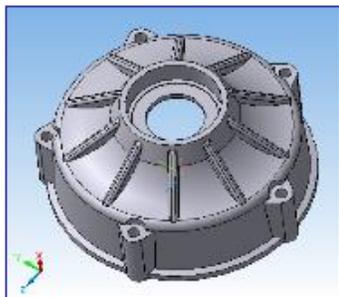


Программные продукты НТЦ «АПМ»

# Система прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D

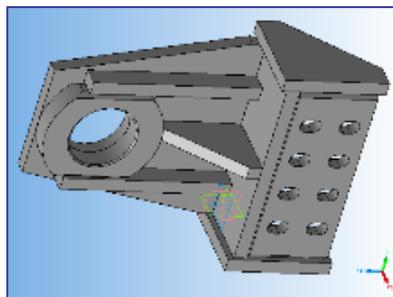


НТЦ «АПМ» - ведущий разработчик ПО для инженерных расчетов



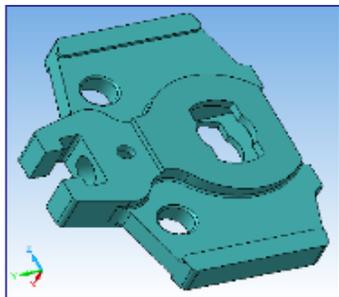
## Цель работы системы APM FEM

Дать возможность конструктору уже на начальных стадиях проектирования принимать правильные и обоснованные конструктивные решения, используя построенные 3D-модели. Это, несомненно, повышает качество и экономит время, затрачиваемое на разработку изделия, а значит, делает его конкурентоспособным!



## Основная задача APM FEM

Анализ прочности небольших по размерам (и их соотношению) деталей и сборок, для которых важно БЫСТРО оценить прочность элементов с возможной оптимизацией конструкции, используя ассоциативную связь геометрической и расчетной моделей.



Примеры объектов – тяги, проушины, упоры, кронштейны, уголки, рычаги, корпусные детали, опорные элементы и т.п.

## Типовой цикл расчета в ARM FEM для КОМПАС-3D

СТАРТ

ФИНИШ

Подключаем  
приложение  
ARM FEM

Определяем  
совпадающие  
поверхности

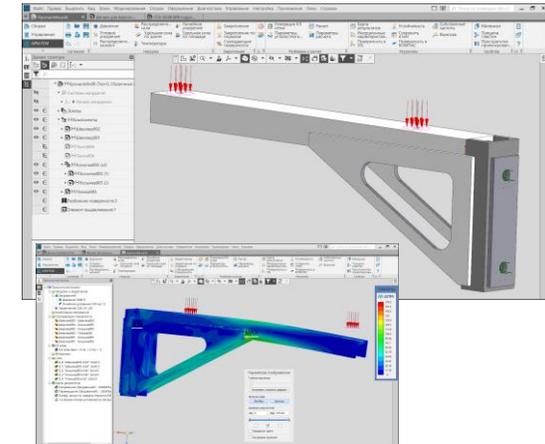
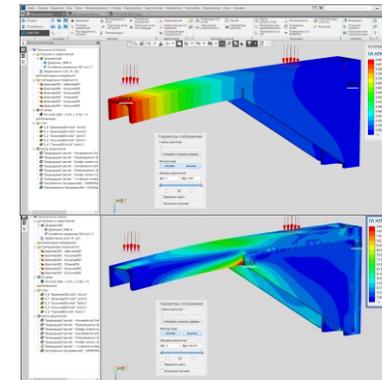
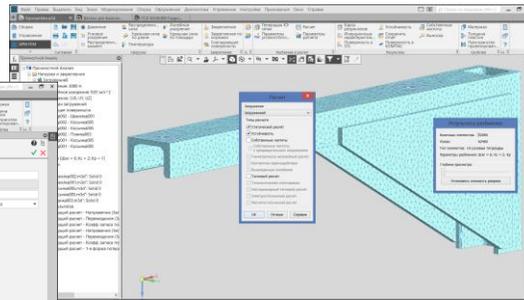
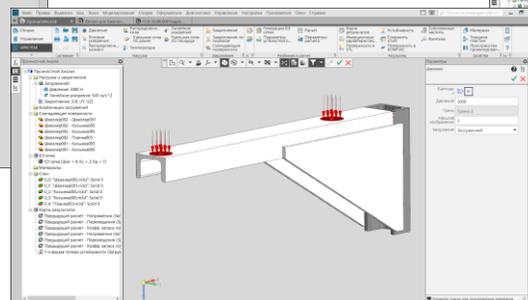
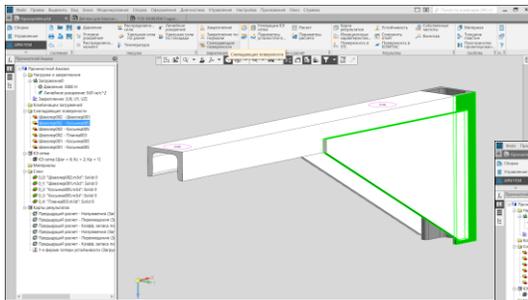
Вводим  
граничные  
условия

Генерируем  
КЭ-сетку

Запускаем  
необходимый  
расчет

Выводим,  
анализируем  
результаты

Меняем модель,  
делаем проверку  
новой конструкции



## ПЕРЕД НАЧАЛОМ РАБОТЫ...

## FAQ по APM FEM

Часто задаваемые вопросы...

<https://apm.ru/downloads/196/FAQ-APM-FEM.pdf>

## Справка

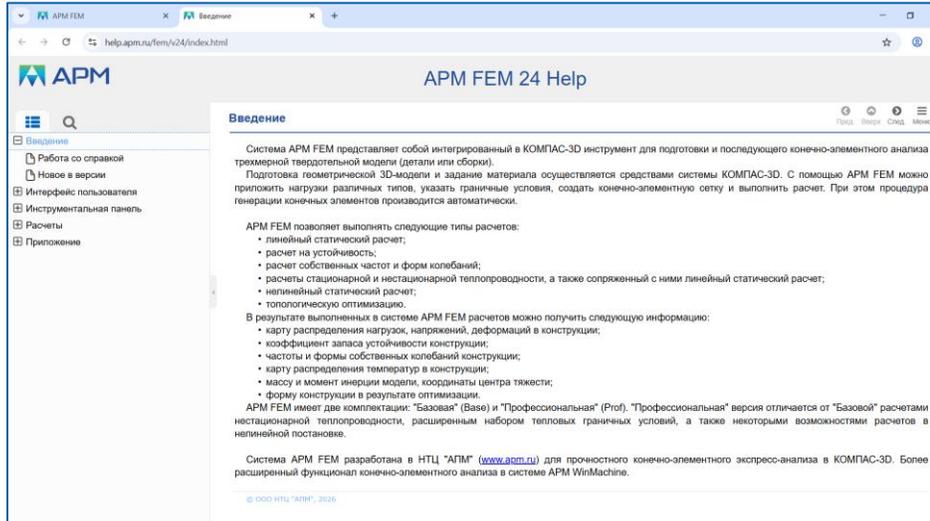
Описание основных интерфейсных  
и расчетных возможностей

Программные продукты НТЦ «АПМ»

**APM FEM**  
Наиболее часто задаваемые вопросы



НТЦ «АПМ» - ведущий разработчик ПО для инженерных расчетов



APM FEM 24 Help

**Введение**

Система APM FEM представляет собой интегрированный в КОМПАС-3D инструмент для подготовки и последующего конечно-элементного анализа трехмерной твердотельной модели (детали или сборки).

Подготовка геометрической 3D-модели и задание материала осуществляется средствами системы КОМПАС-3D. С помощью APM FEM можно приложить нагрузки различных типов, указать граничные условия, создать конечно-элементную сетку и выполнить расчет. При этом процедура генерации конечных элементов производится автоматически.

APM FEM позволяет выполнять следующие типы расчетов:

- линейный статический расчет;
- расчет на устойчивость;
- расчет собственных частот и форм колебаний;
- расчеты стационарной и нестационарной теплопроводности, а также сопряженный с ними линейный статический расчет;
- нелинейный статический расчет;
- топологическую оптимизацию.

В результате выполненных в системе APM FEM расчетов можно получить следующую информацию:

- карту распределения нагрузок, напряжений, деформаций в конструкции;
- коэффициент запаса устойчивости конструкции;
- частоты и формы собственных колебаний конструкции;
- карту распределения температур в конструкции;
- массу и момент инерции модели, координаты центра тяжести;
- форму конструкции в результате оптимизации.

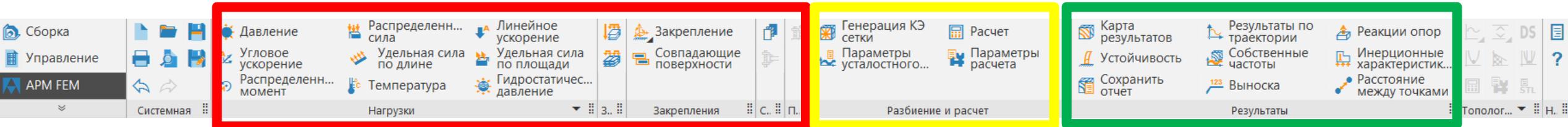
APM FEM имеет две комплектации: "Базовая" (Base) и "Профессиональная" (Prof). "Профессиональная" версия отличается от "Базовой" расчетами нестационарной теплопроводности, расширенным набором тепловых граничных условий, а также некоторыми возможностями расчетов в нелинейной постановке.

Система APM FEM разработана в НТЦ "АПМ" ([www.apm.ru](http://www.apm.ru)) для прочностного конечно-элементного экспресс-анализа в КОМПАС-3D. Более расширенный функционал конечно-элементного анализа в системе APM WinMachine.

© 0000 НТЦ "АПМ", 2026.

<https://help.apm.ru/fem/v24/index.html>

## Режимы работы панели инструментов APM FEM



### Подготовка модели

- Задание совпадающих поверхностей
- Задание закреплений
- Задание нагрузок
- ...

### Генерация КЭ-сетки и расчет

- Генерация конечно-элементной сетки
- Настройки параметров расчета
- Запуск необходимого типа расчета

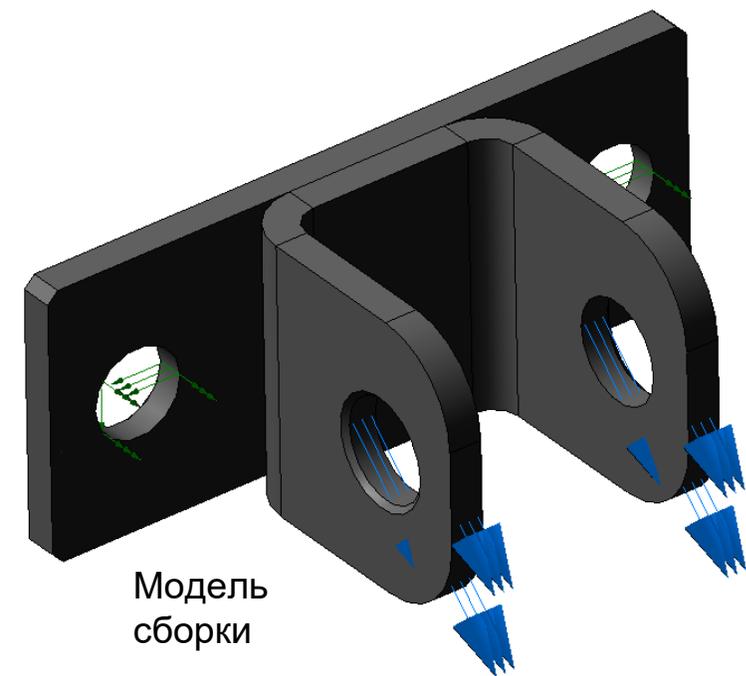
### Результаты расчёта

- Вывод карт результатов
- Реакции в опорах
- Использование выносок
- Генерация файла-отчета
- ...

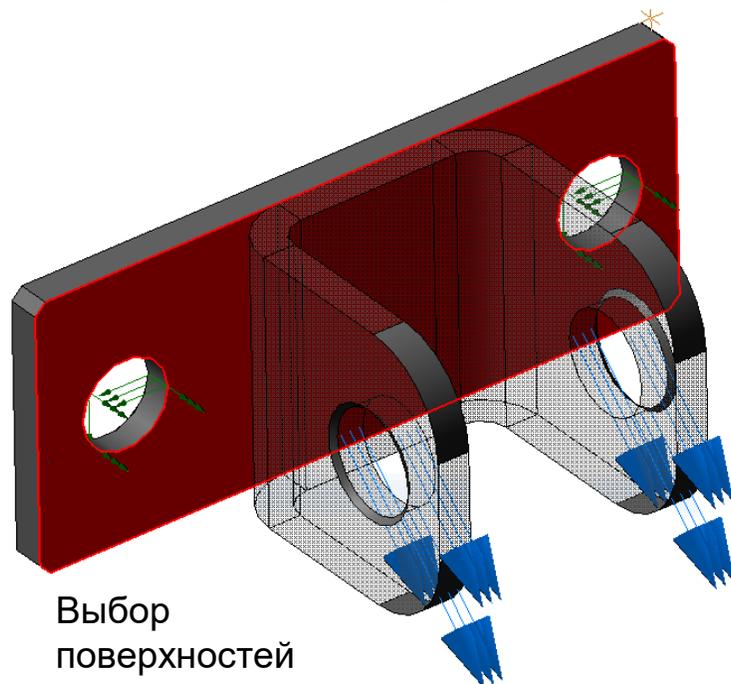
## Определение совпадающих поверхностей



Автоматический или «Ручной» режим работы

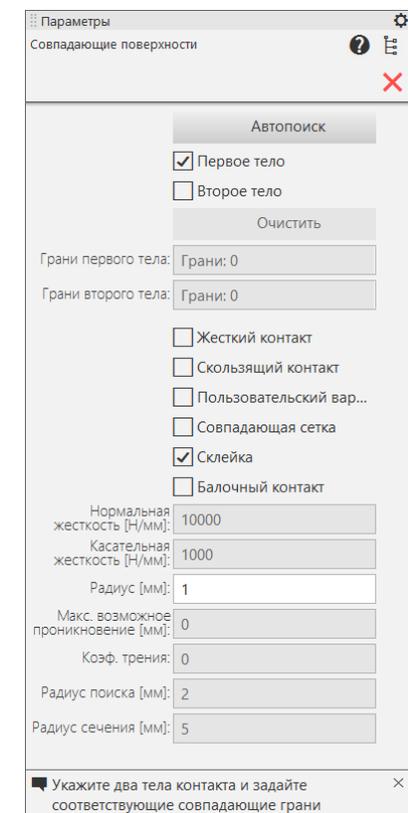


Модель сборки

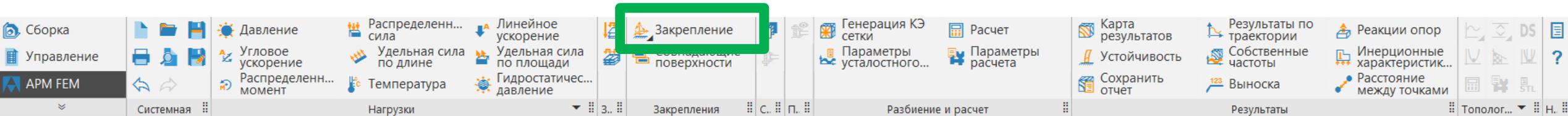


Выбор поверхностей контакта

- ✓ Выбор поверхностей контакта
- ✓ Задание типа контакта

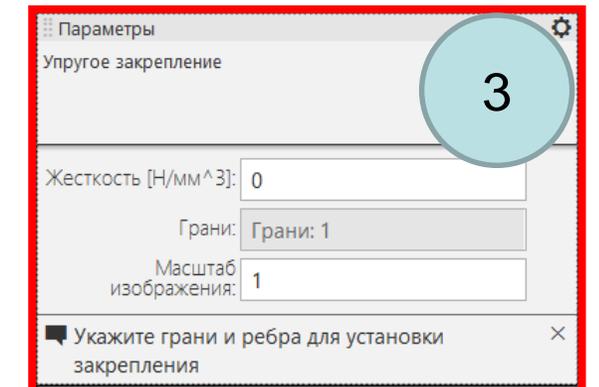
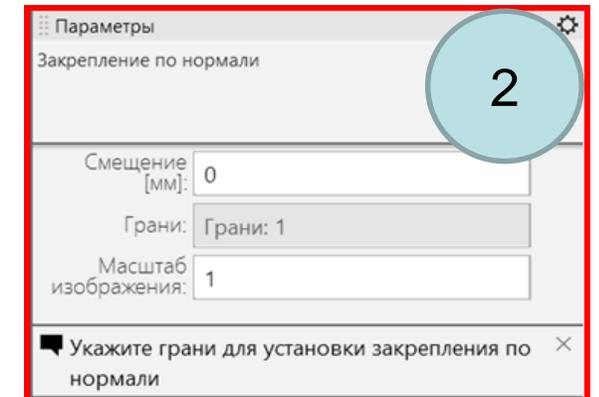
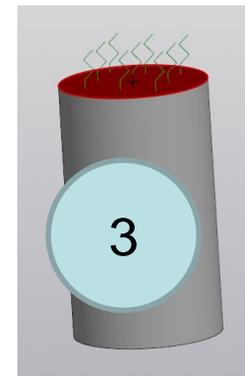
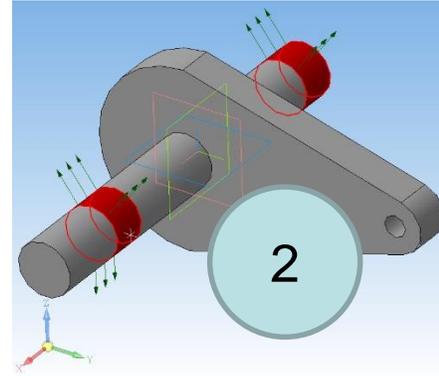
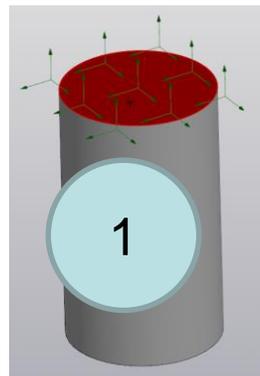
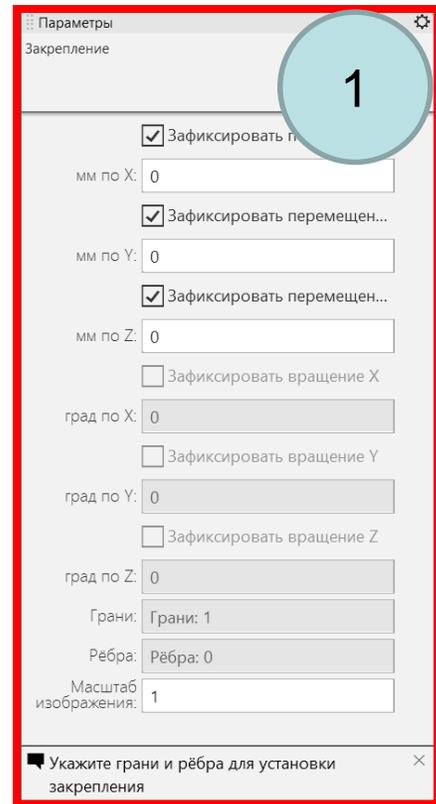


## Задание закреплений

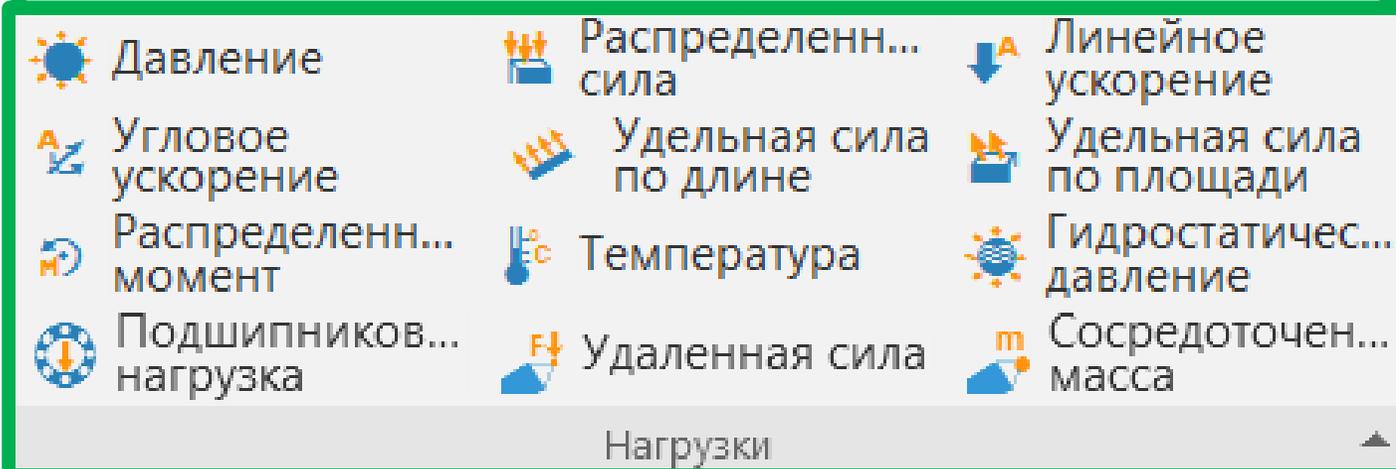
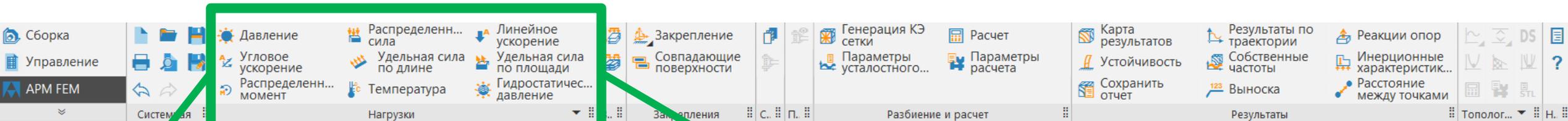


Четыре варианта:

1. Закрепление (запрет перемещений ребер или граней по осям ГСК)
2. Закрепление по нормали (запрет перемещений граней по нормали к выбранной поверхности)
3. Упругое закрепление
4. Удаленное закрепление

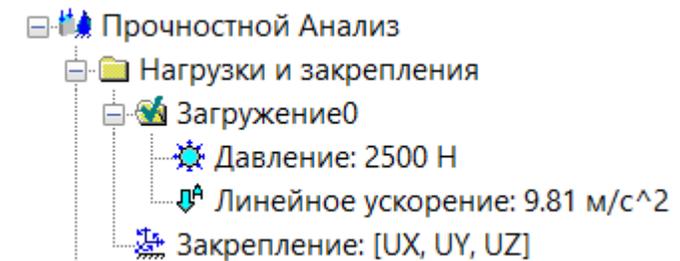
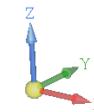
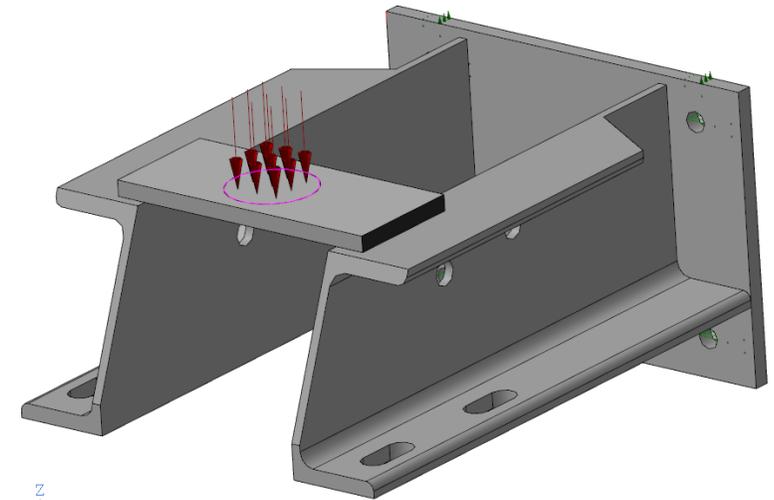


## Задание нагрузок

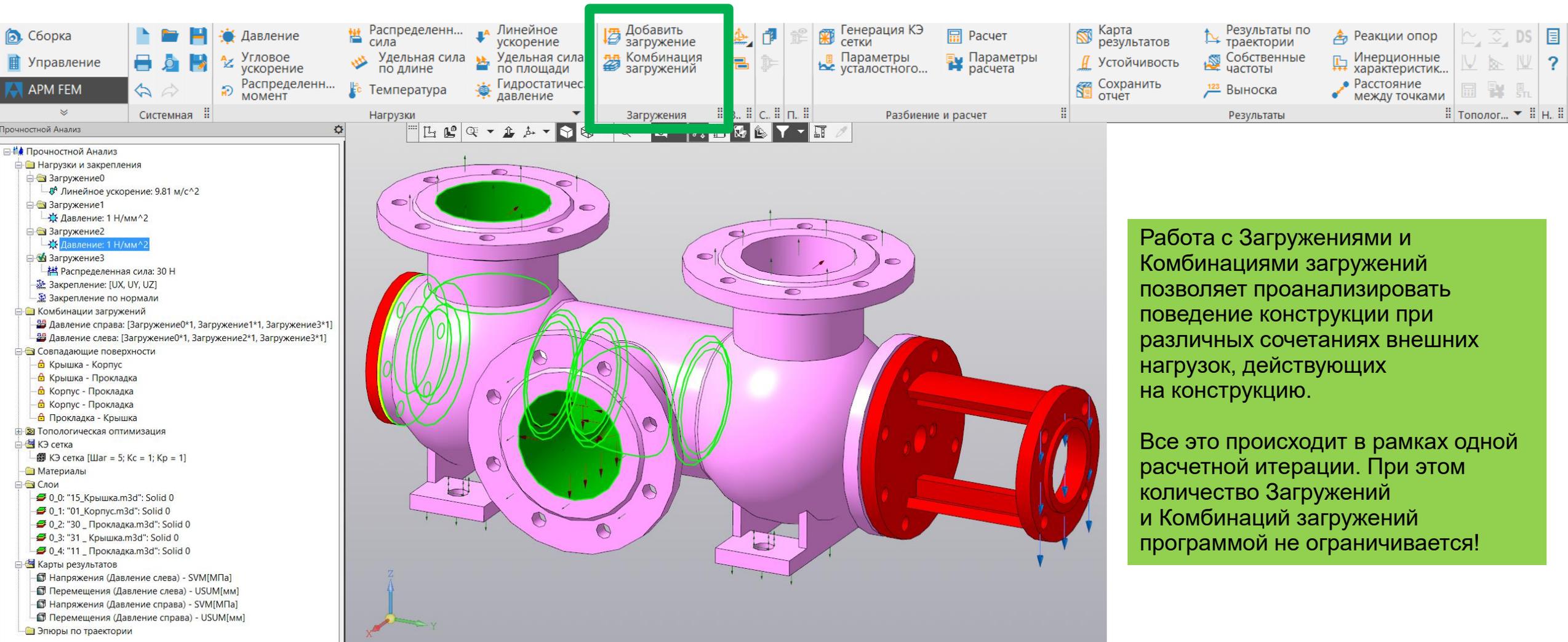


**ВАЖНО!**

При вводе значений нагрузок обращайте внимание на единицы измерения!



## Работа с нагрузками и их комбинациями

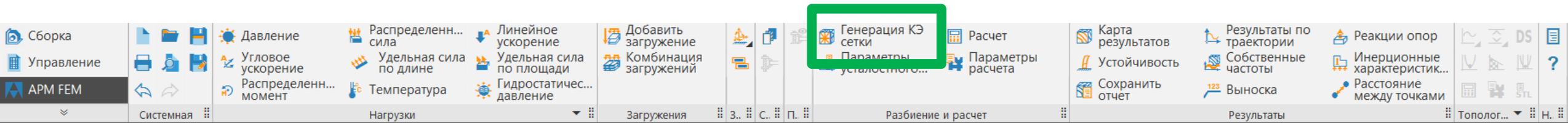


The screenshot displays the APM FEM software interface. The main window shows a 3D model of a mechanical part with various loads and combinations applied. The 'Loads' toolbar is highlighted with a green box, showing options like 'Add load' and 'Load combination'. The left sidebar shows a tree view of the model's structure, including 'Loads and constraints', 'Combinations of loads', and 'Results maps'. The top menu bar includes options like 'Assembly', 'Management', 'APM FEM', 'System', 'Loads', 'Generation of FE mesh', 'Calculation', 'Results map', 'Stability', 'Save report', 'Reaction of supports', 'Inertial characteristics...', 'Distance between points', 'DS', 'Help', and 'Topology'.

Работа с Загрузками и Комбинациями загрузок позволяет проанализировать поведение конструкции при различных сочетаниях внешних нагрузок, действующих на конструкцию.

Все это происходит в рамках одной расчетной итерации. При этом количество Загрузок и Комбинаций загрузок программой не ограничивается!

## Автоматическая генерация конечно-элементной сетки



Параметры КЭ сетка

4-узловые тетраэдры

10-узловые тетраэдры

Максимальная длина стороны элемента...: 4

Минимальная длина стороны элемента...: 1

Максимальный коэффициент...: 1.2

Коэффициент разрежения в объеме: 1

Для топологической о...

Учёт кривизны

Угловой шаг [град]: 18

Игнорировать углово...

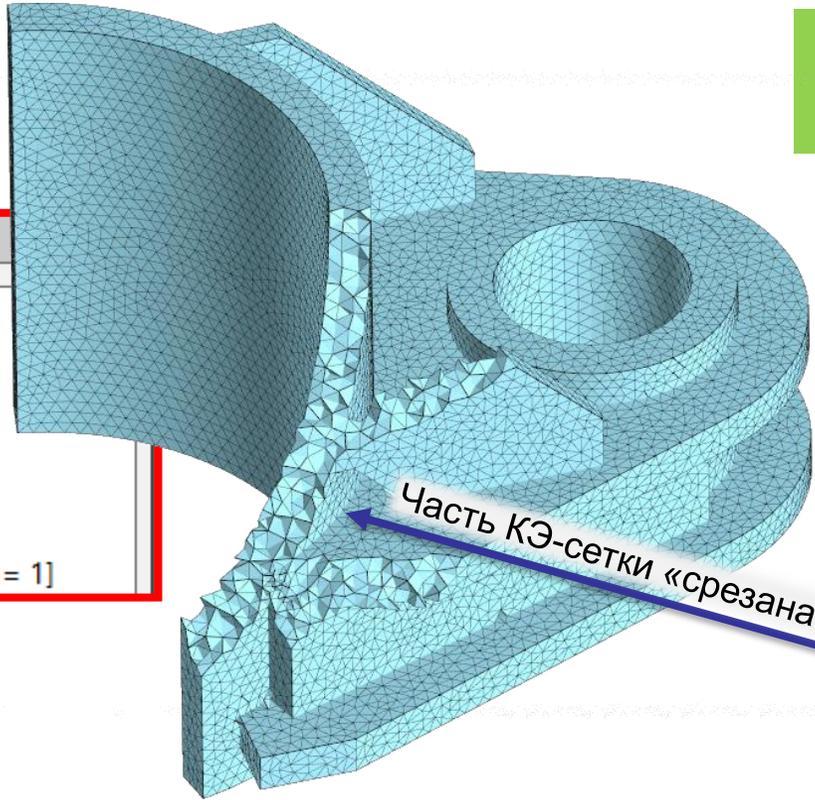
(Beta) Объединять бл...

Размер допуска на слияние [мм]: 0.05

Создать конечно-элементную сетку

Прочностной Анализ

- Прочностной Анализ
  - Нагрузки и закрепления
  - Комбинации загрузений
  - Совпадающие поверхности
  - Топологическая оптимизация
  - КЭ сетка
    - КЭ сетка [Шаг = 4; Кс = 1.2; Кр = 1]



**ВАЖНО!**  
Возможность контроля сетки «по глубине»!

Результаты разбиения

Конечных элементов: 143910

Узлов: 31131

Тип элементов: 4-узловые тетраэдры

Параметры разбиения: Шаг = 4; Кс = 1.2; Кр = 1

Глубина просмотра

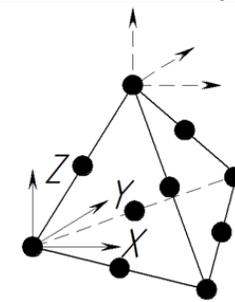
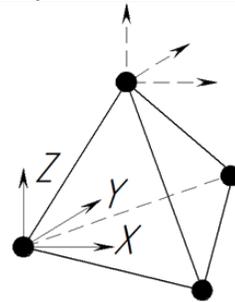
Установить плоскость разреза

## Автоматическая генерация конечно-элементной сетки



При выборе основных параметров сетки есть выбор типа КЭ!!!

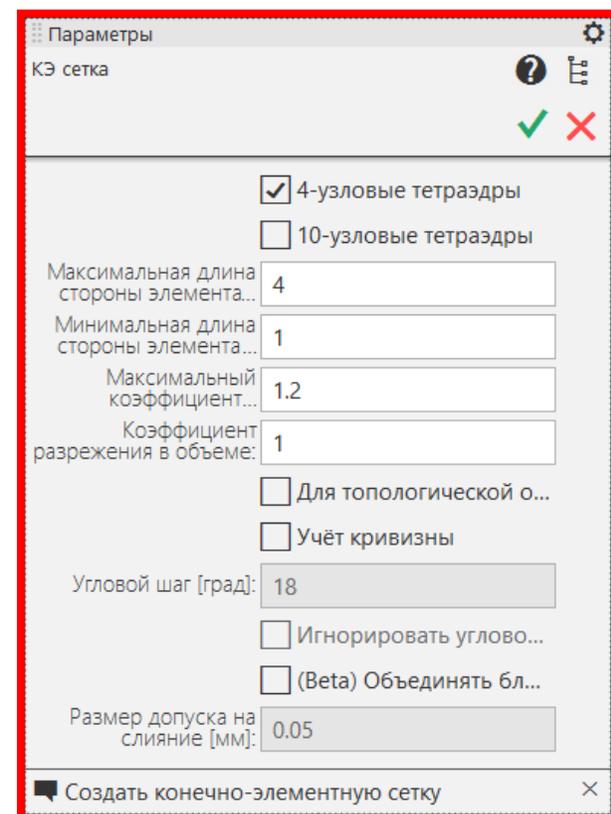
4-х узловой  
тетраэдр



10-ти узловой  
тетраэдр



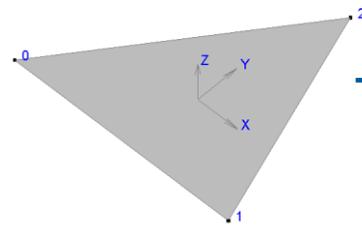
- ✓ Сокращение времени создания КЭ-сеток (за счет меньшего требуемого количества КЭ)
- ✓ Сокращение времени расчета
- ✓ Сохранение необходимой инженерной точности вычислений
- ✓ Уменьшение объема информации, хранимой на жестком диске
- ✓ Увеличение производительности труда



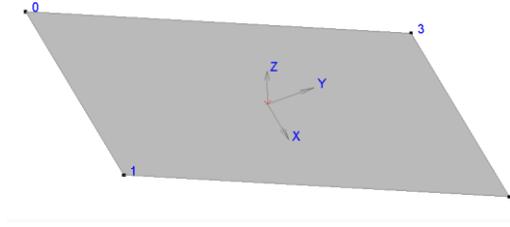
## Автоматическая генерация конечно-элементной сетки



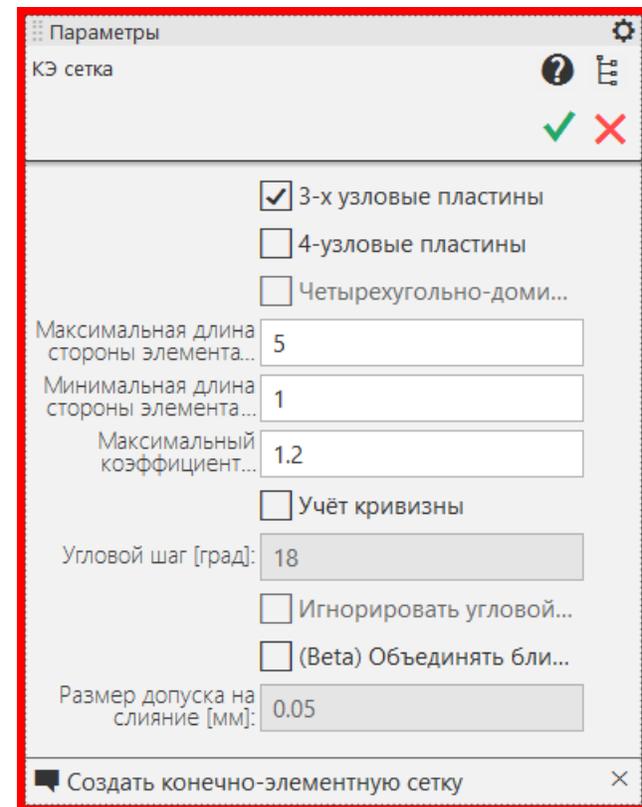
При выборе основных параметров сетки есть выбор типа КЭ!!!



Треугольная  
пластина



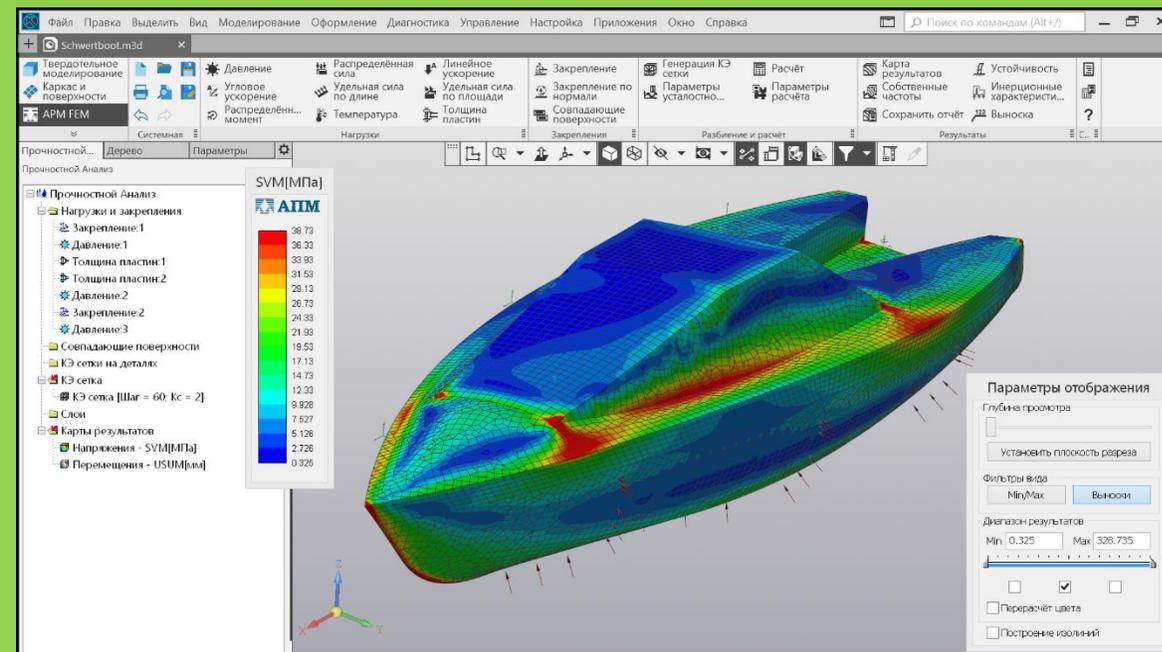
Четырехугольная  
пластина



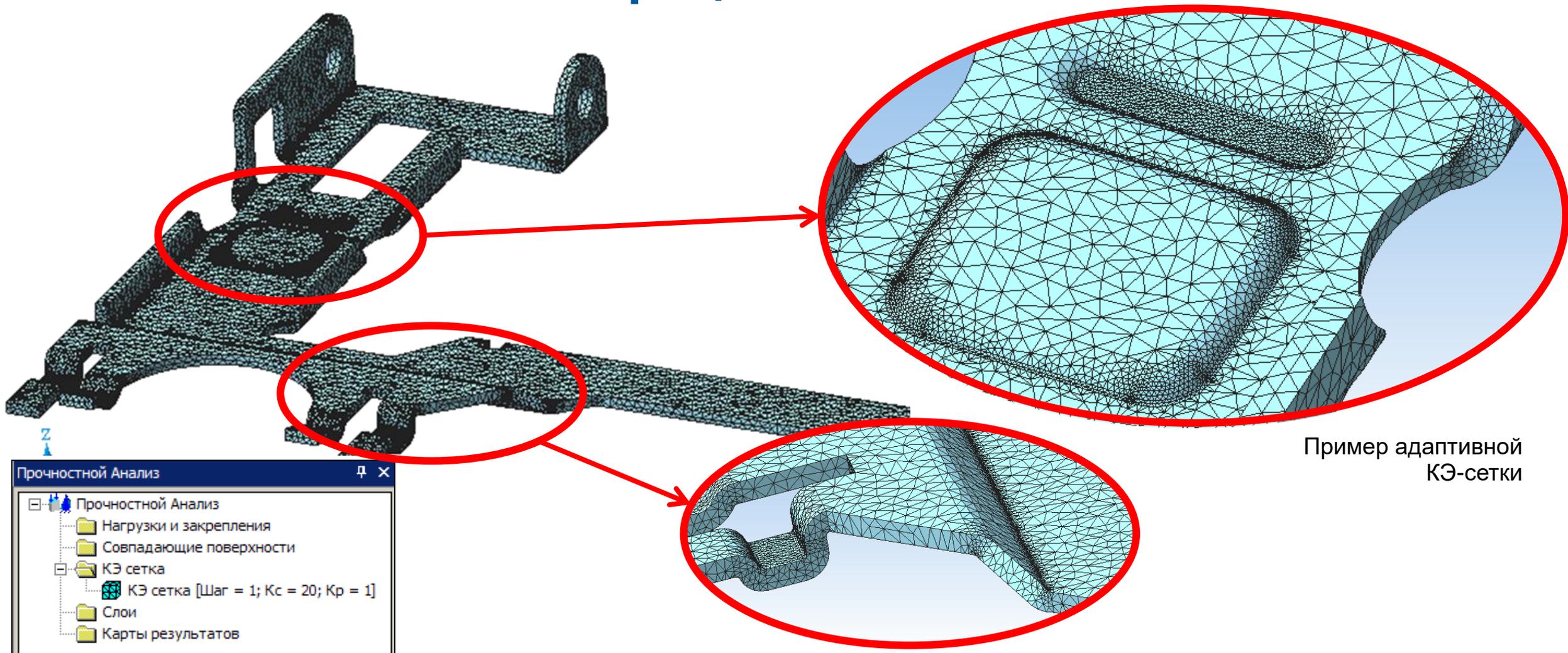
- ✓ Применяется для расчета тонкостенных объектов
- ✓ Сокращение времени создания КЭ-сеток  
(за счет меньшего требуемого количества конечных элементов)
- ✓ Сокращение на порядок времени расчета
- ✓ Сохранение необходимой инженерной точности вычислений
- ✓ Уменьшение объема информации, хранимой на жестком диске
- ✓ Увеличение производительности труда

## Что дает расчет поверхностных моделей?

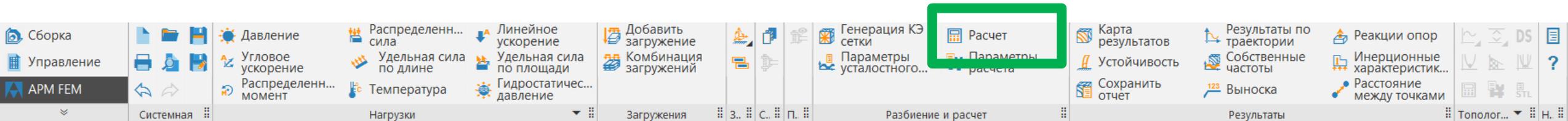
- ✓ **Возможность быстрой оптимизации конструкции (подбор толщин пластин)**
- ✓ **Ускорение расчетов за счет меньшего количества КЭ**
- ✓ **Снижение требований к быстродействию ПК и размеру ОЗУ**
- ✓ **Сокращение объема данных, хранимых на жестком диске**



## Автоматическая генерация конечно-элементной сетки

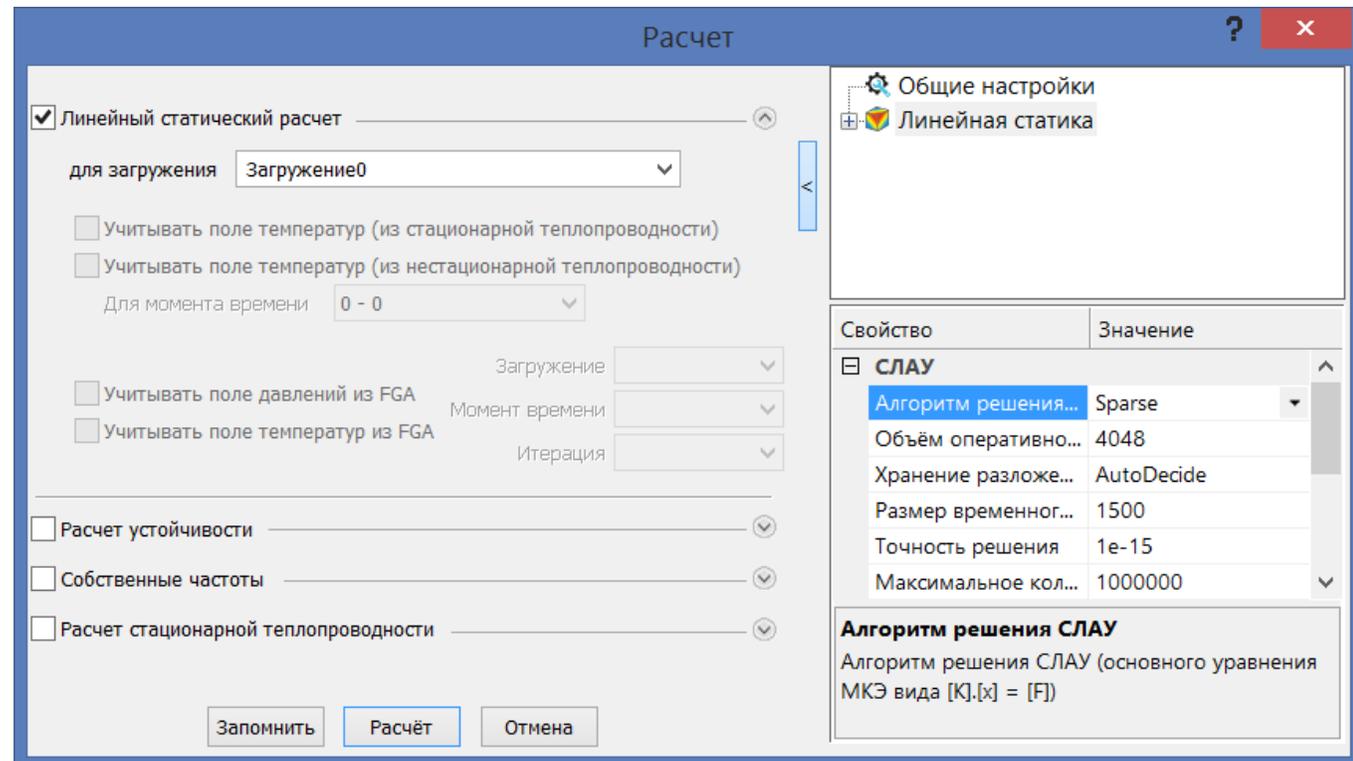


## Выбор типа расчета

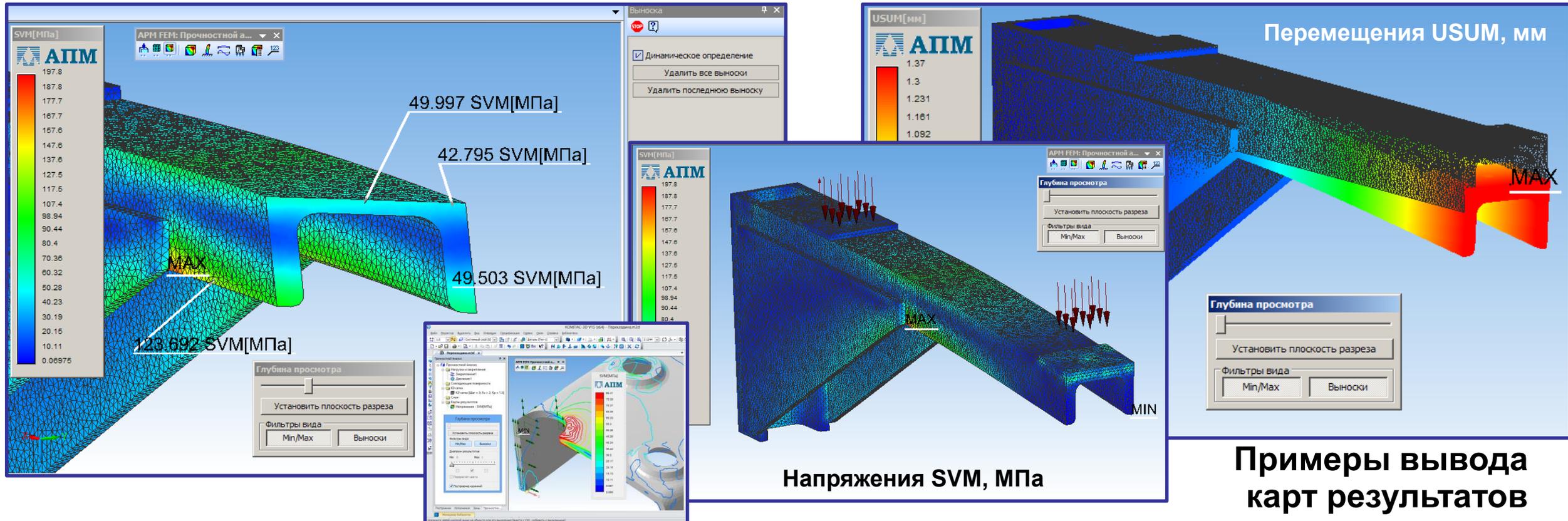


## Расчеты доступные в APM FEM:

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

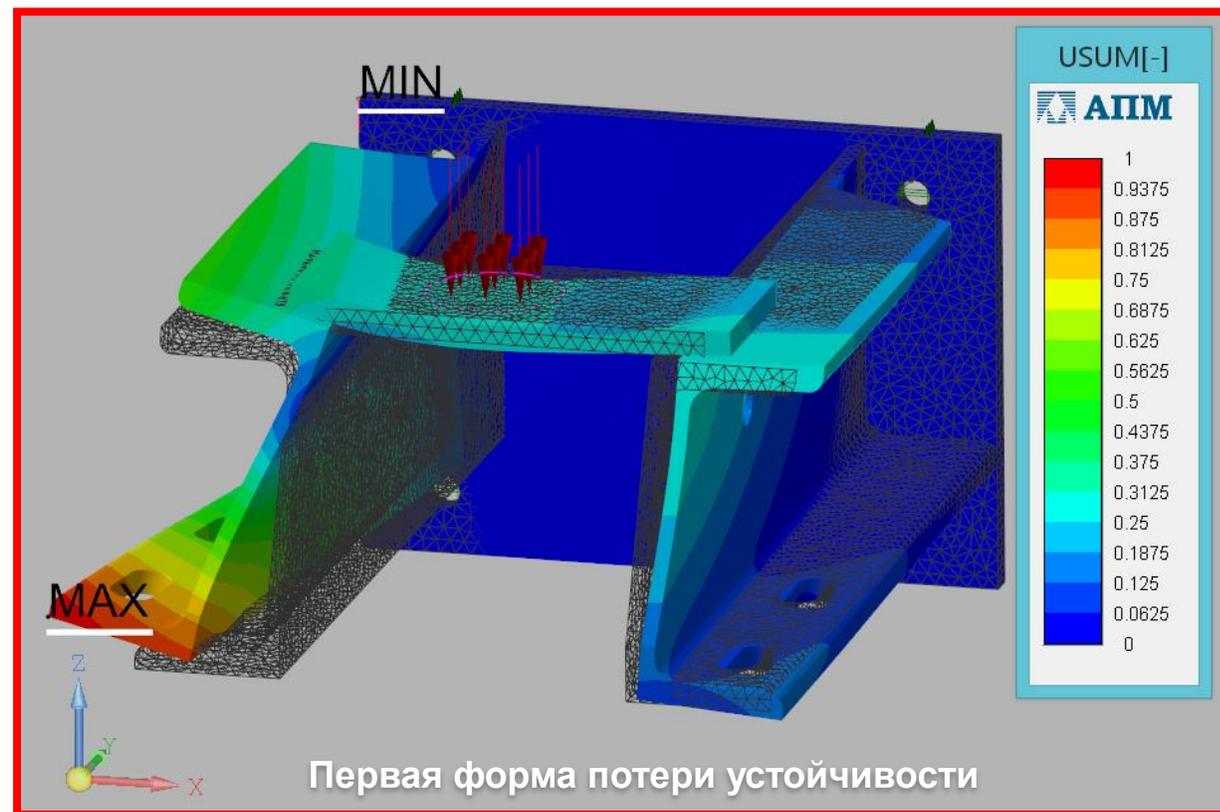
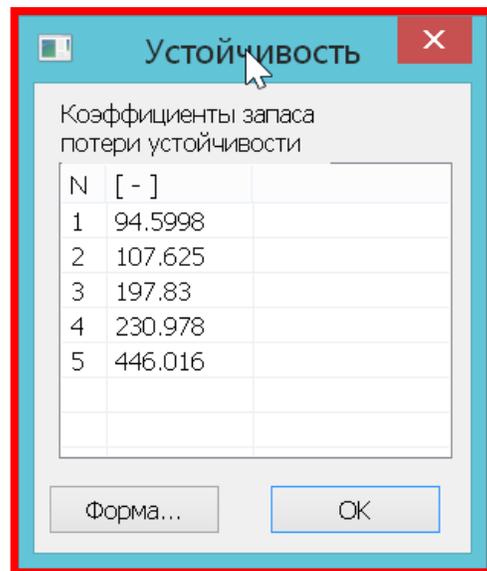
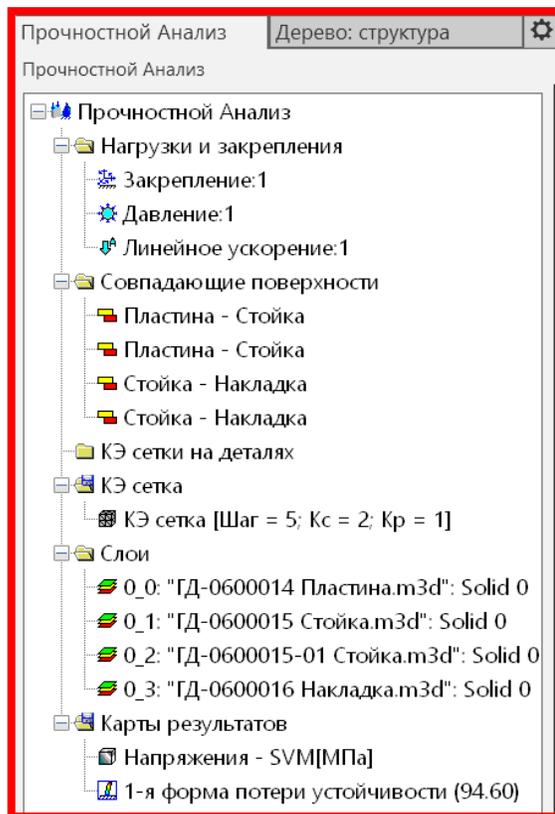
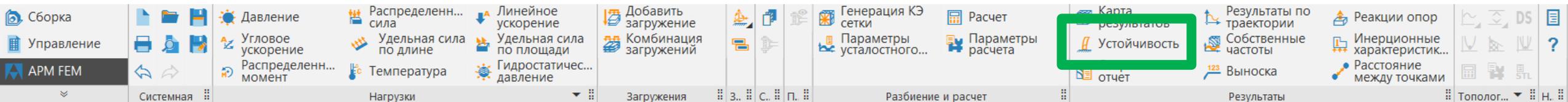


## Статический расчет

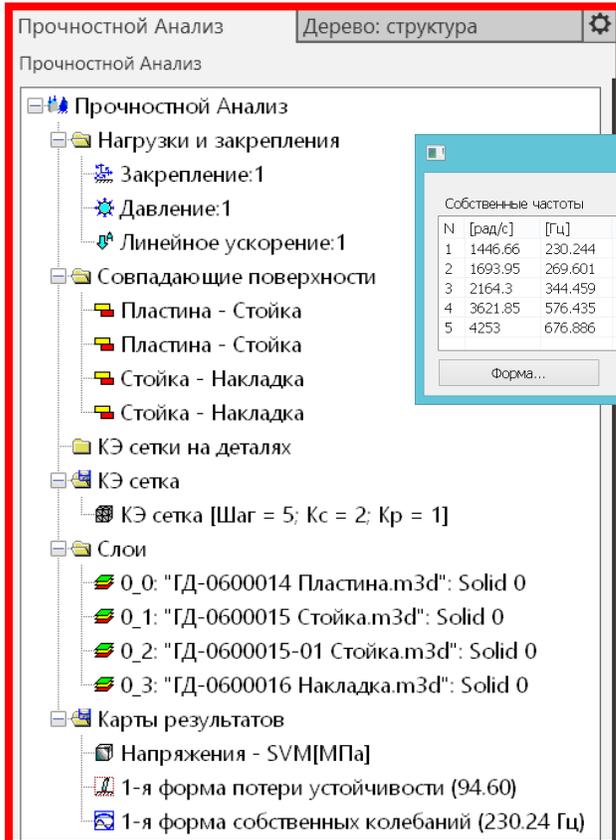
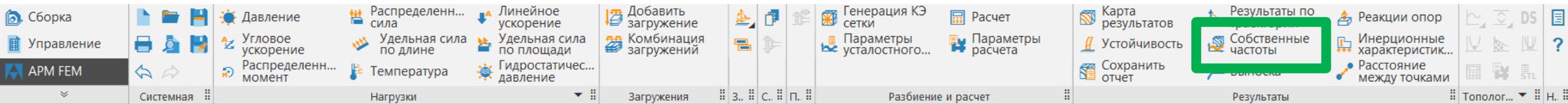


Примеры вывода карт результатов

## Расчет устойчивости



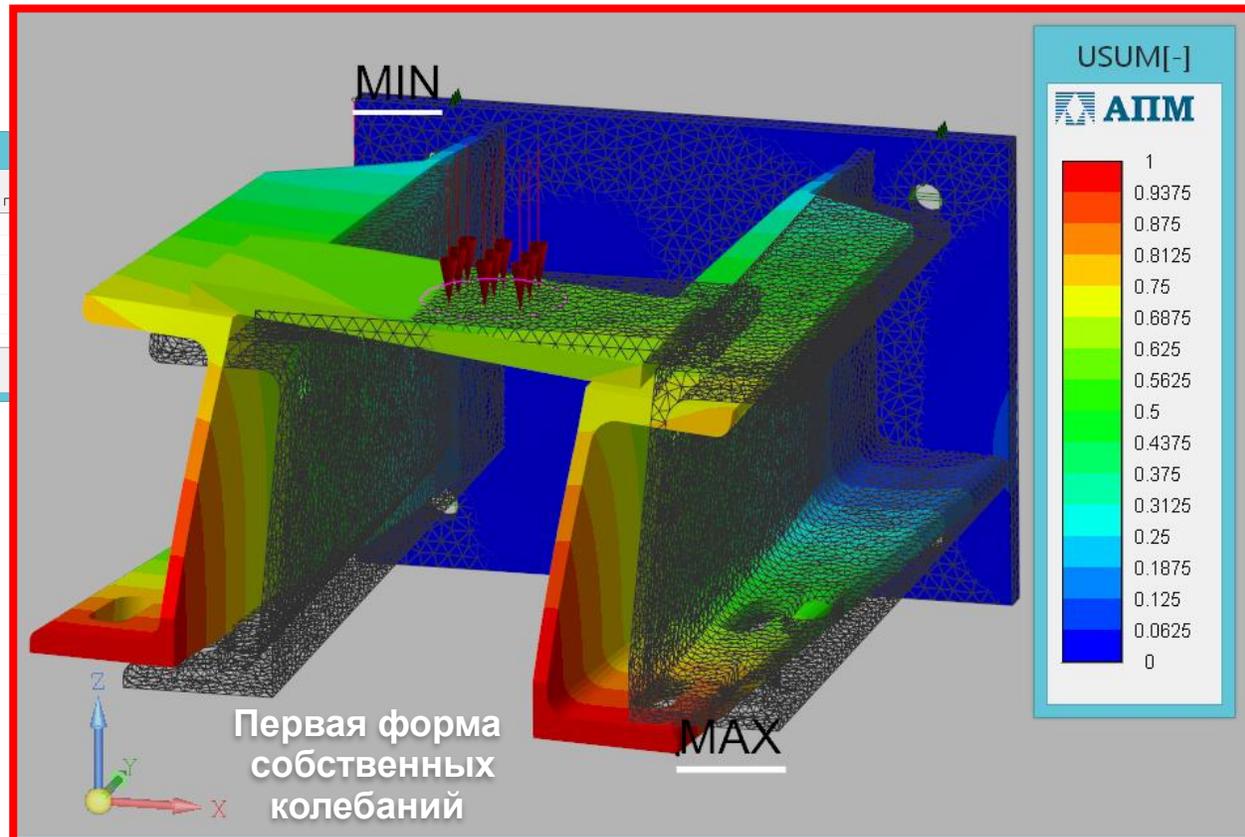
## Расчет собственных частот (с предварительным нагружением)



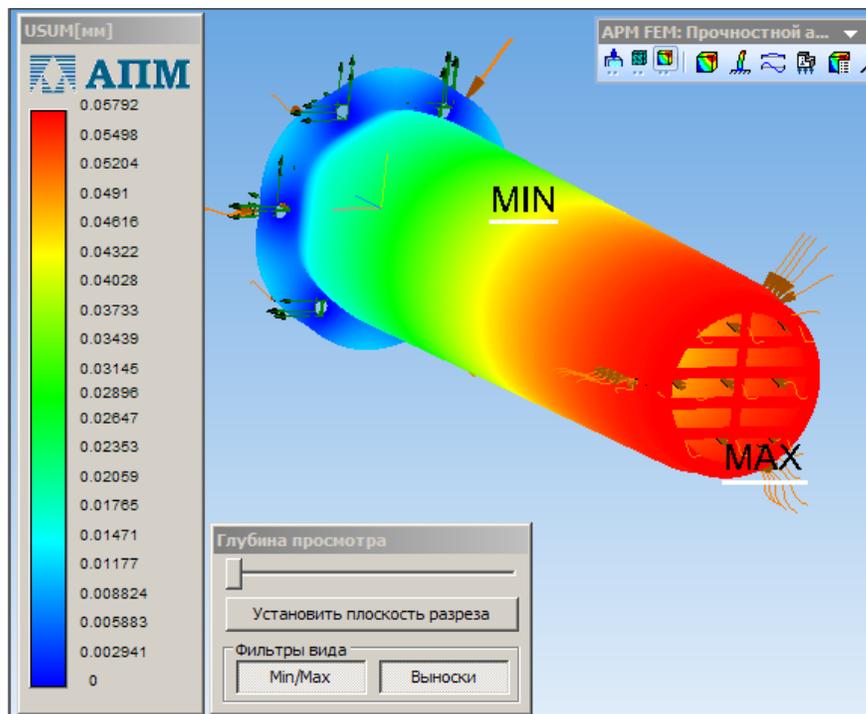
Частоты собственных колебаний

N	Собственные частоты			Модальные массы (м.м.) и суммы модальных масс (с.м.м.) г					
	[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	1446.66	230.244	0.00434322	51.9	51.9	6.47e-008	6.47e-008	0.001	0.001
2	1693.95	269.601	0.00370919	0.00361	51.9	0.0297	0.0297	9.74	9.74
3	2164.3	344.459	0.00290311	1.99	53.9	4.97e-006	0.0297	9.77e-005	9.74
4	3621.85	576.435	0.0017348	0.000498	53.9	0.698	0.727	38.8	48.6
5	4253	676.886	0.00147735	2.9	56.8	1.28e-005	0.727	0.00451	48.6

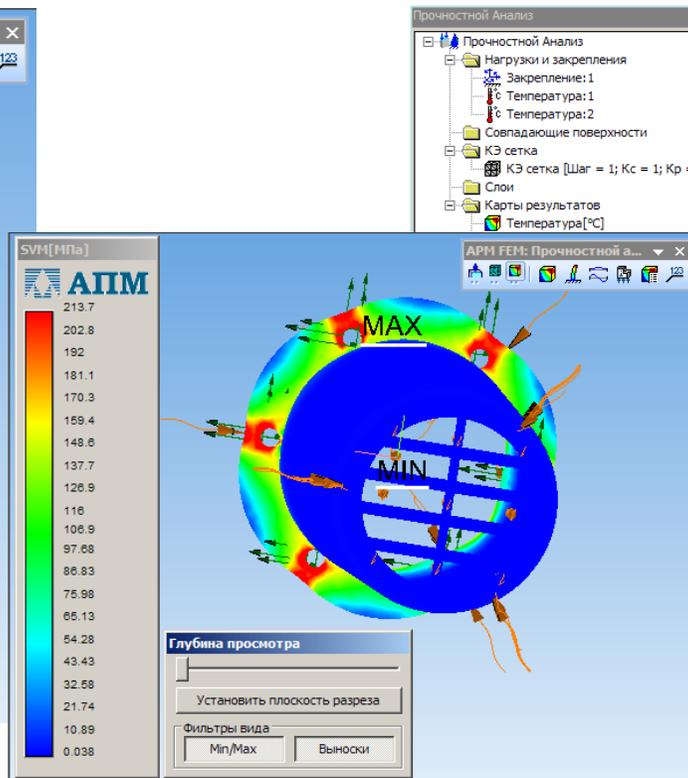
Форма... Закреть



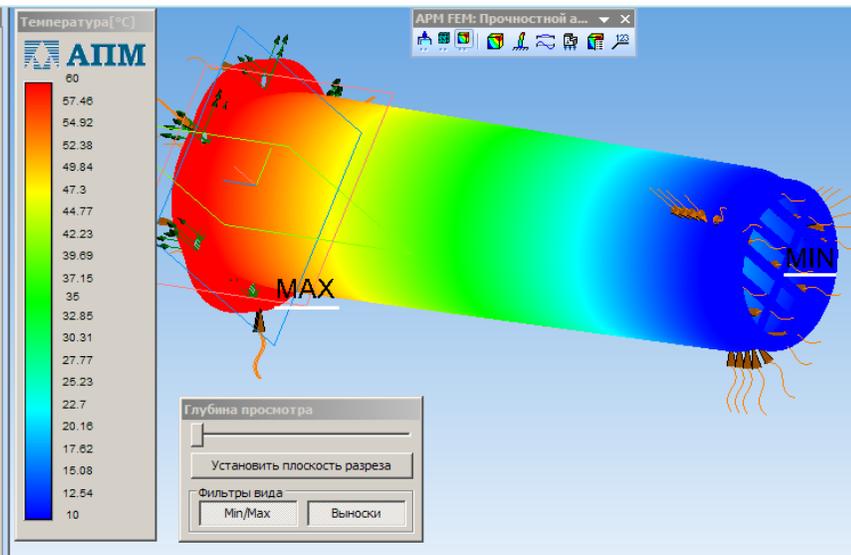
## Тепловой расчет. Задача термоупругости



Карта перемещений



Карта напряжений



Карта распределения  
поля температур

## Топологическая оптимизация

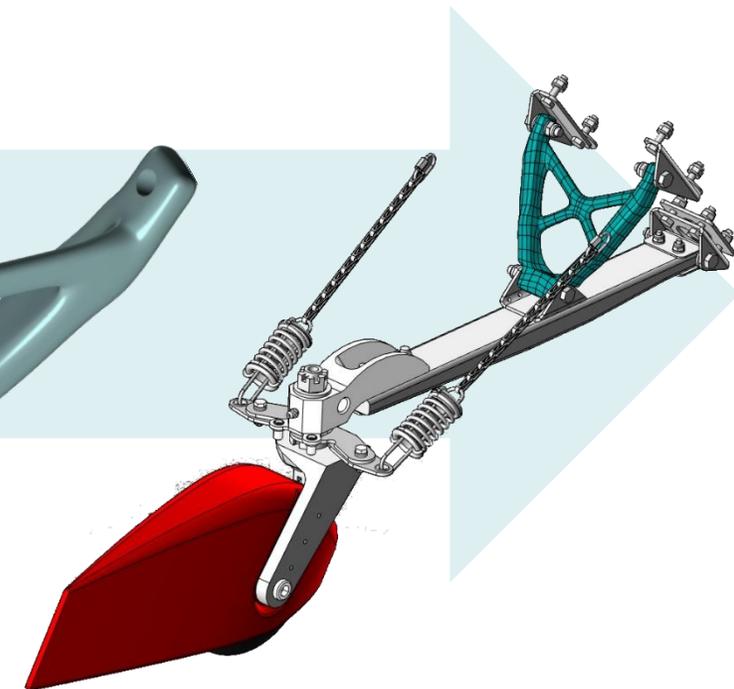
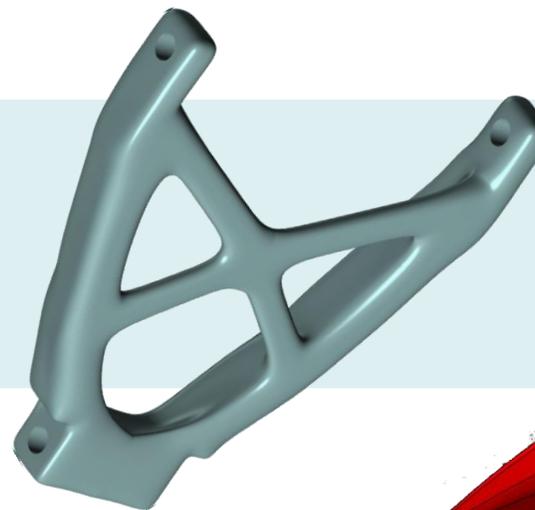
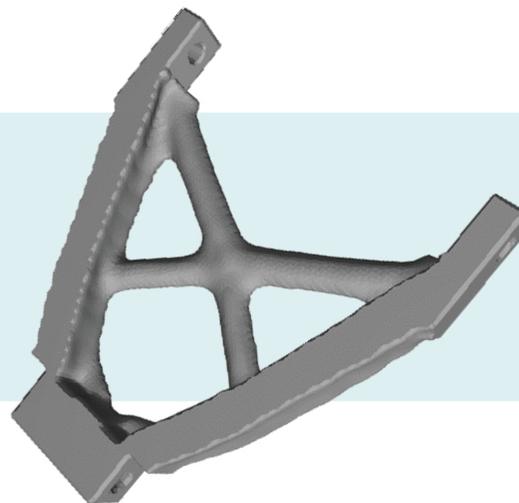
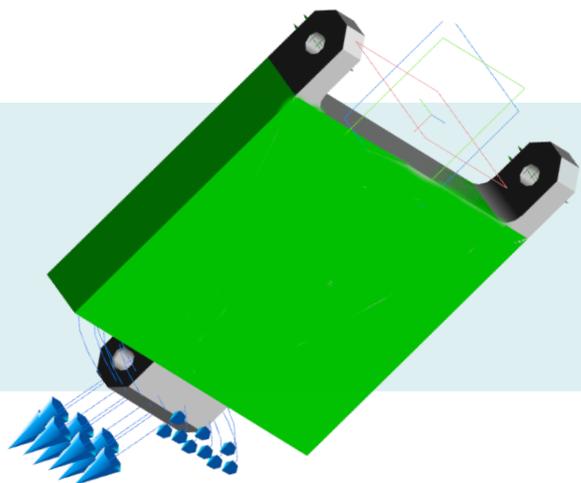


**Задание исходных данных**

**Результат оптимизации**

**Постобработка**

**Деталь в сборке**

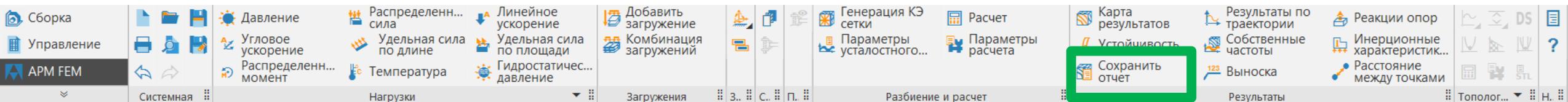


 - неизменяемая область

 - область проектирования

## Сохранение файла отчета

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



### Bracket

Информация о проекте

Организация	
Автор	
Дата создания отчета	17.05.2016, 01:56
Используемая программа	APM FEM для КОМПАС-3D
Путь к файлу	C:\Program Files\APM\Sample Models\Bracket

Содержание

- Вывод
- Модель
- Информация о геометрии
- Информация о нагрузках
- Информация о закреплении
- Информация о совпадающих поверхностях
- Конечно-элементная сетка
- Результаты
- Линейный статический расчет
- Расчет устойчивости
- Собственные частоты
- Расчет стационарной теплопроводности
- Топологическая оптимизация

### 2) Модель

Информация о файлах

N	Имя файла
1	C:\Program Files\APM\Sample Models\Bracket.mbd

Наименование формата: STL

Применено элементов [МПа]	235
Модуль упругости [МПа]	200000
Коэффициент Пуассона	0.3
Плотность [кг/м³]	7800
Температурный коэффициент линейного расширения [1/°C]	0.000012
Температуропроводность [Вт/(м·°C)]	55
Применено элементов [МПа]	410
Применено элементов [МПа]	209
Применено элементов [МПа]	139

Информация о нагрузках

Наименование	Выборка объектов	Группы
Распределенная нагрузка		Группа: 4
Распределенная нагрузка		Группа: 1

### 3) Информация о закреплении

Наименование	Выборка объектов	X [мм]	Y [мм]	Z [мм]
Закрепление по нормали				
Закрепление по нормали				

Информация о конечно-элементной сетке

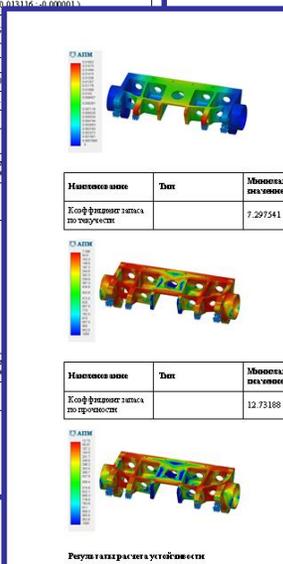
Наименование	Значение
Параметр структуры	
Тип элемента	10-узловый
Максимальная длина стороны элемента [мм]	4
Максимальный коэффициент сужения по площади	1
Коэффициент сужения по объему	1
Количество конечных элементов	43391
Количество узлов	80154

### История расчета

Наименование	Значение
Масса модели [кг]	1.84227
Центр тяжести модели [мм]	(0.02128; 0.03316; -0.00001)
Момент инерции модели относительно центра тяжести [кг·мм²]	(0.014385; ...)
Радиус инерции модели относительно центра тяжести [мм]	(0.43823; ...)
Суммарная реакция опор [Н]	(620.02430; ...)
Абсолютное значение реакции [Н]	739.796111
Абсолютное значение момента [Н·мм]	55.747539

Результаты статического расчета

Наименование	Тип	Множитель
Эквивалентное напряжение по Мisesу	SVM [МПа]	0.019
Суммарное линейное перемещение	UTVM [мм]	0

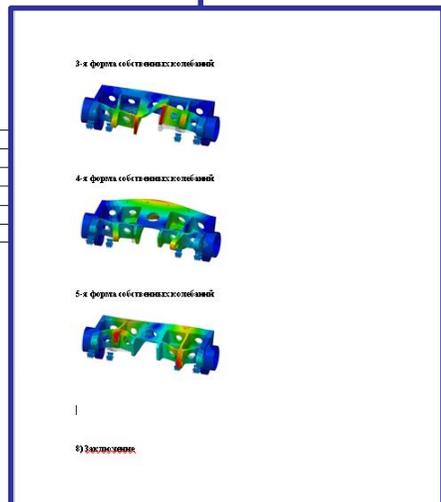


Результаты расчета по устойчивости

N	Коэффициент запаса по устойчивости
1	0.000305

Результаты расчета собственных частот

N	Частота [Гц]
1	9746.587764
2	14611.744641
3	15696.947425
4	21072.435927
5	25968.401801



### Сохранить отчет

Общие параметры

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

Результаты

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

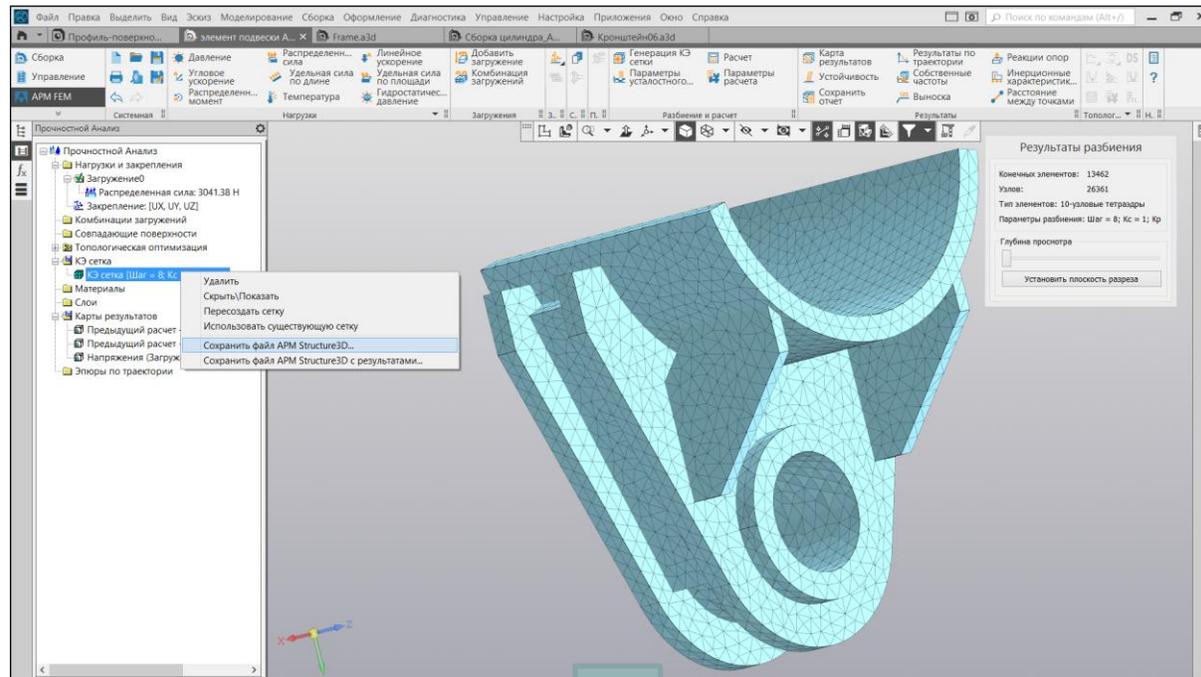
Запомнить | Выбрать все | По умолчанию | Ок | Отмена

## Интеграция APM FEM и APM WinMachine

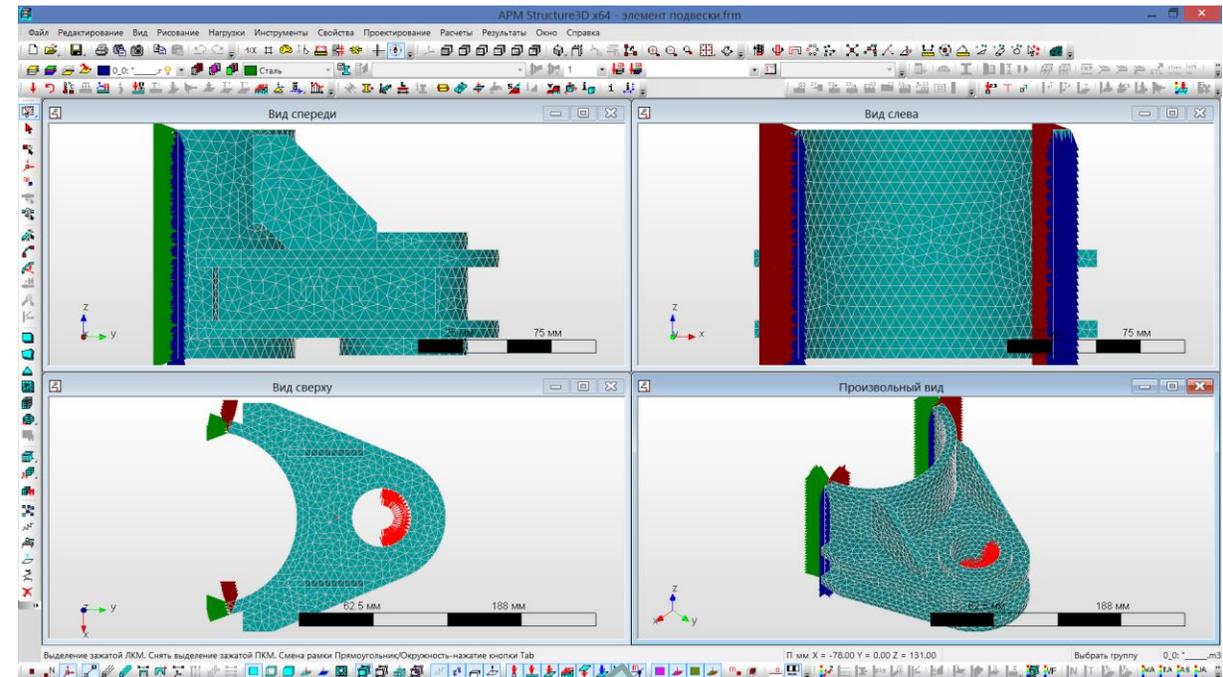
Если возможностей APM FEM не хватает, то необходимо передать расчетную модель в модуль прочностного анализа APM Structure3D, который является расчетным ядром российской САЕ-системы APM WinMachine (разработка НТЦ «АПМ»)



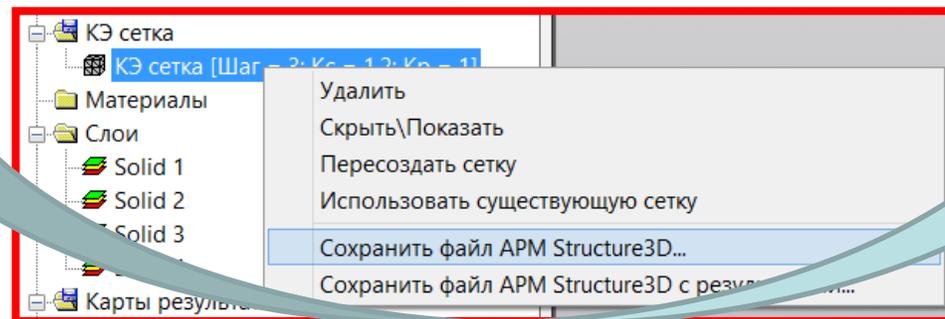
## Интеграция APM FEM и APM WinMachine



КОМПАС-3D



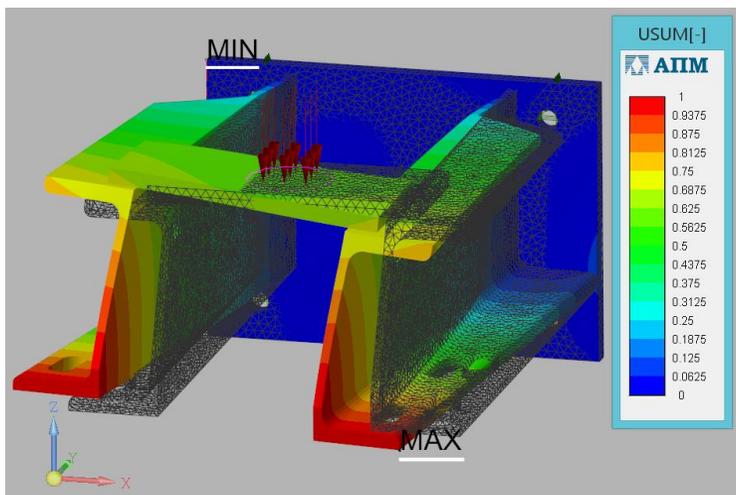
APM Structure3D



## СРАВНЕНИЕ РЕШАЕМЫХ ЗАДАЧ

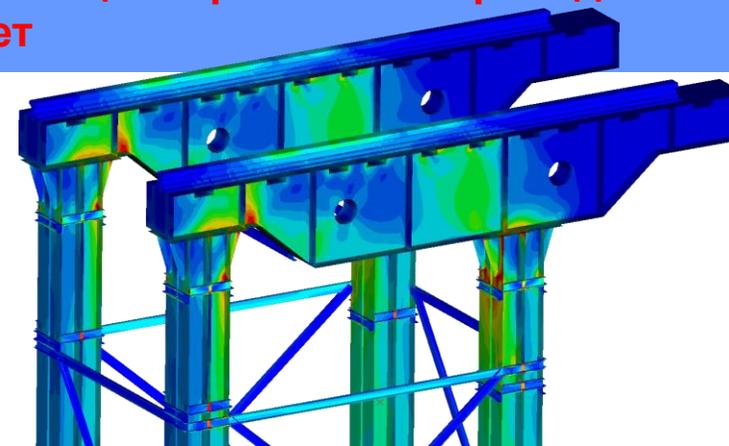
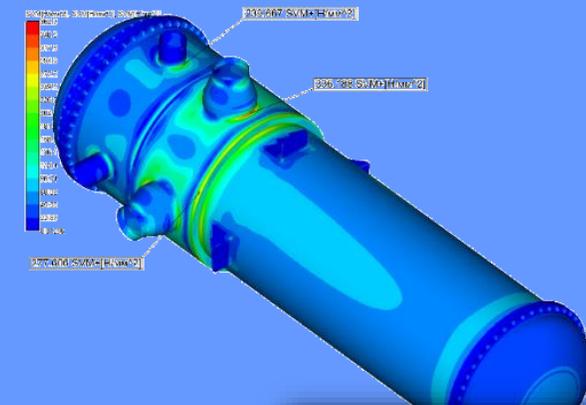
### Перечень расчетов в APM FEM

- Статический расчет
- Расчет устойчивости
- Расчет собственных частот
- Расчет стационарной теплопроводности
- Топологическая оптимизация



### Перечень расчетов в APM Structure3D

- Статический расчет
- Расчет устойчивости
- Расчет собственных частот
- **Нелинейный расчет**
- **Топологическая оптимизация+**
- **Вынужденные колебания**
- **Усталостный расчет**
- Расчет стационарной теплопроводности
- **Расчет нестационарной теплопроводности**
- **FSI-расчет**



## Преимущества использования системы APM FEM

- **Единый интерфейс КОМПАС-3D**

Как для геометрической, так и для расчетной модели КОМПАС-3D обеспечивает простоту и легкость работы. Все действия по созданию 3D-модели, её расчету и просмотру результатов осуществляются в едином окне.

- **Единое геометрическое ядро**

Система конечно-элементного анализа работает напрямую с геометрической моделью КОМПАС-3D. Нет необходимости передачи файлов через сторонние форматы, что снижает вероятность появления ошибок.

- **Приемлемая цена**

APM FEM – простое и недорогое решение, которое позволяет без приобретения «тяжелой» полнофункциональной САЕ-системы проводить оценку прочности элементов конструкции.

- **Интеграция с полнофункциональной САЕ системой APM WinMachine**

При возникновении необходимости анализа прочности сложных деталей и сборок с учетом нелинейного поведения материала, а также для решения задач динамического анализа **подготовленная расчетная задача может быть передана в модуль прочностного анализа APM Structure3D системы APM WinMachine.**

- **Техническое сопровождение**

Компания-разработчик находится в России. Всегда есть возможность получать своевременную квалифицированную помощь по всем вопросам, возникающим при решении реальных расчетных задач.



# Спасибо за внимание!

**Компания НТЦ «АПМ»  
(научно-технический центр)  
Московская область, г. Королев  
Октябрьский бульвар, д. 14, офис 6  
Тел.: (495) 120-58-10  
Internet: [www.apm.ru](http://www.apm.ru)  
E-mail: [com@apm.ru](mailto:com@apm.ru)**