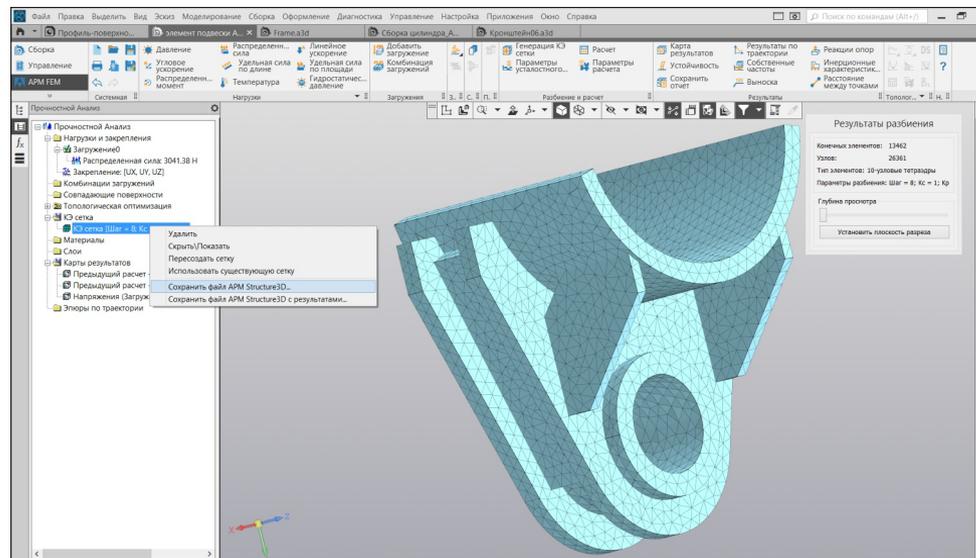
Решает базовые прочностные расчёты
твердотельных, оболочечных
и стержневых объектов

Позволяет визуализировать результаты

Позволяет передать расчётный проект
в APM WinMachine

Не требует специальных знаний и навыков
в области вычислительных методов и высшей
математики

Доступен в режиме бесплатной
30 дневной лицензии КОМПАС-3D



РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

The background features a dark gray color with two large, faint, stylized patterns. On the left, there is a circular shape containing several curved, leaf-like or petal-like elements. On the right, there is a gear-like pattern with many teeth, partially overlapping the circular shape.

РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

Линейный и нелинейный (версия PROF)
статический расчёт

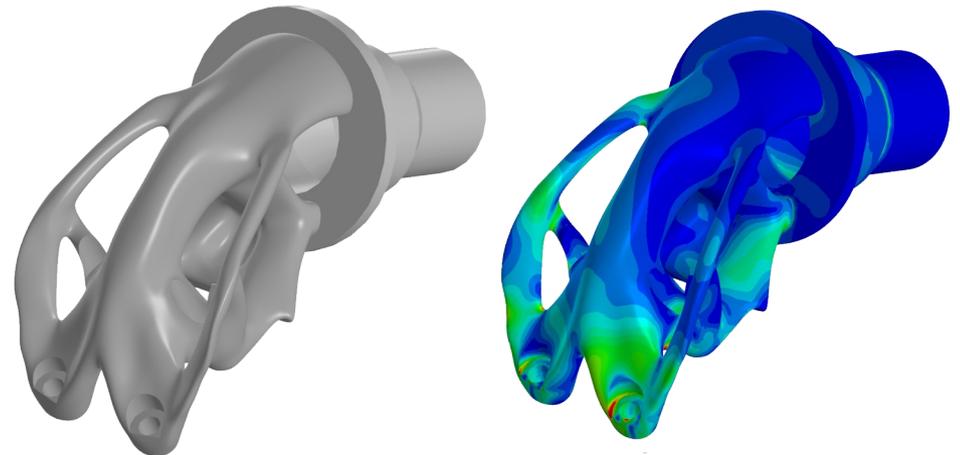
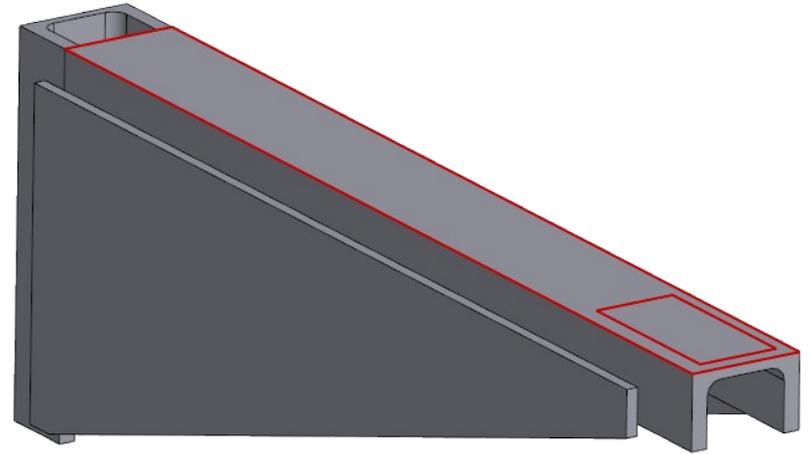
Стационарная и нестационарная (версия PROF)
теплопроводность

Усталостный расчёт

Расчёт устойчивости

Анализ собственных частот и форм

Топологическая оптимизация



The background features a dark gray color with faint, stylized patterns. On the left, there are overlapping leaf-like shapes. On the right, there are gear-like patterns with teeth. The text is centered horizontally and vertically.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Арматура и элементы трубопроводов



Устройства удержания и закрепления



Элементы подвижного состава ЖД



Корпусные детали различных машин и их частей



Элементы автомобилей



The background features a dark gray color with faint, stylized patterns. On the left, there are overlapping leaf-like shapes. On the right, there are gear-like or sunburst patterns. The text is centered horizontally and vertically.

ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

ТИПОВОЙ ЦИКЛ РАСЧЁТА

СТАРТ

ФИНИШ

Подключение приложения ARM FEM

Задание взаимодействия тел

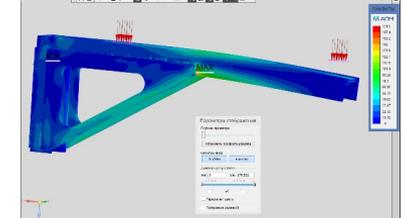
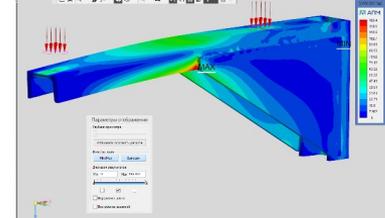
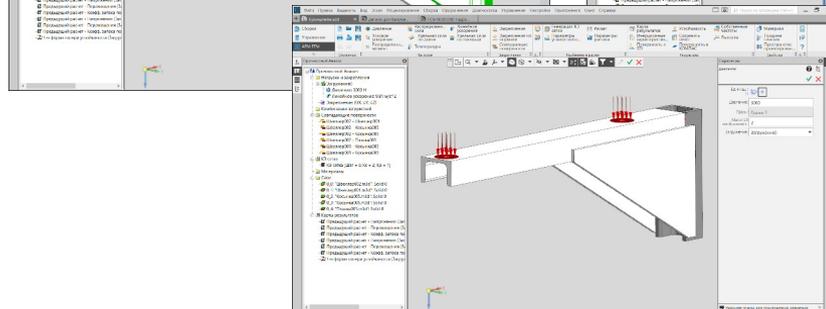
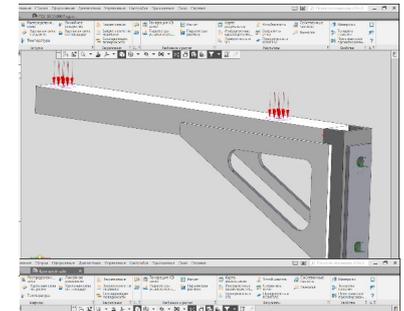
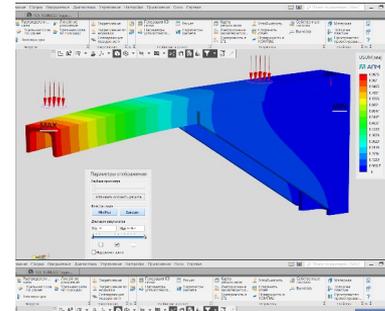
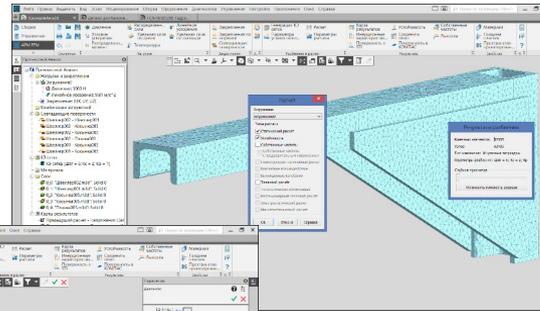
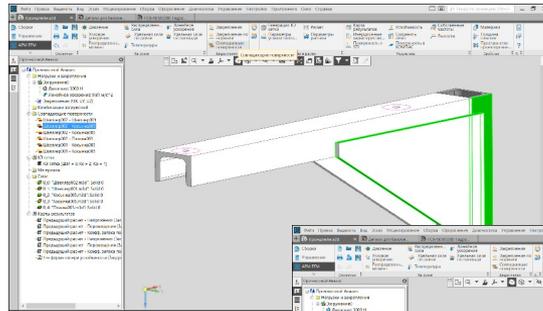
Задание ГУ

Генерация сетки

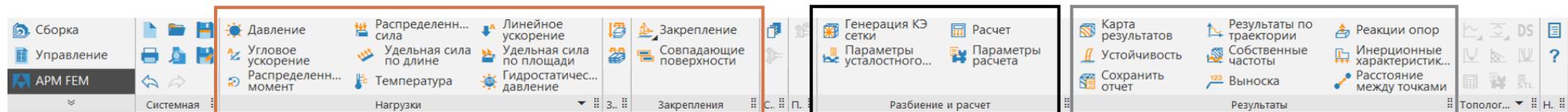
Запуск расчёта

Визуализация результатов

Доработка модели



РЕЖИМЫ РАБОТЫ ПАНЕЛИ ИНСТРУМЕНТОВ



Подготовка модели

Взаимодействие между телами

Закрепления

Нагрузки

Добавление
и комбинация загрузжений

...

Разбиение и расчет

Генерация конечно-элементной сетки

Настройки параметров расчёта

Запуск необходимого типа расчёта

Результаты расчета

Вывод карт результатов

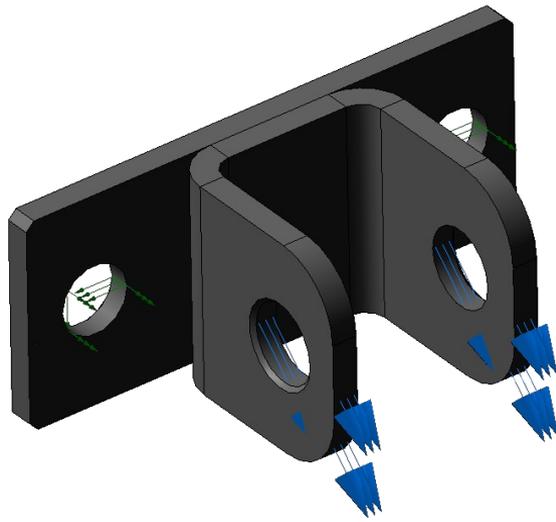
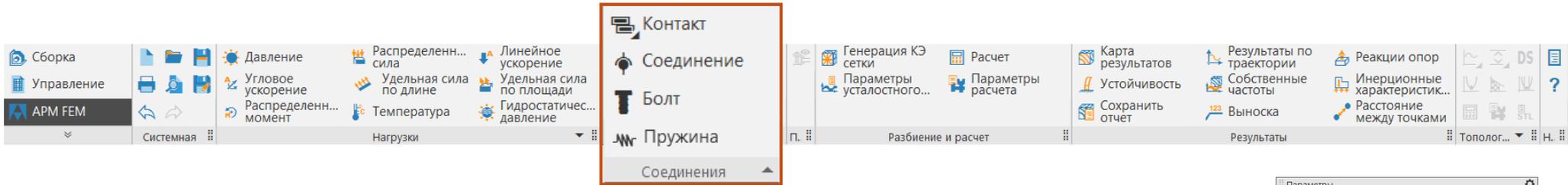
Реакции в опорах

Использование выносок

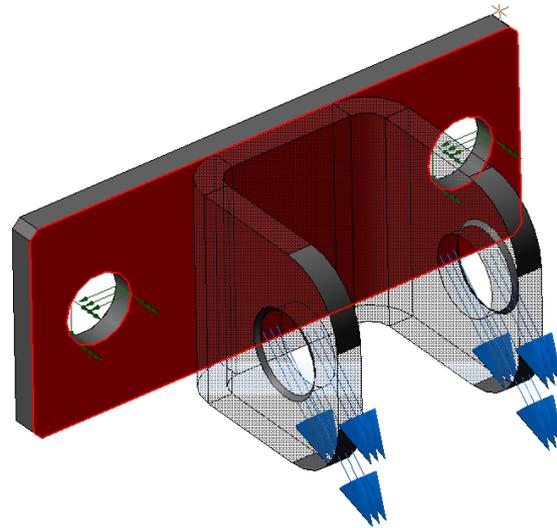
Генерация файла-отчёта

...

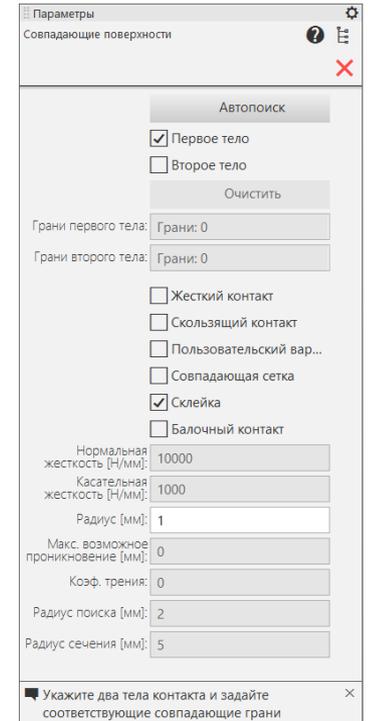
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ТЕЛАМИ



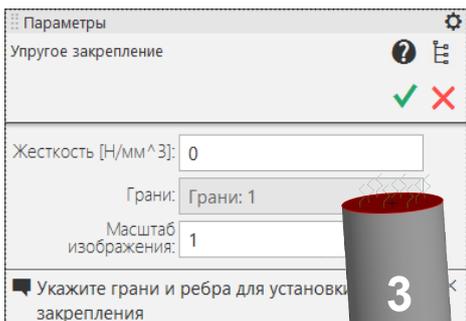
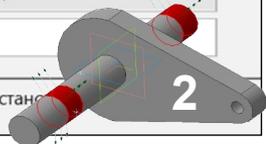
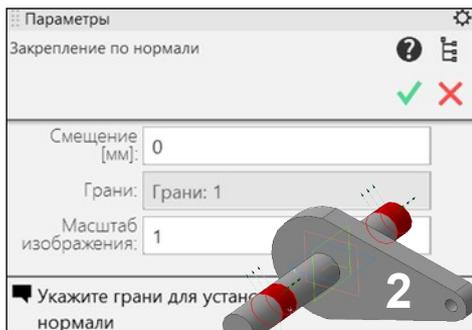
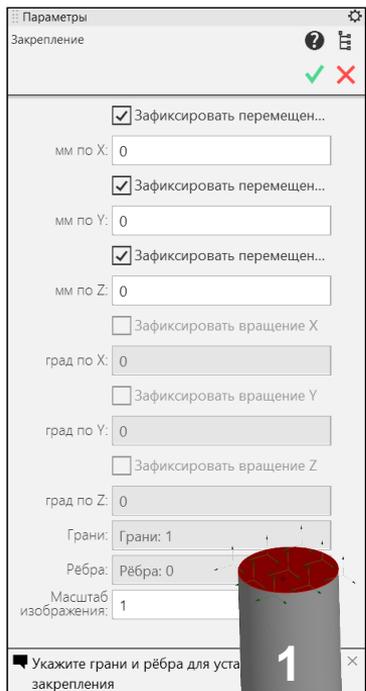
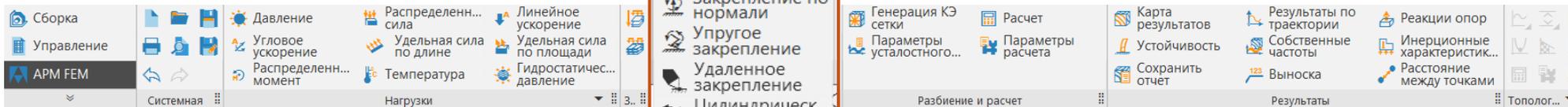
Модель сборки



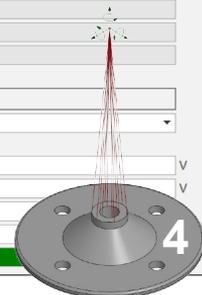
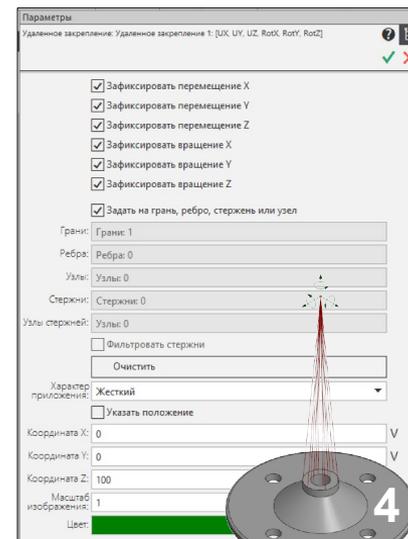
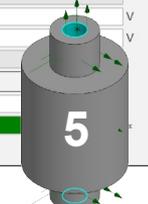
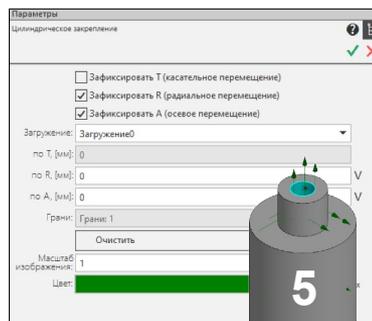
Выбор поверхностей контакта



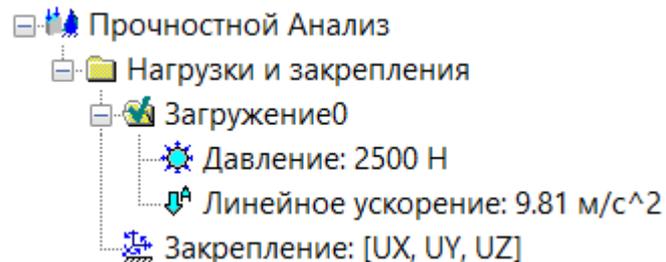
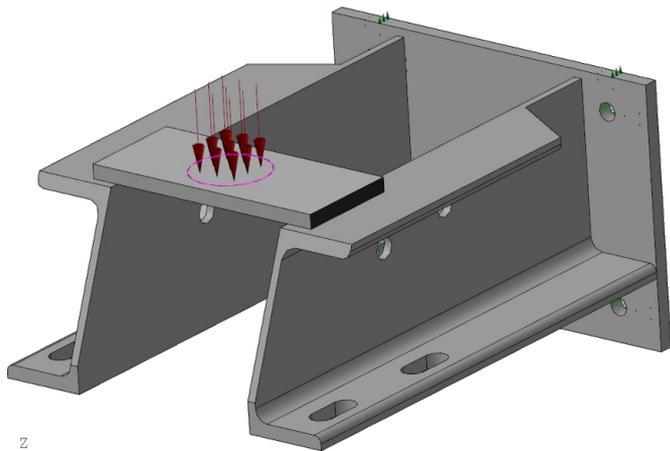
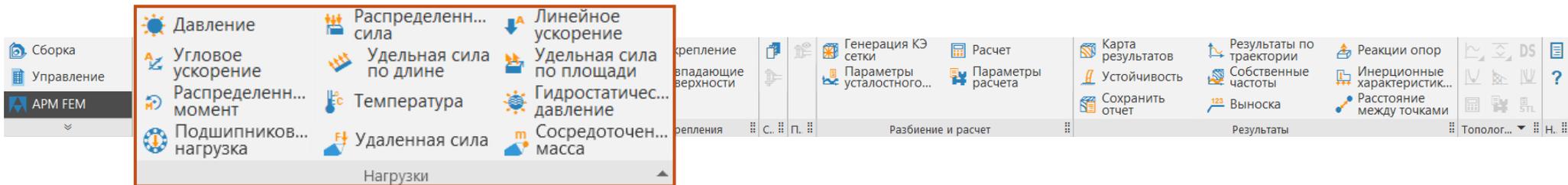
ЗАКРЕПЛЕНИЯ



1. Закрепление
2. Закрепление по нормали
3. Упругое закрепление
4. Удаленное закрепление
5. Цилиндрическое закрепление



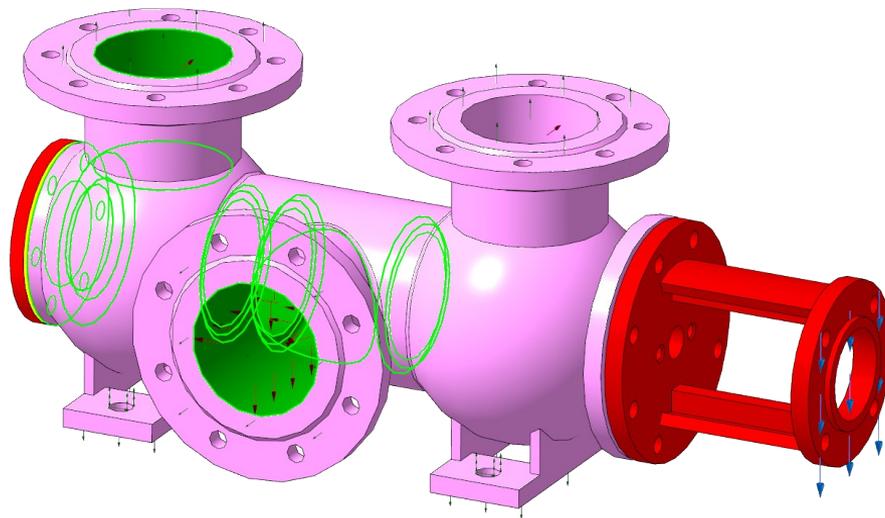
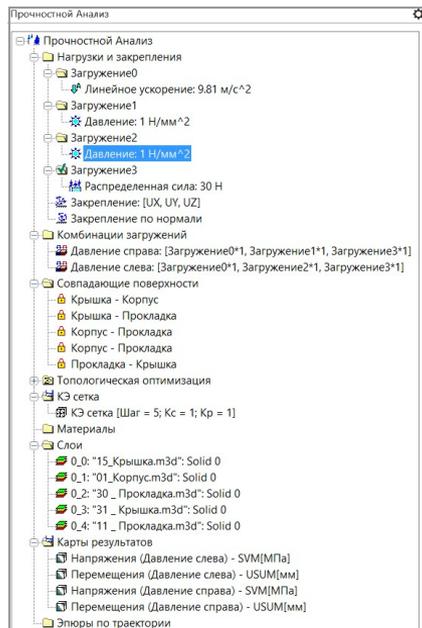
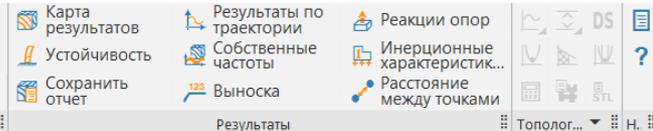
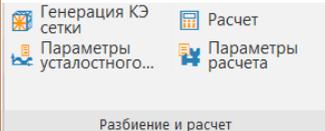
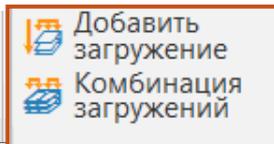
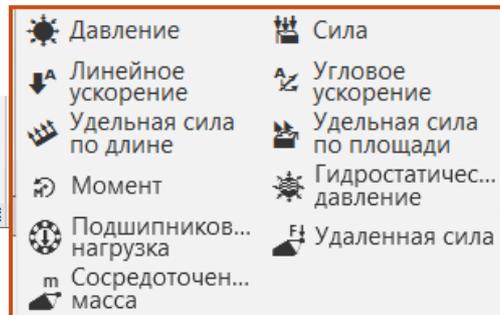
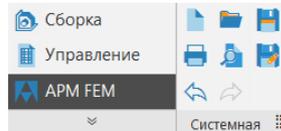
НАГРУЗКИ



ВАЖНО!

При вводе значений нагрузок обращайте внимание на единицы измерения

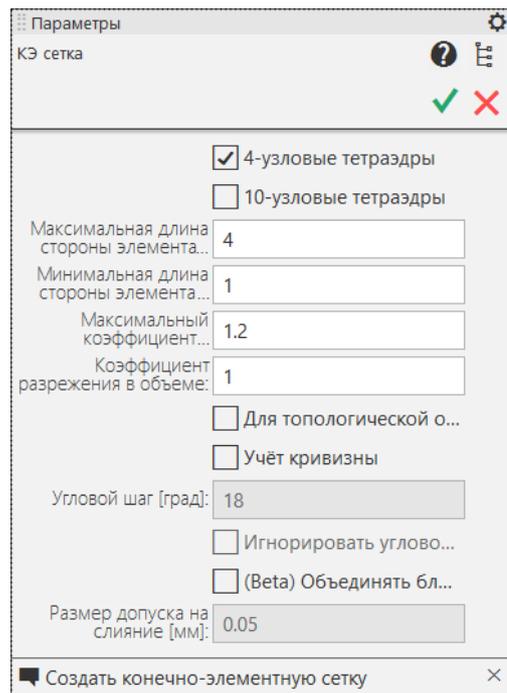
ДОБАВЛЕНИЕ И КОМБИНАЦИЯ ЗАГРУЖЕНИЙ



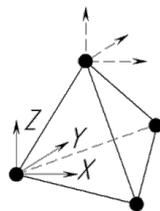
Позволяет проанализировать поведение конструкции при различных сочетаниях внешних нагрузок, действующих на конструкцию.

Количество Загрузок и Комбинаций загрузок программой не ограничивается.

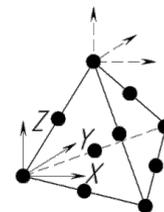
АВТОМАТИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ КЭ СЕТКИ



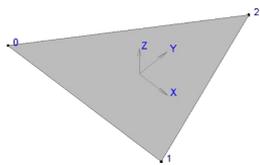
При выборе основных параметров сетки есть выбор типа КЭ



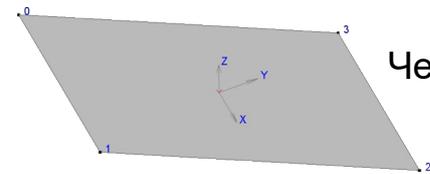
4-х узловой тетраэдр



10-ти узловой тетраэдр

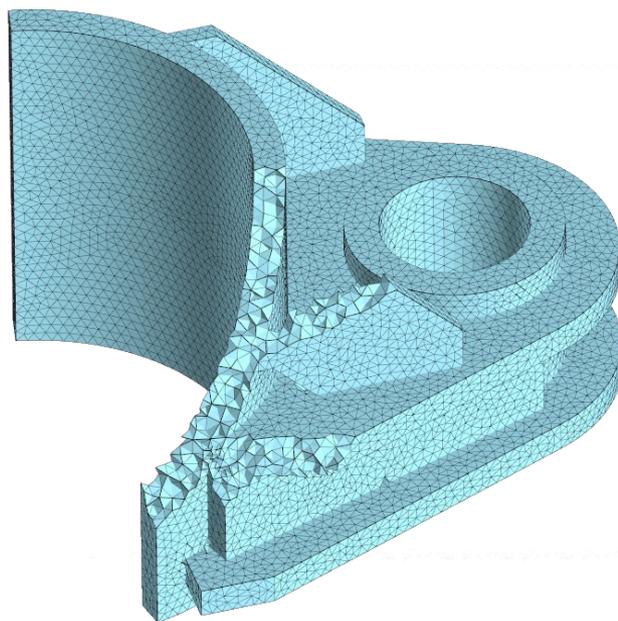
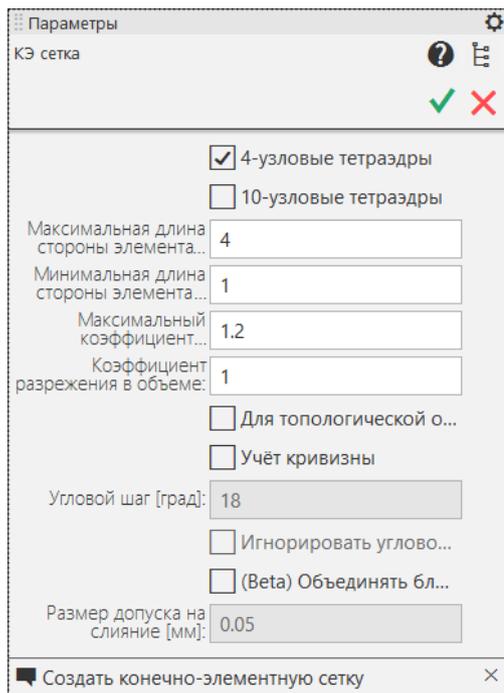


Треугольная пластина

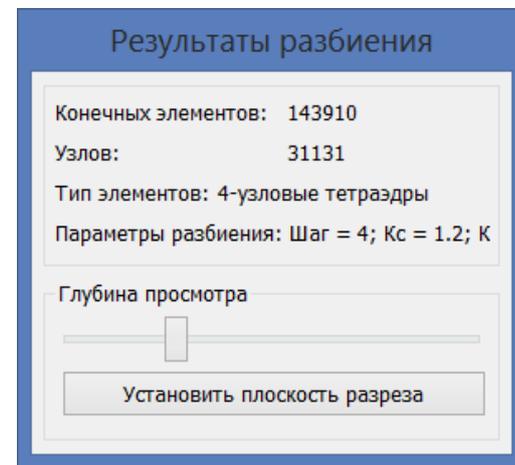


Четырехугольная пластина

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ КЭ СЕТКИ

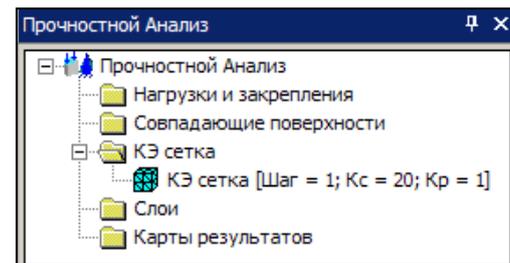
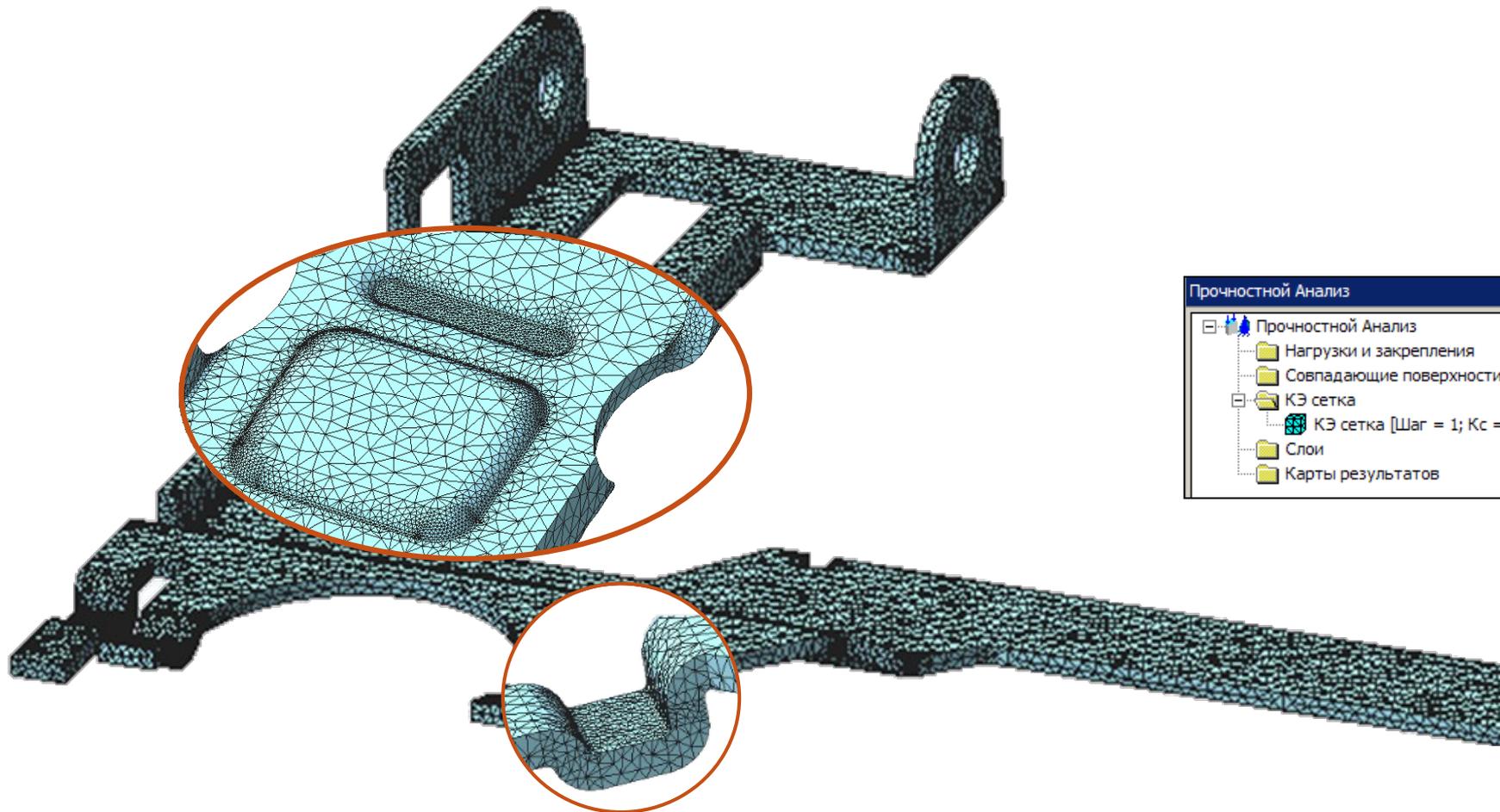


Разрез расчетной сетки

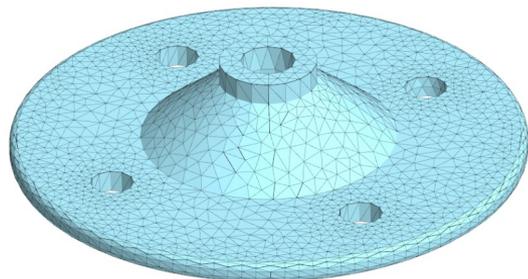


Возможность контроля сетки в разрезе

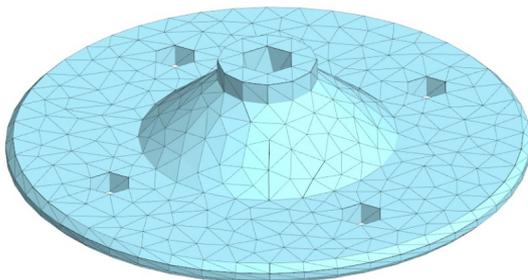
АВТОМАТИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ КЭ СЕТКИ



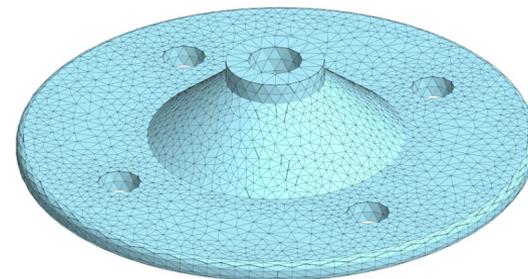
СТРАТЕГИЯ РАЗБИЕНИЯ



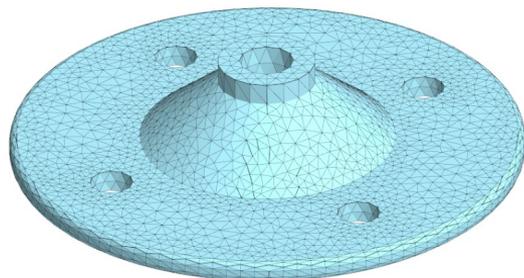
Сглаженная адаптивная
Кол-во узлов: 4,2 тыс.



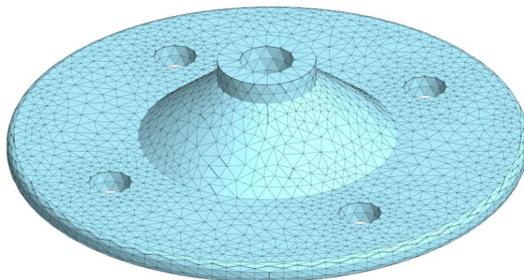
Равномерная
Кол-во узлов: 0,8 тыс.



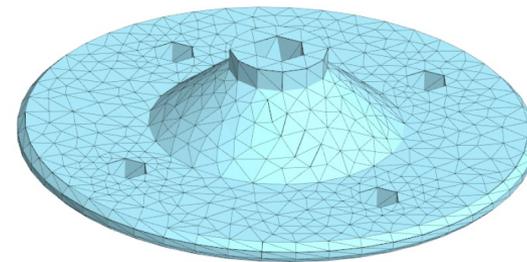
По близости и кривизне
Кол-во узлов: 4,9 тыс.



На основе близости
Кол-во узлов: 4,7 тыс.

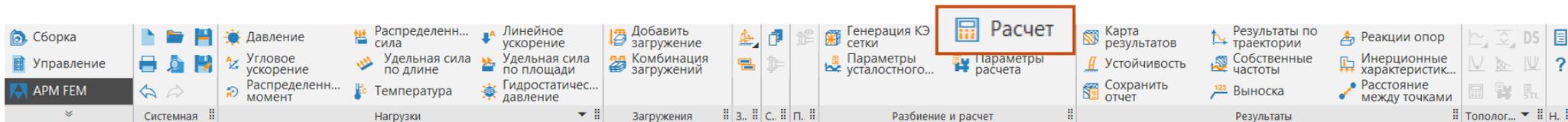


С постоянной кривизной
Кол-во узлов: 4,5 тыс.



Адаптивная
Кол-во узлов: 1,3 тыс.

ВЫБОР ТИПА РАСЧЁТА



Линейный статический расчёт

Усталостный расчёт

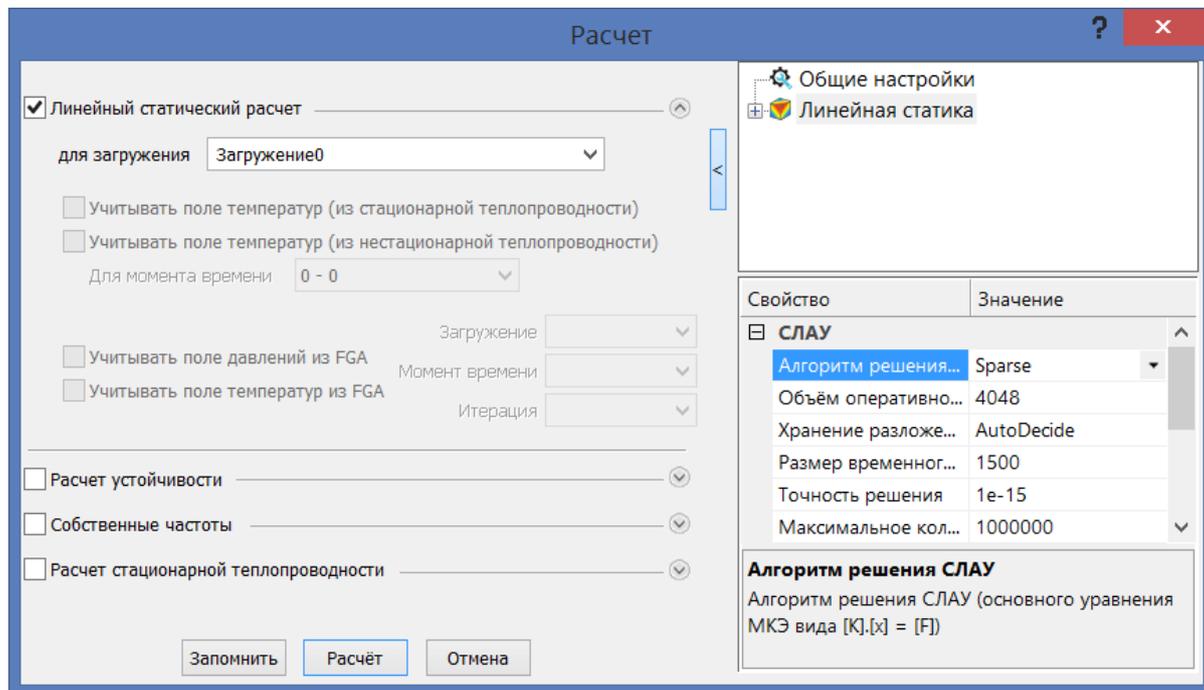
Расчёт устойчивости

Расчёт собственных частот
и собственных форм колебаний

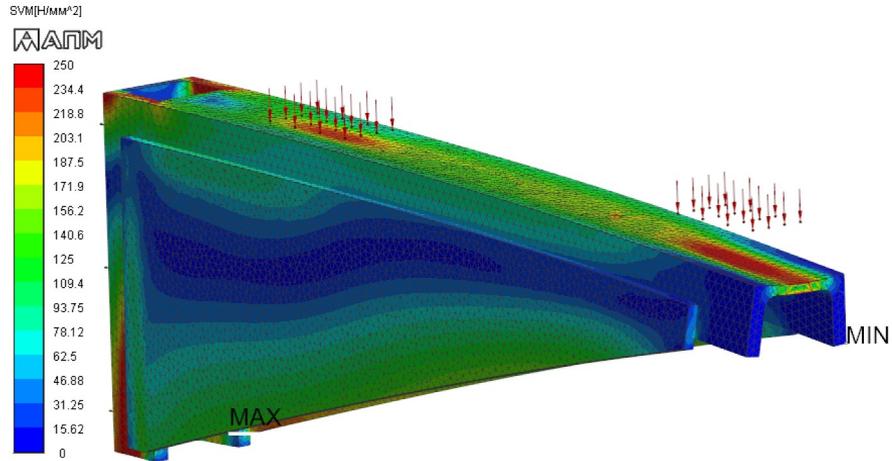
Решение задачи стационарной
теплопроводности

Решение задачи термоупругости
(при совместном выполнении
статического и теплового расчётов)

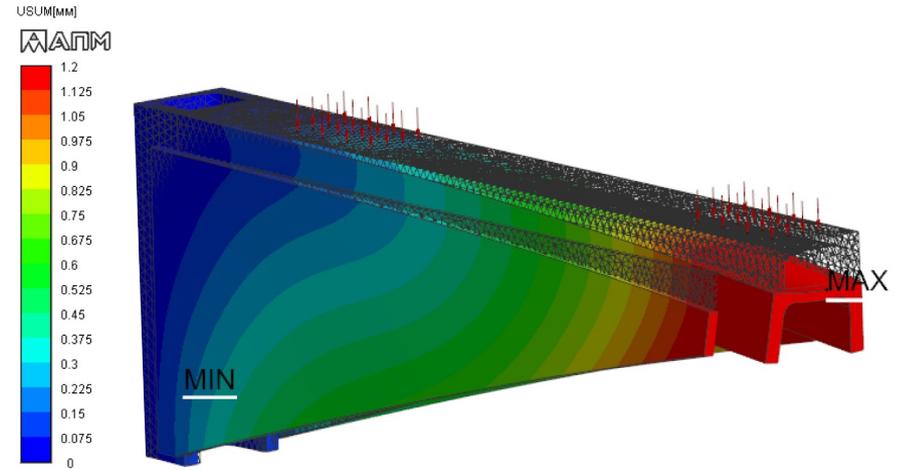
Топологическая оптимизация



СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

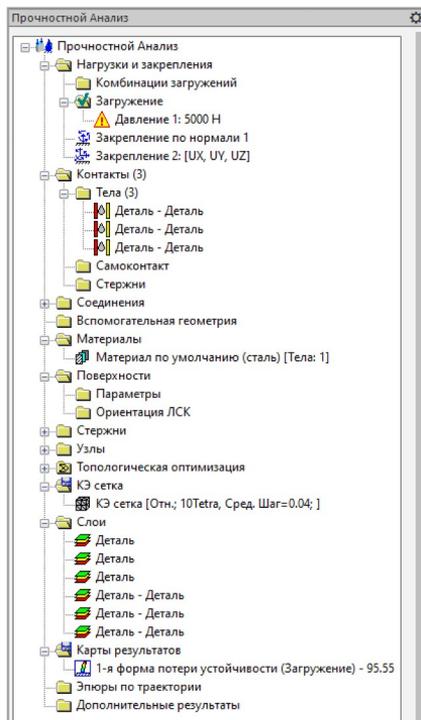


Распределение напряжений



Распределение перемещений

РАСЧЁТ УСТОЙЧИВОСТИ



Устойчивость

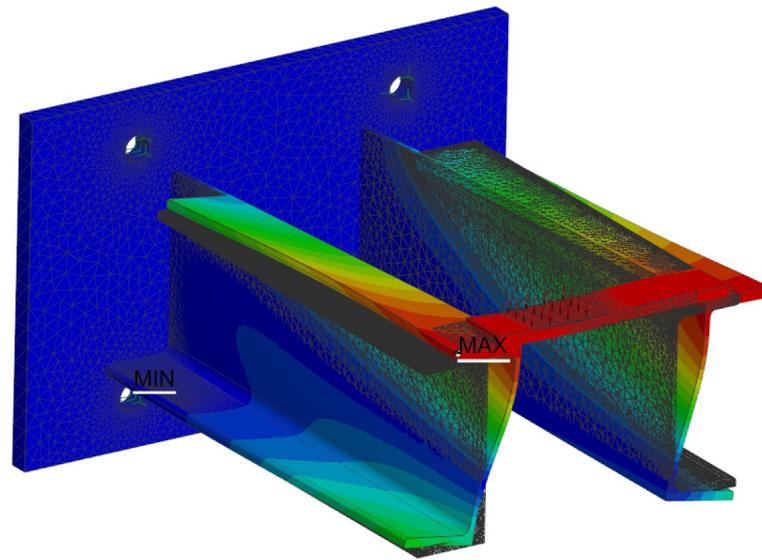
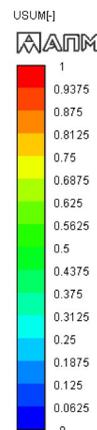
Загрузка: Загрузка

Коэффициенты запаса потери устойчивости

N	[-]
1	95.55
2	108.483
3	171.917
4	273.987
5	4408.35

Форма... OK

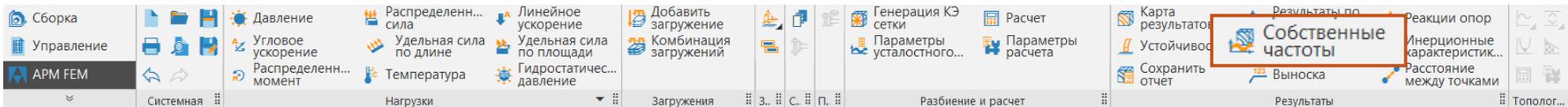
Коэффициенты запаса устойчивости



Первая форма потери устойчивости

РАСЧЁТ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ

С предварительным нагружением

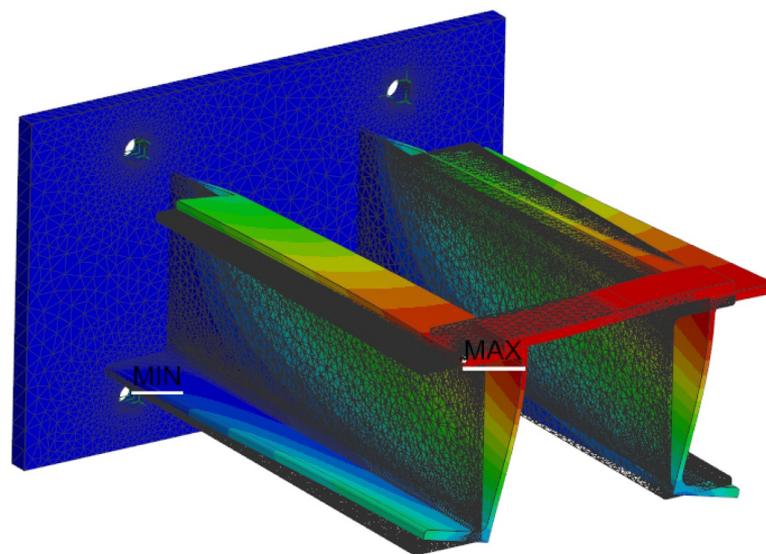
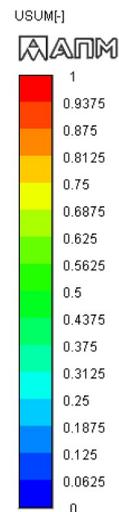


Частоты собственных колебаний

N	Собственные частоты		Модальные массы [м.м.] и суммы модальных масс [с.м.м.] по направлениям ГСК						
	[рад/с]	[Гц]	[с]	м.м. X [%]	с.м.м. X [%]	м.м. Y [%]	с.м.м. Y [%]	м.м. Z [%]	с.м.м. Z [%]
1	611.431	97.3123	0.0102762	23.6	23.6	1.48e-07	1.48e-07	1.11e-07	1.11e-07
2	1356.51	215.896	0.00463186	0.0108	23.6	0.035	0.035	6.12	6.12
3	1357.76	216.095	0.0046276	4.95	28.6	6.29e-05	0.0351	0.0126	6.14
4	1890.91	300.948	0.00332284	5.59e-06	28.6	0.0765	0.112	2.25	8.39
5	2170.03	345.371	0.00289544	4.64e-05	28.6	0.0069	0.119	1.11	9.5

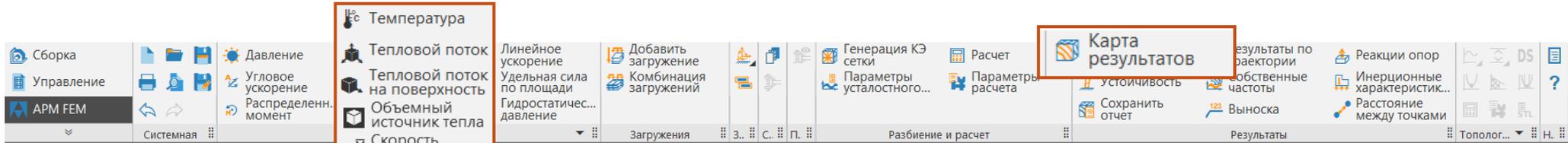
Форма... Закрыть

Таблица собственных частот



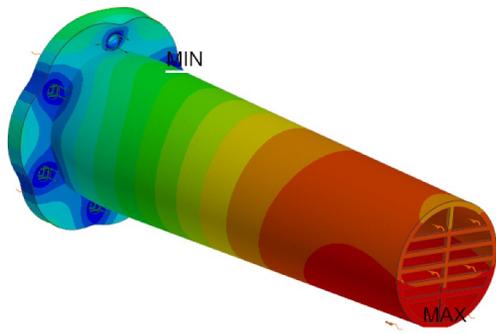
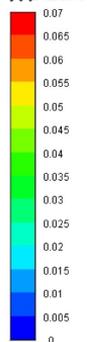
Первая собственная форма

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ



USUM[мм]

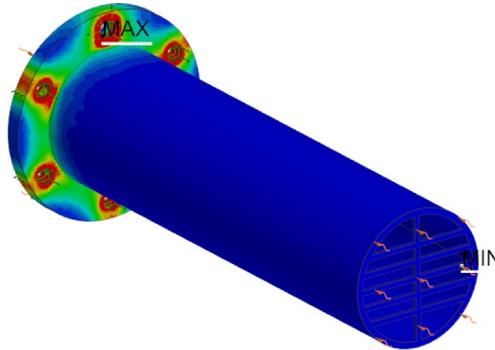
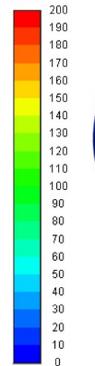
МАПМ



Перемещения

SVM[Н/мм²]

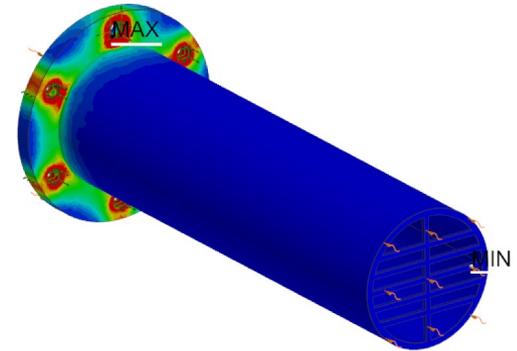
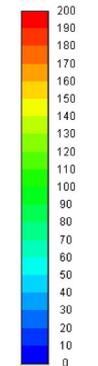
МАПМ



Напряжения

SVM[Н/мм²]

МАПМ



Температура

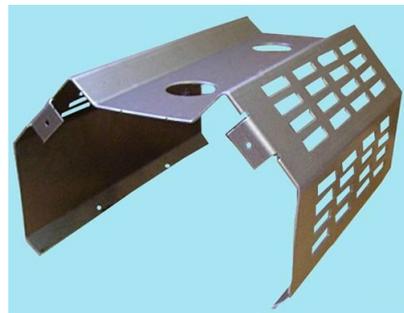
РАСЧЁТ ПОВЕРХНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ

Возможность быстрой оптимизации конструкции (подбор толщин пластин)

Ускорение расчётов за счет меньшего количества КЭ

Снижение требований к быстродействию ПК и размеру ОЗУ

Сокращение объёма данных, хранимых на жёстком диске



Корпуса приборов



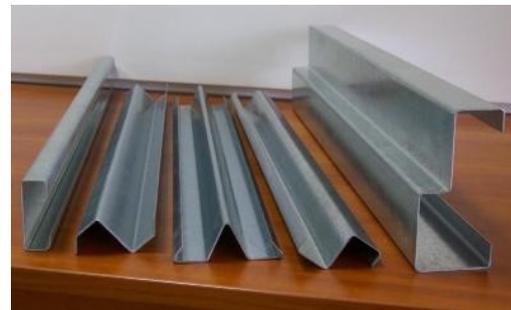
Сосуды и трубопроводы



Штампованные тонкостенные детали



Кронштейны



Конструкции из тонкостенных гнутых профилей

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

Переход от твердотельной к поверхностной модели

1. Использовать операцию «Эквидистанта поверхности»

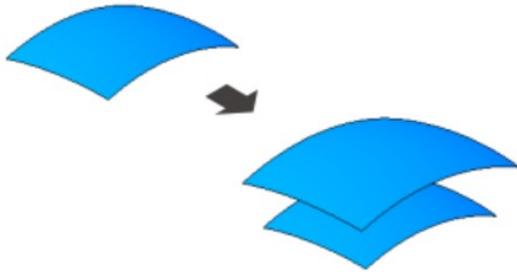
необходимо сделать эквидистанту поверхности по середине толщины исходного материала, а далее сшить получившиеся части поверхности в одну поверхность, которую необходимо сохранить в отдельный файл

2. Использовать операцию «Удалить грани»

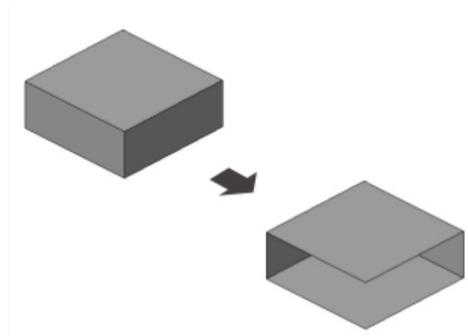
с последующим сохранением итоговой поверхности в отдельный файл

3. Использовать операцию «Копировать объекты»

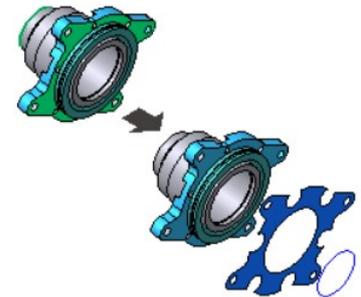
скопировать нужные поверхности из текущей или сторонней твердотельной модели в новый документ



Эквидистанта поверхности



Удалить грани



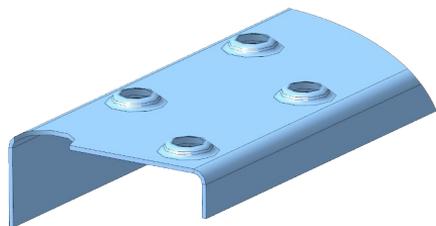
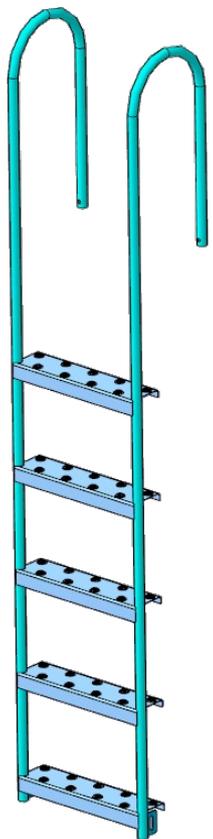
Копировать объекты

ПРИМЕРЫ

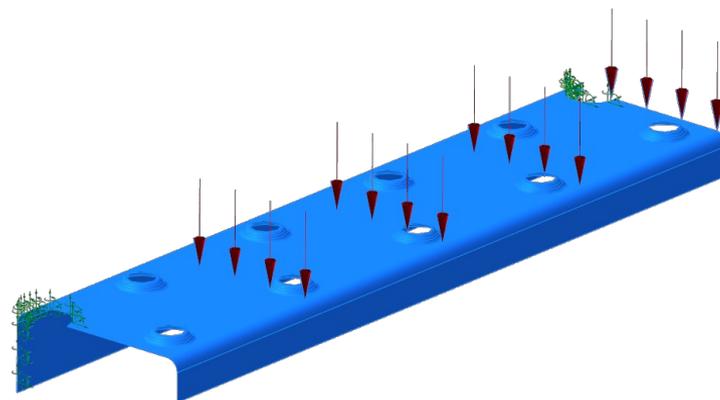
The background features a dark, monochromatic design. On the left, there are overlapping circular shapes with a leaf-like or petal-like pattern. On the right, a large gear-like structure is visible, composed of many overlapping, slightly offset circular segments that create a sense of depth and motion. The overall aesthetic is technical and modern.

ПРИМЕР

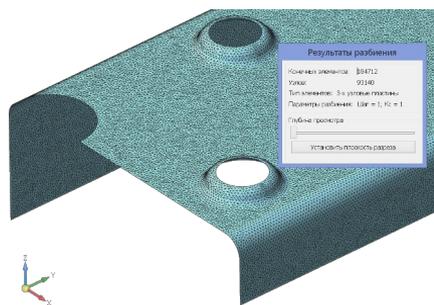
Расчёт ступени лестницы



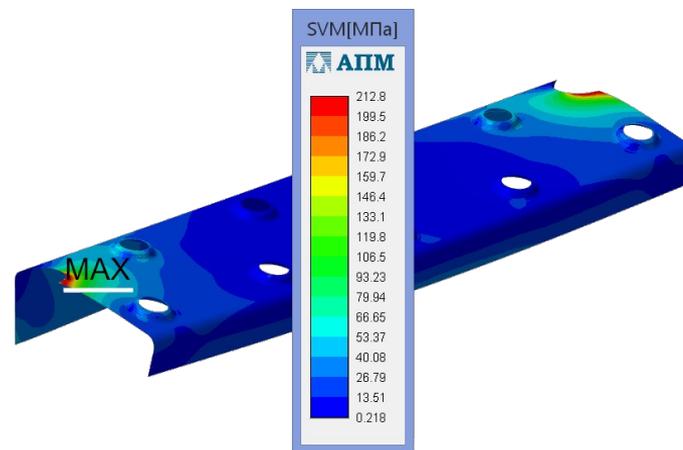
1. Исходная твердотельная модель ступени лестницы



2. Поверхностная расчётная модель с ГУ



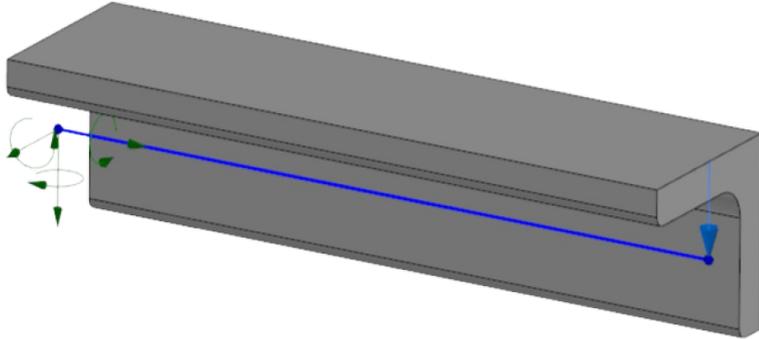
3. Создание расчётной сетки



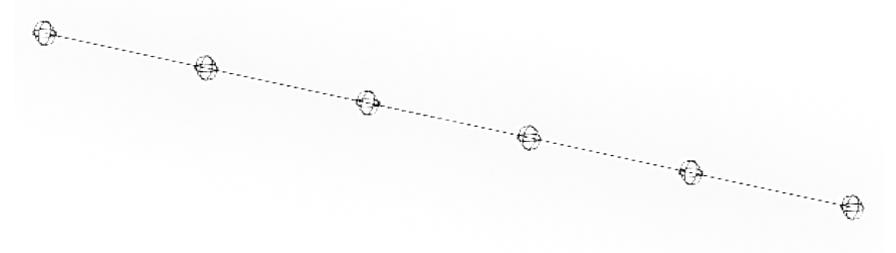
4. Вывод результатов расчёта

РАСЧЕТ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ

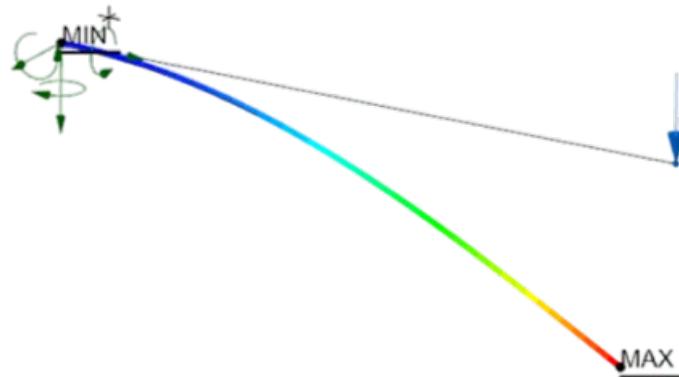
Использование стержневых КЭ



1. Создание профиля и задание ГУ



2. Создание стержневых конечных элементов

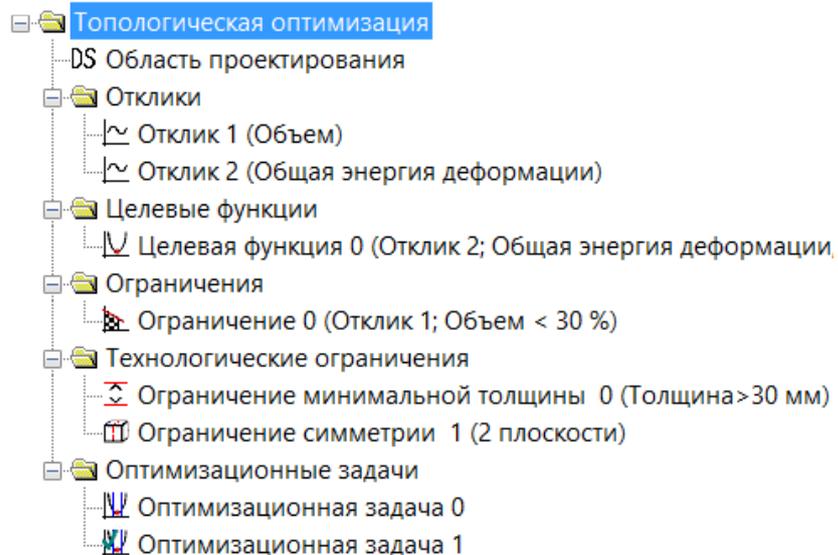
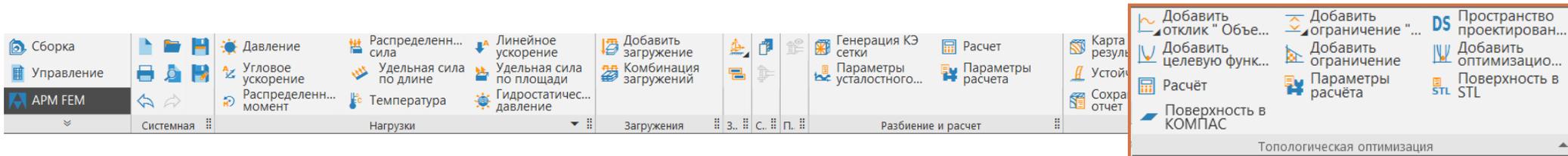


3. Расчёт и визуализация результатов

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

The background is a dark gray color with faint, overlapping patterns. On the left, there are stylized leaf shapes. On the right, there are gear-like or radial patterns. The text is centered horizontally and vertically.

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ



Раздел «Топологическая оптимизация»

Задание пространства проектирования

Задание откликов модели

Ввод конструкторских и технологических ограничений

Указание целевой функции

Формирование оптимизационной задачи

Задание параметров расчёта

Выполнение расчёта топологической оптимизации

Формирование поверхности оптимизированной детали

ПРИМЕНЕНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

На ранних стадиях проектирования силовых конструкций:

Поиск **оптимальных путей** передачи нагрузок в силовых системах

Синтез силовых схем с учетом компоновки детали в общей конструкции изделия, с учётом технологии изготовления

На поздних стадиях, когда «почти ничего нельзя поменять»:

Увеличение жёсткости и прочности деталей без увеличения массы и габаритов, с учётом технологии изготовления

Уменьшение массы деталей с минимальной потерей жёсткости и прочности

Минимально необходимые **изменения** конструкции при замене материала (увеличение прочности и жёсткости при замене стали на алюминиевые сплавы или композиты)

Выдающиеся результаты работ дают (без применения аддитивных технологий (а.т.):

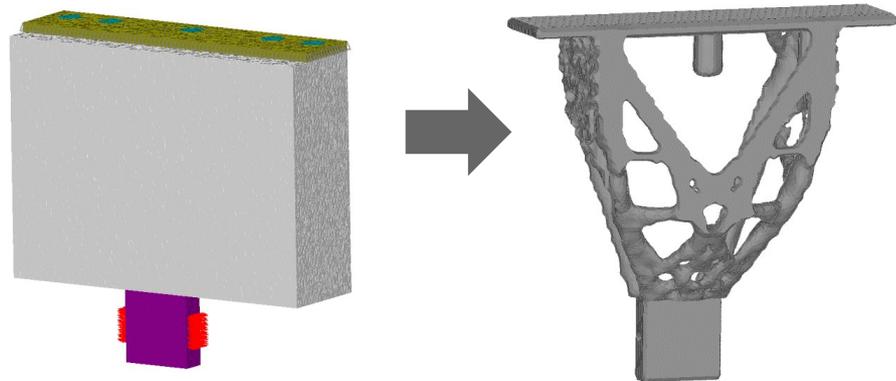
30 - 40% снижения массы несущих конструкций без снижения прочности и жёсткости (до 70% с применением а.т.)

В 2 - 5 раз повышение жёсткости и прочности без увеличения массы

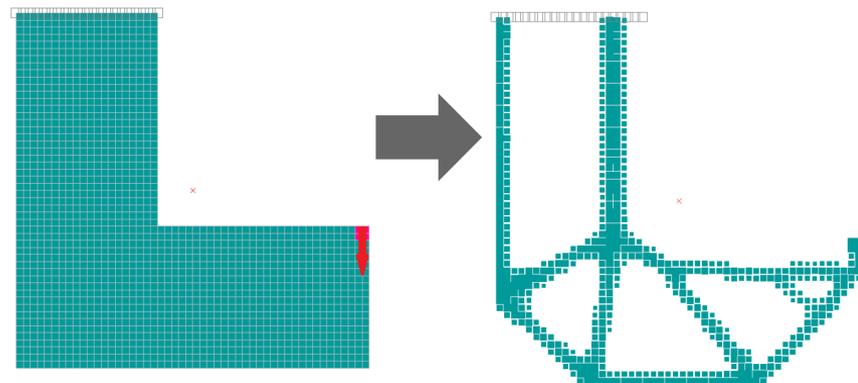
Изменение низших собственных частот в разы (эффективная отстройка от резонанса)

ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ

МАКСИМИЗАЦИЯ ЖЕСТКОСТИ
+ ограничение массы
+

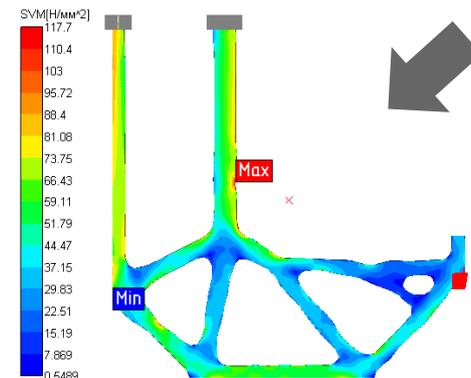


МИНИМИЗАЦИЯ МАССЫ
+ ограничение напряжений
+



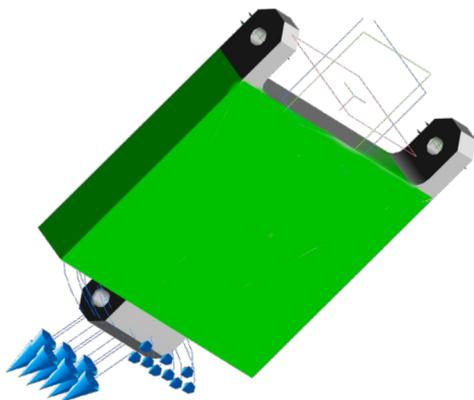
- Параметры расчёта
- Линейная статика
- Линейная устойчивость
- Частоты собственных колебаний
- Вычисление сопряженных векторов

Свойство	Значение
Штраф	3
Максимальное количество ите...	150
Максимальное изменение пер...	1e-05
Максимальный шаг	0.2
Оптимизатор	NLOPT
Интервал сохранения результа...	NLOPT OC NLOPT_NEW

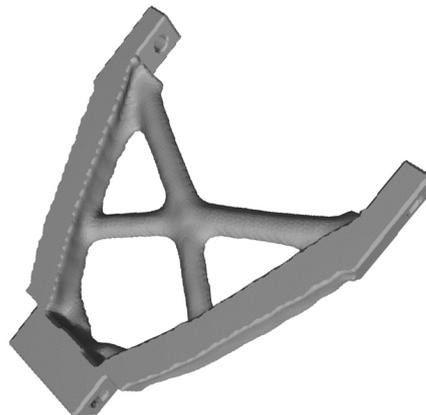


ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

Пример



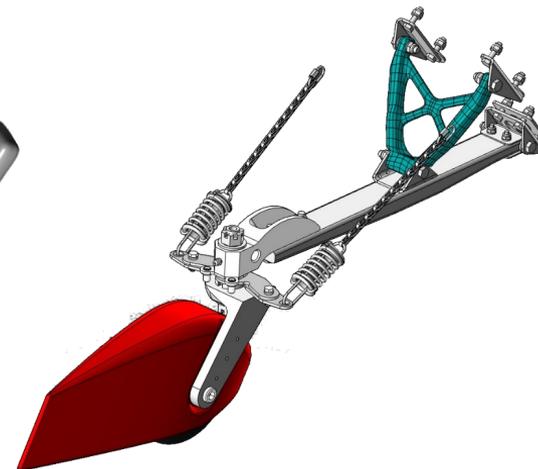
1. Задание
исходных данных



2. Результат
оптимизации



3. Постобработка



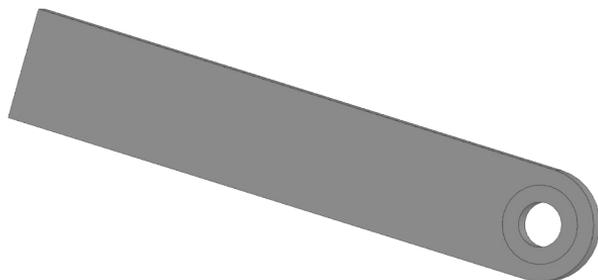
4. Деталь в сборке

 - область проектирования

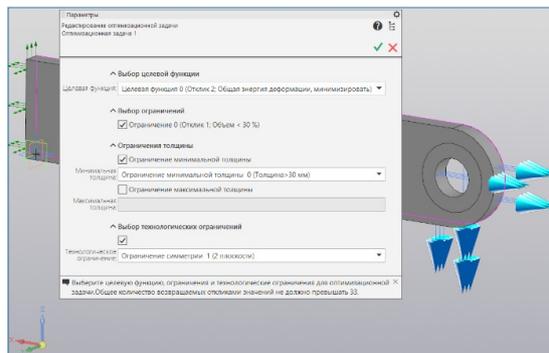
 - неизменяемая область

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

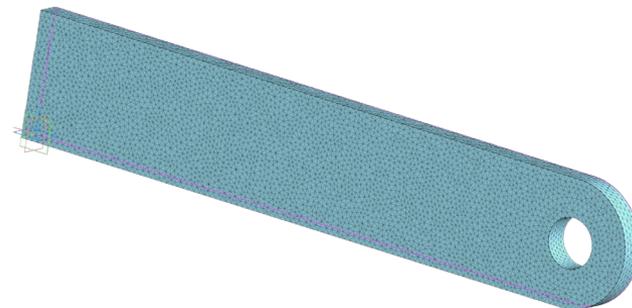
Пример



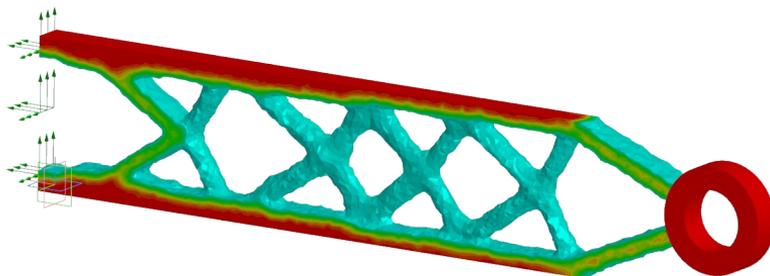
1. Исходная модель балки
масса 66,2 кг



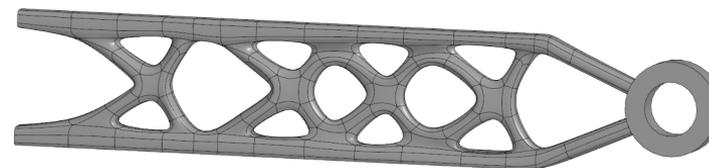
2. Задание граничных условий
и формирование оптимизационной задачи



3. Построение расчётной сетки



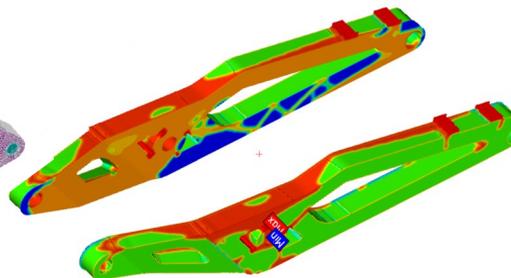
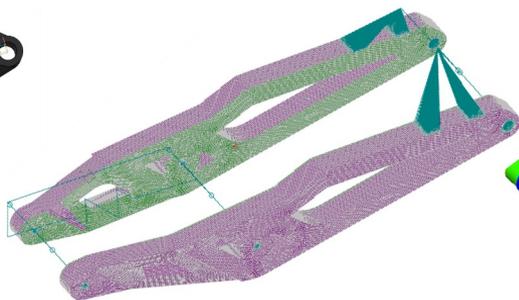
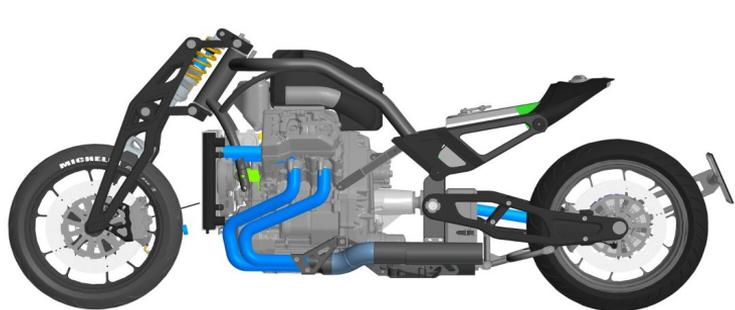
4. Результат оптимизации:
карта распределения «объемных долей»



5. Оптимизированный вариант балки
масса 26,9 кг

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

Пример



1. Исходная геометрия
ноги вилки

2. КЭ модель, пространство
проектирования

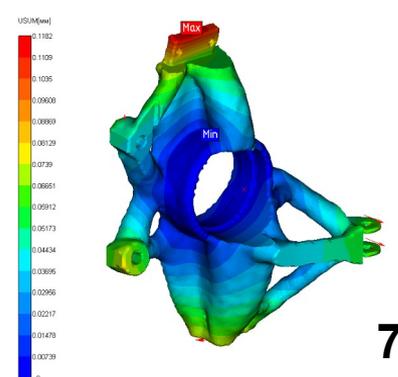
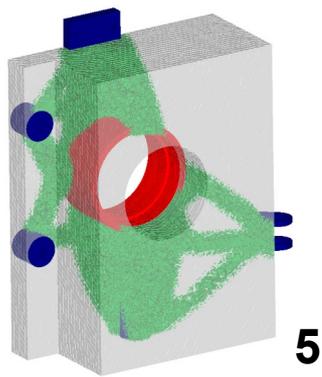
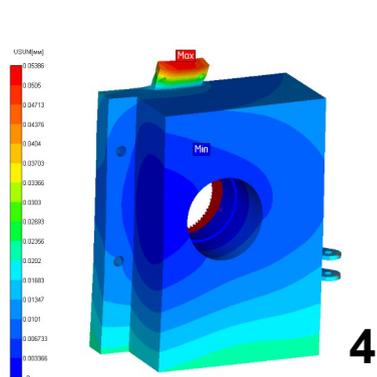
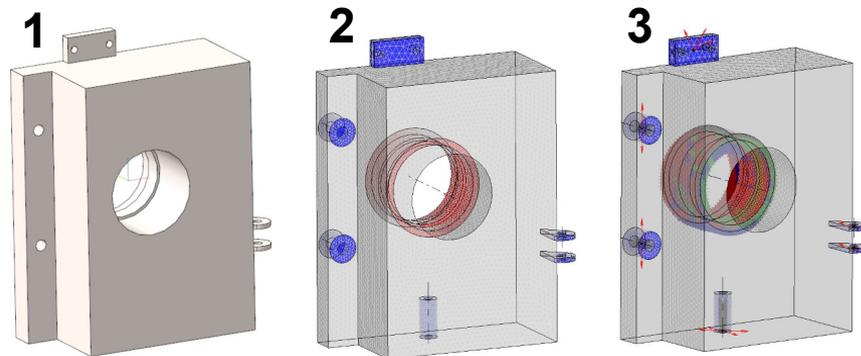
3. Карта распределения
объёмной доли («плотности»)

4. Результаты расчёта
топологической оптимизации

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

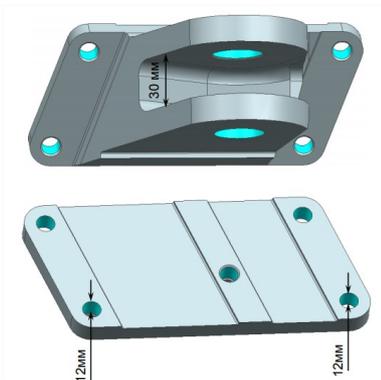
Этапы

1. CAD-Модель
2. Формирование КЭ модели, выделение интерфейсных областей и области проектирования
3. Задание расчётных случаев и закреплений
4. Предварительный проверочный расчёт
5. Оптимизация, оценка результатов
6. Получение новой КЭ модели, интерпретация результатов оптимизации
7. Проверочный расчёт

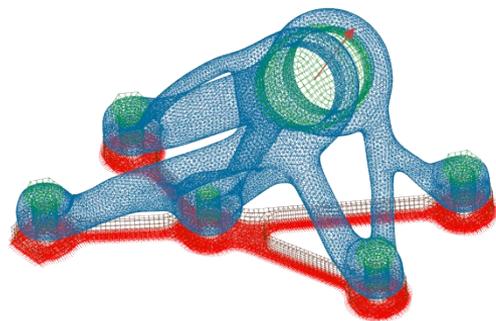


ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

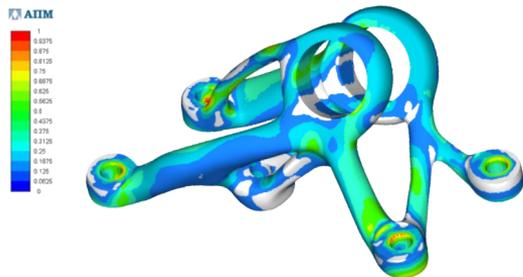
Пример



1. Исходная модель кронштейна



2. Построение расчётной сетки



3. Проверочный расчёт

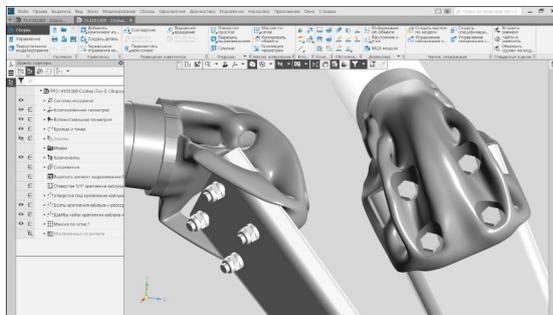
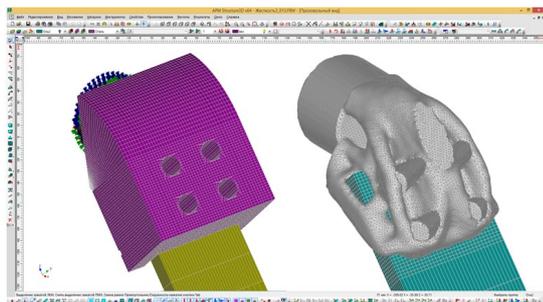
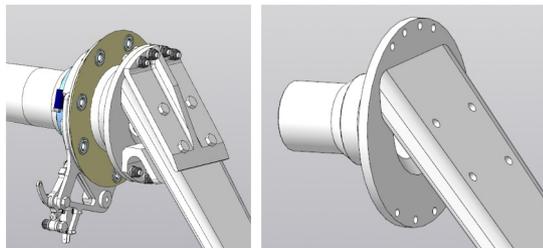


4. Оптимизированный вариант

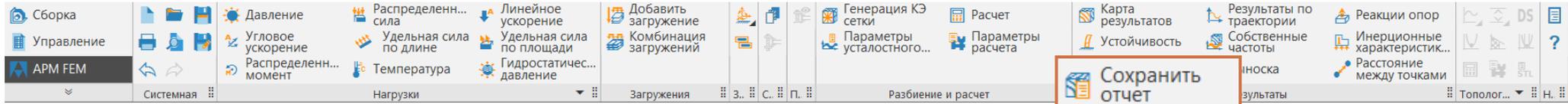


ЭТАПЫ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Пример («Борей» - узел шасси)



ОТЧЁТ



Форматы сохранения: *.pdf, *.xml, *.html

Сохранить отчет

Общие параметры

- Модель
- Информация о материалах
- Информация о нагрузках
- Информация о закреплениях
- Информация о совпадающих поверхностях
- Конечно-элементная сетка

Результаты

- Линейный статический расчет
- Расчет устойчивости
- Собственные частоты
- Расчет стационарной теплопроводности
- Топологическая оптимизация

Запомнить Выбрать все По умолчанию

Bracket

Информация о проекте

Описание	
Автор	
Дата создания отчета	17.05.2016, 01:56
Имя файла/структуры	APM FEM data 1
Путь к файлу	C:\Program Files\YSP\apm\Mod...

Ссылки

1. [Главная](#)
2. [Модель](#)
3. [История изменений](#)
4. [История изменений](#)
5. [История изменений](#)
6. [История изменений](#)
7. [История изменений](#)
8. [История изменений](#)

Виды

1) Модель



2) Информация о загрузках

N	Имя загрузка
1	C:\Program Files\YSP\apm\Mod\Bracket.asd
	V:\Program Files\YSP\apm\Mod\Bracket.asd

Имя материала/Сетка

Имя материала/Сетка	215
Модуль упругости (МПа)	200000
Коэф. Пуассона	0.3
Плотность (кг/м³)	7800
Температурный коэф. расширения (1/°C)	0.000012
Температурность (°C)	55
Предел прочности осевой (МПа)	410
Предел выносливости осевой (МПа)	209
Предел выносливости поперечной (МПа)	139

3) Информация о закреплениях

Имя загрузка	Выбор точек/объектов
Рис. закрепления осев. Растягивание осев.1	Точка: 4

4) Информация о комбинациях

Имя комбинация	Выбор точек/объектов	X-факт	Y-факт	Z-факт
Загрузка: Точка: 1	Точка: 2	Точка: 3	Точка: 4	Точка: 5

5) Информация о материалах

Имя материал	Выбор точек/объектов	Тип	Значение
Загрузка: Точка: 1	Точка: 4	10-ти узловая	4
Максимальная длина стороны элемента (мм)	1		
Коэф. демпфирования в гибкой	1		
Количество элементов/элементов	45391		
Количество узлов	30554		



6) Результаты

Результаты: расчет системы APM FEM data X:0812AC-3D: анализ в программном модуле «Линейно-упругая статика» системы APM FEM data X:0812AC-3D, типичная деформация: смещение 0.0015 мм от 10.04.2013 г., анализ: Фигурный график по деформации, деформация системы относительно опоры (Векторная), 4597 «1212» «08»

Информация о характеристиках системы

Имя характеристика	Значение
Масса модели (кг)	1.04227
Центр тяжести модели (м)	C(0.01217; 0.011116; 0.000001)
Момент инерции модели относительно центра масс (кг*м²)	C(0.014395; 0.000000; 0.000000)
Результат расчета статического анализа (°C)	C(4.9583; 0.000000; 0.000000)
Суперэлементная сеть (FE)	C(20; 0.0040)
Абсолютное значение реакции (Н)	759.796111
Абсолютное значение момента (Н*м)	55.747539

Результаты статического анализа

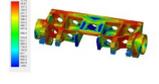
Имя анализ	Тип	Значение
Загрузка: Точка: 1	10-ти узловая	0.019
Суперэлементная сеть	U(20) (FE)	0



Имя анализ	Тип	Значение
Коэф. демпфирования в гибкой	7.207541	



Имя анализ	Тип	Значение
Коэф. демпфирования в гибкой	12.73188	



Результаты расчета устойчивости

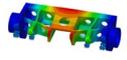
1-4 Форматы по устойчивости

N	Имя Формат	Значение
1	0.000305	

Результаты расчета собственных частот

N	Частота (Гц)
1	9746.80764
2	14011.744641
3	15696.947425
4	21072.433927
5	25940.401801

1-4 Форматы по собственным частотам



1) Загрузка опор

**ХОТИТЕ УЗНАТЬ, КАК РЕШИТЬ
ИМЕННО ВАШИ ЗАДАЧИ?
ДАВАЙТЕ ОБСУДИМ!**

Санкт-Петербург
ул. Одоевского, дом 5, лит. «А»

8-800-700-00-78
info@ascon.ru

