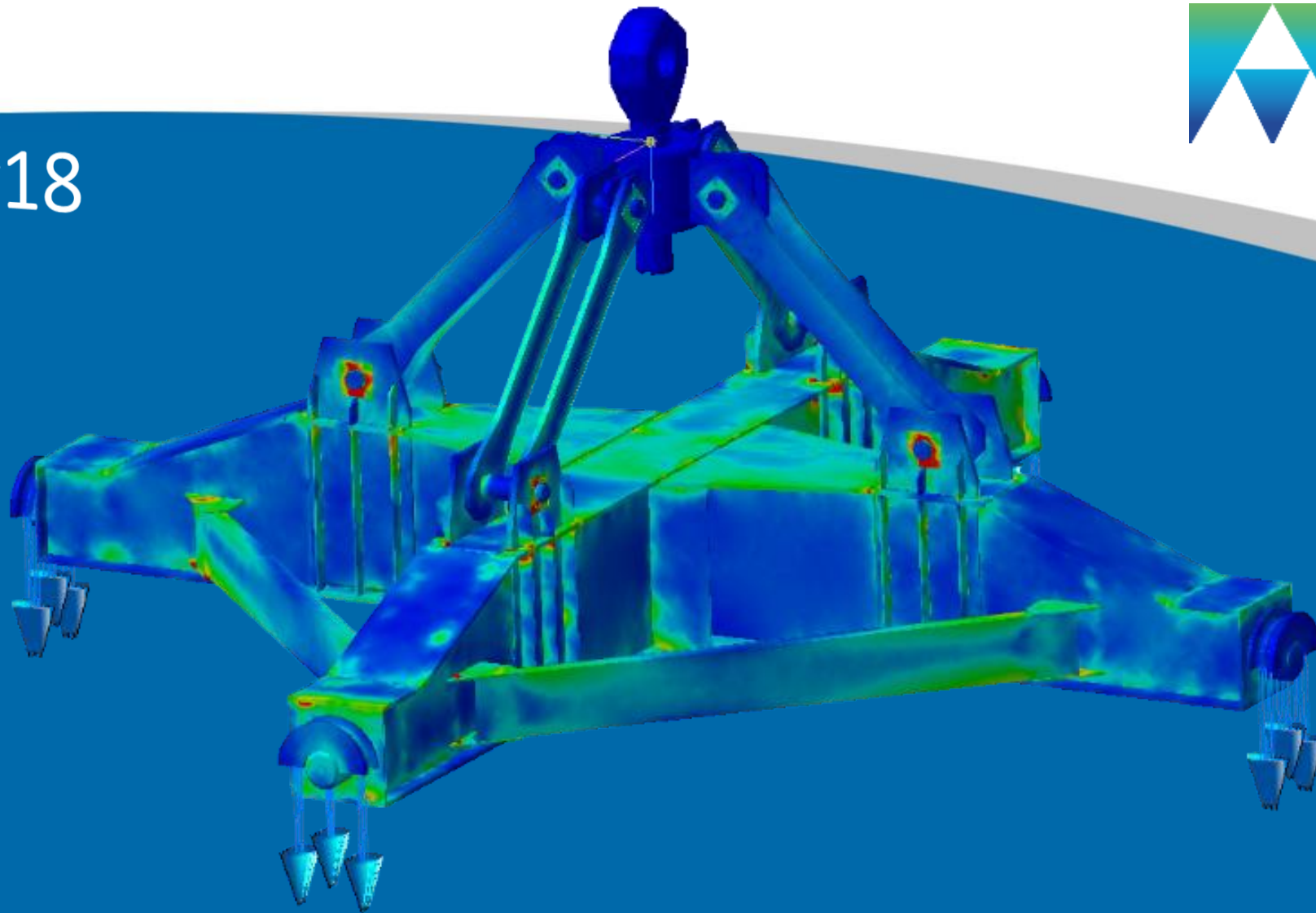


APM FEM

для КОМПАС-3D v18



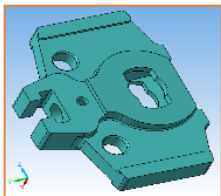
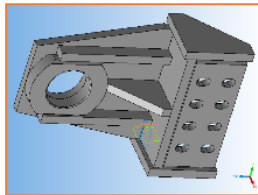
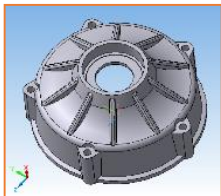
Применение интегрированных решений
для анализа прочности

НТЦ «АПМ»

Цель работы системы АРМ FEM

Дать возможность конструктору уже на начальных стадиях проектирования принимать правильные и обоснованные конструктивные решения, используя построенные 3D-модели.

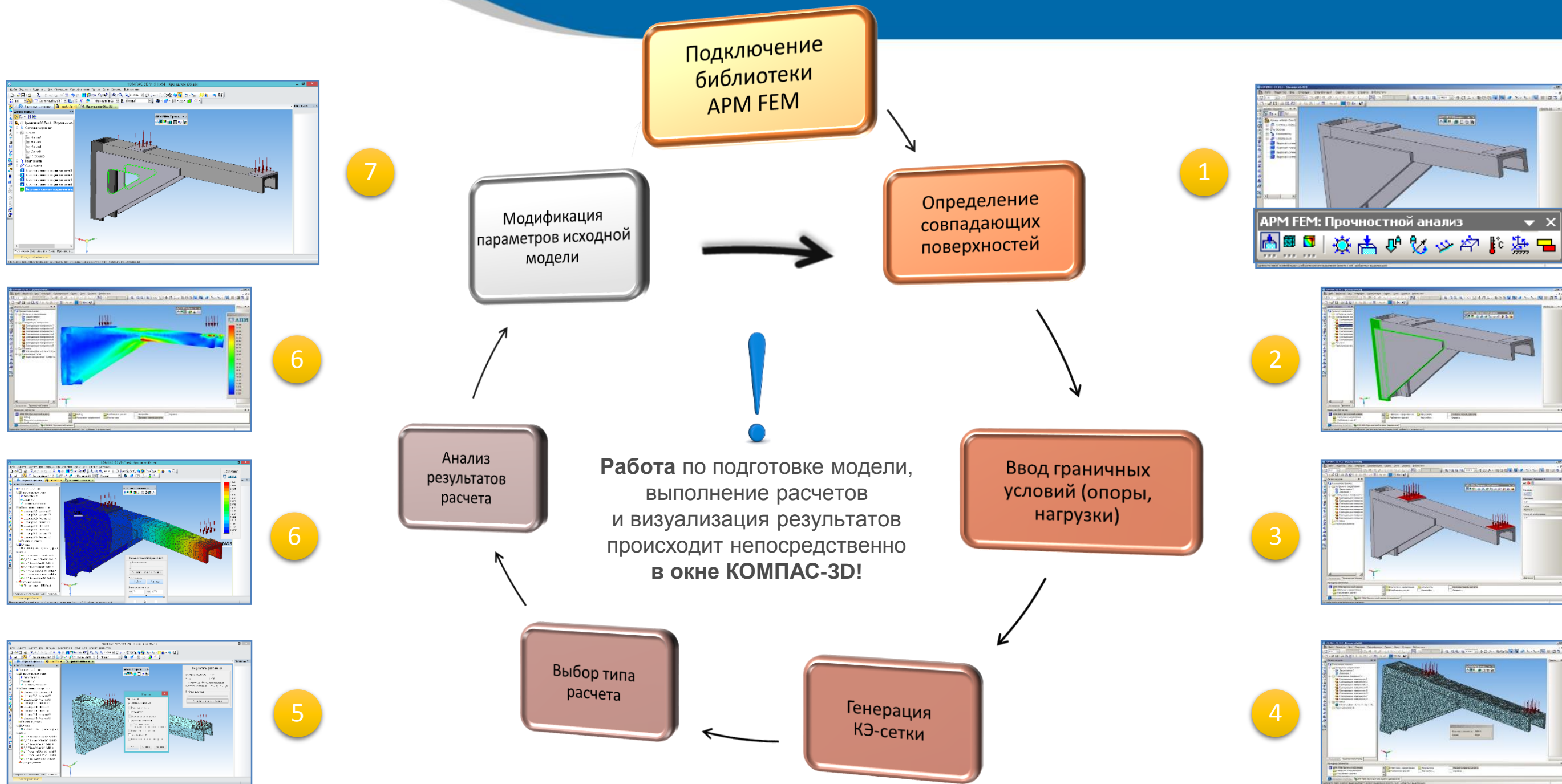
Это, несомненно, повышает качество и экономит время, затрачиваемое на разработку изделия, а значит, делает его конкурентоспособным!



Основная задача АРМ 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.

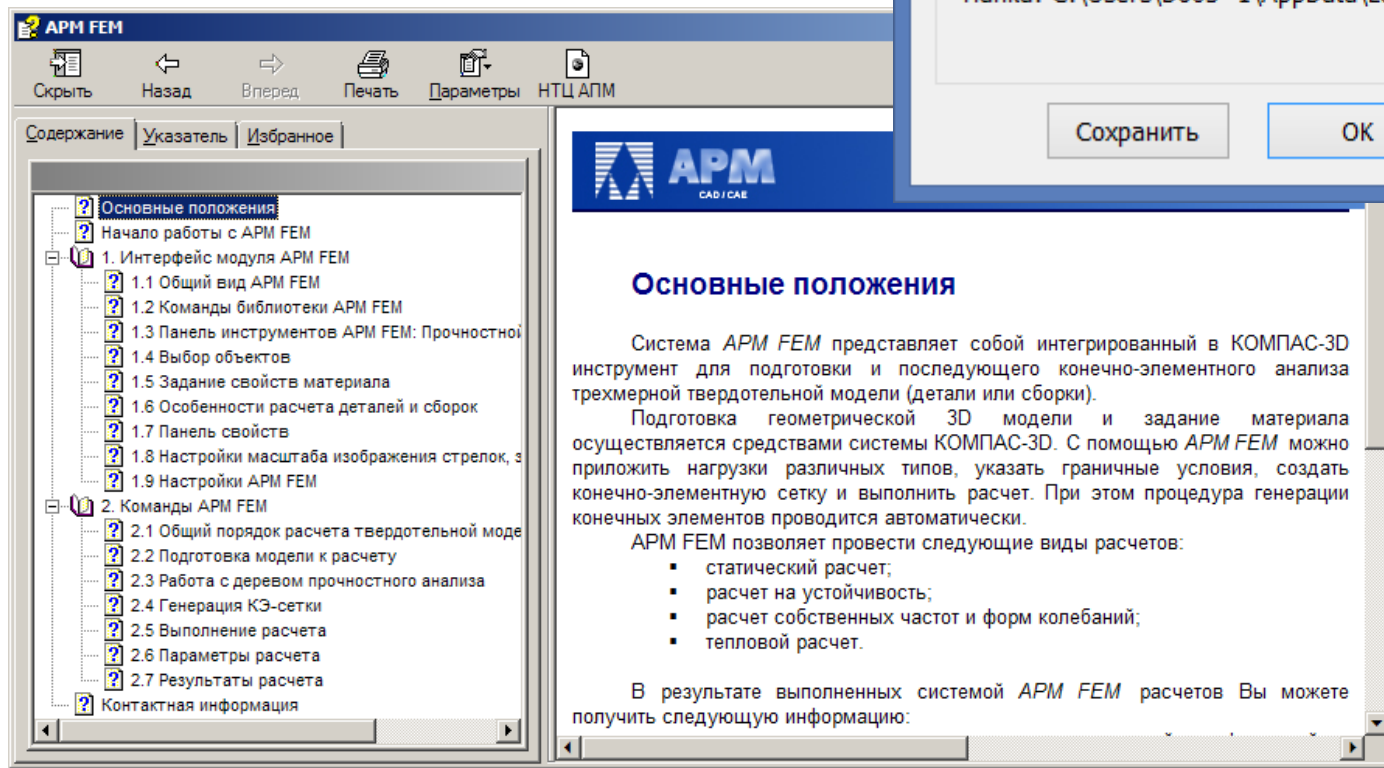
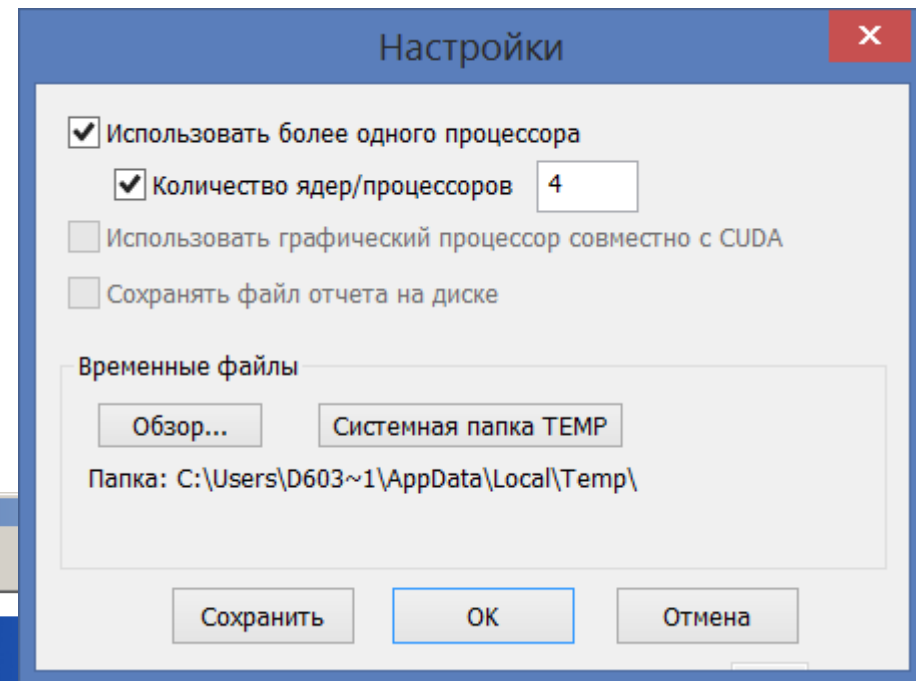


Настройки APM FEM

Выбор количества ядер/процессоров
для проведения процедуры вычислений



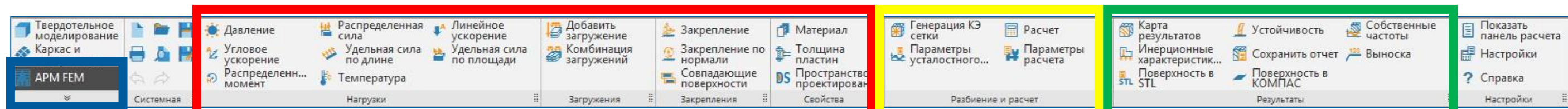
Настройка места хранения временных файлов



Справка...

Описание
основных интерфейсных
и расчетных возможностей
библиотеки

Режимы работы панели инструментов APM FEM



Подготовка модели

- Задание совпадающих поверхностей
- Задание закреплений
- Задание нагрузок

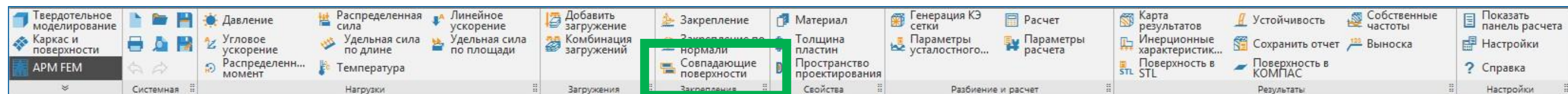
Генерация КЭ-сетки и расчет

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

Результаты

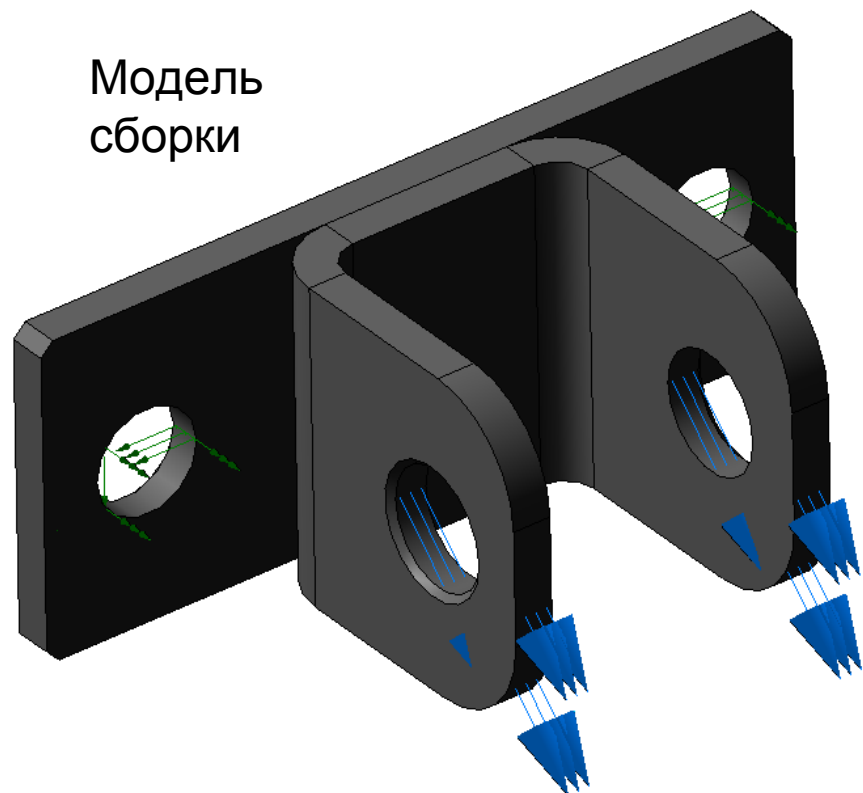
- Вывод карт результатов
- Реакции в опорах
- Использование выносок
- Генерация файла-отчета

Определение совпадающих поверхностей

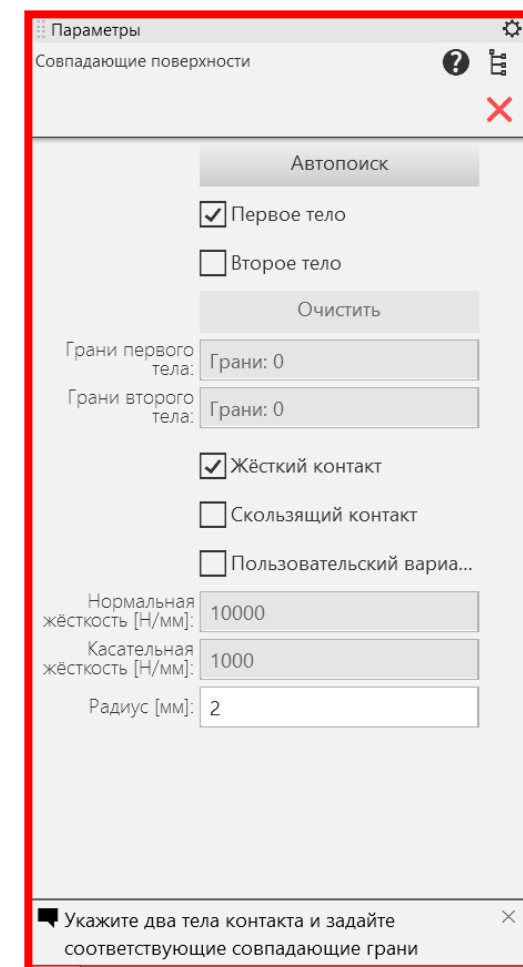
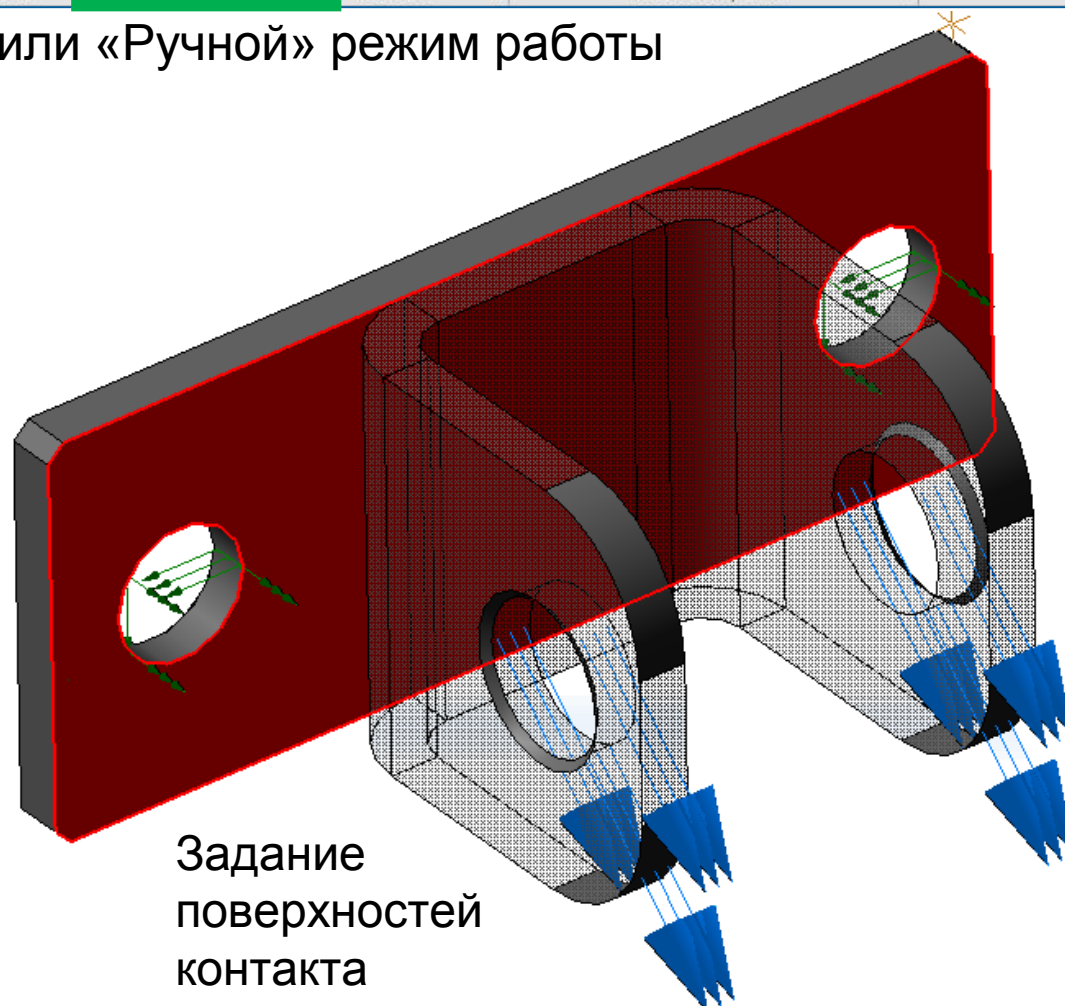


Автоматический или «Ручной» режим работы

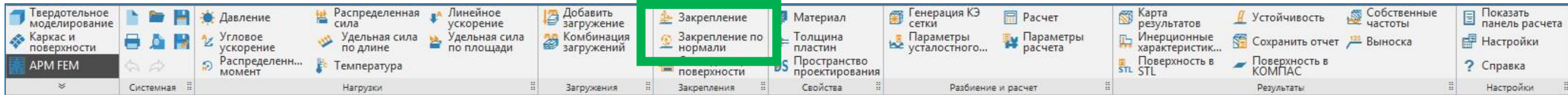
Модель сборки



Задание поверхностей контакта

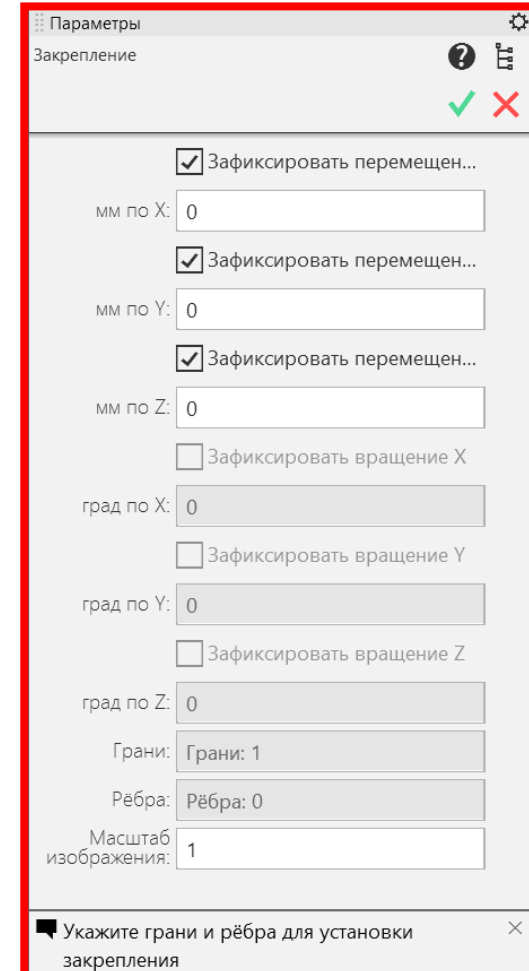
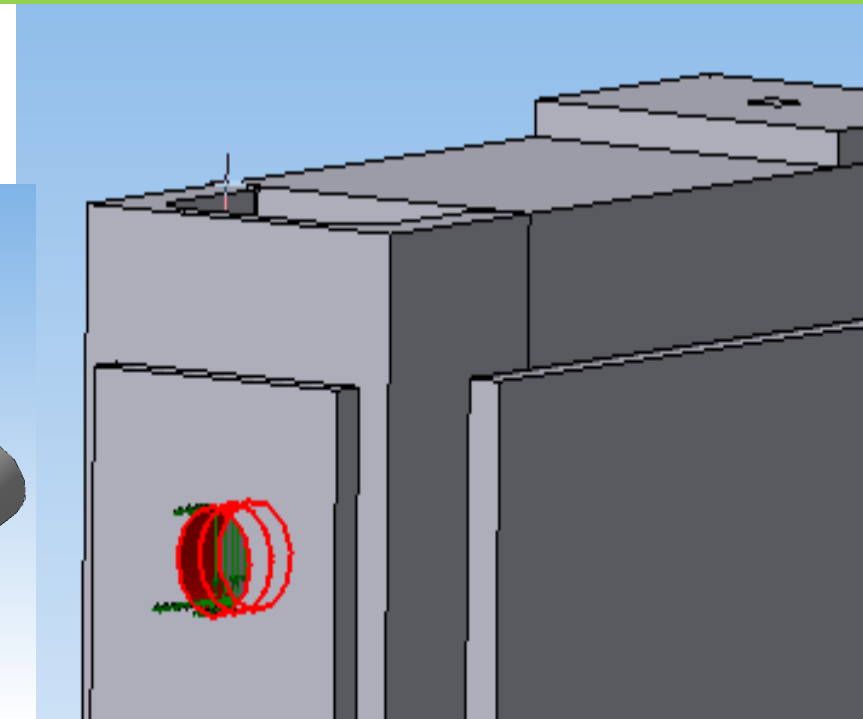
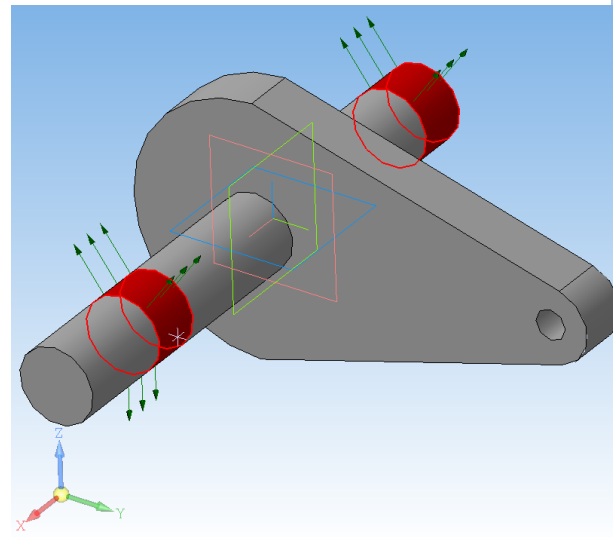
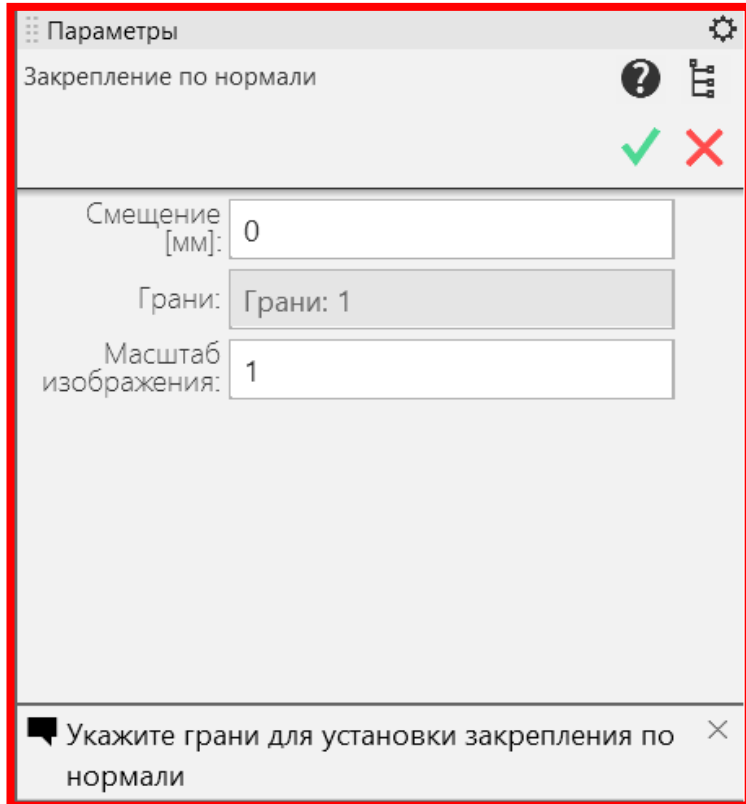


Задание закреплений

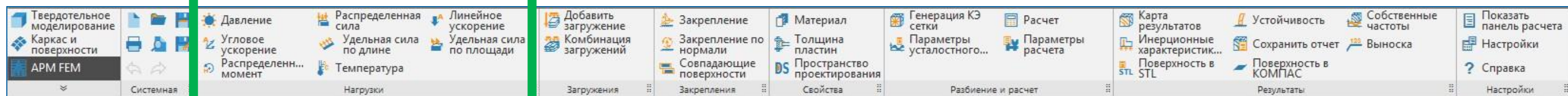


Два варианта:

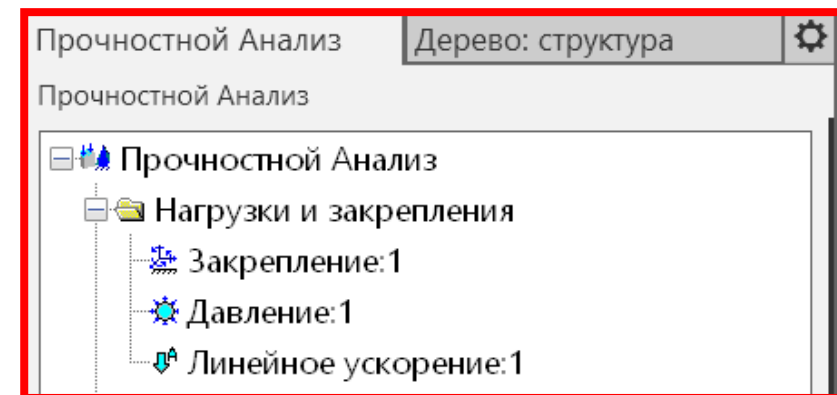
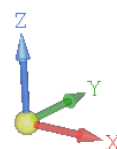
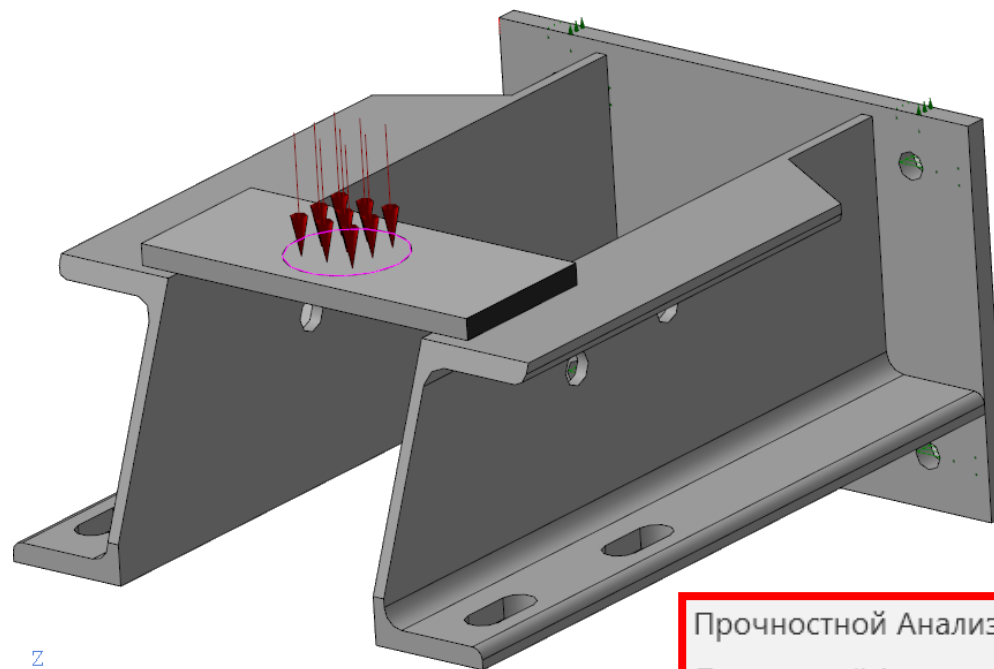
1. Запрет перемещений ребер или граней по осям ГСК
2. Запрет перемещений граней по нормали к поверхности



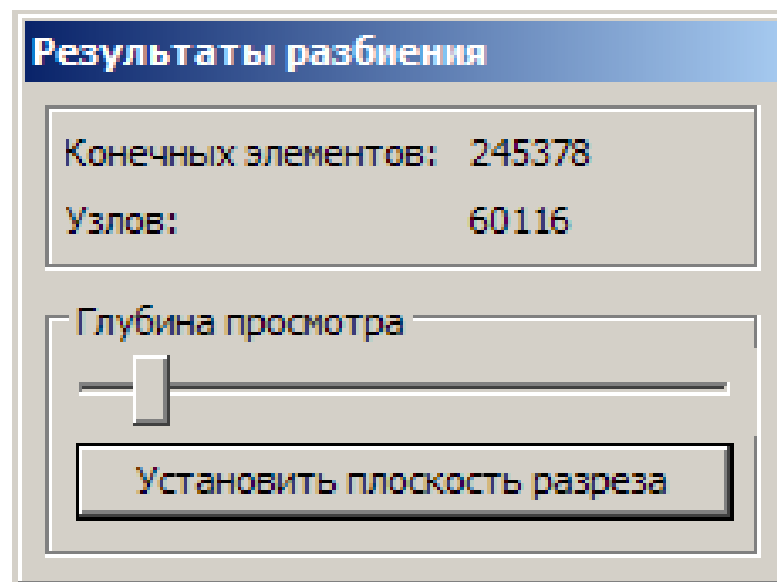
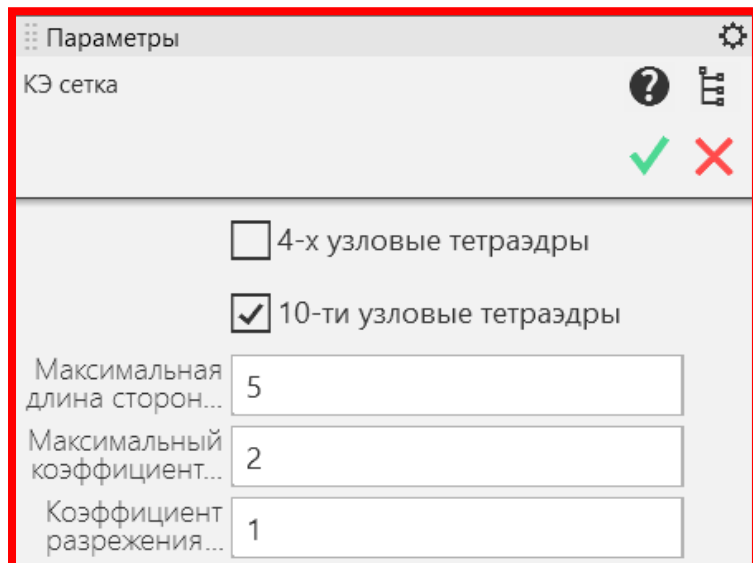
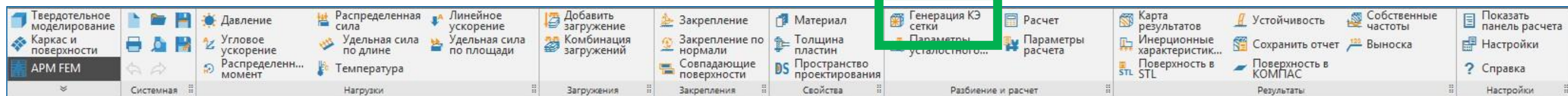
Задание нагрузок



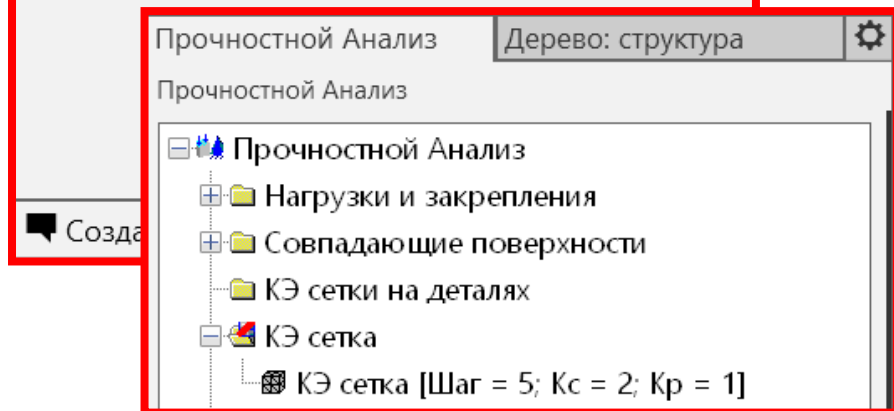
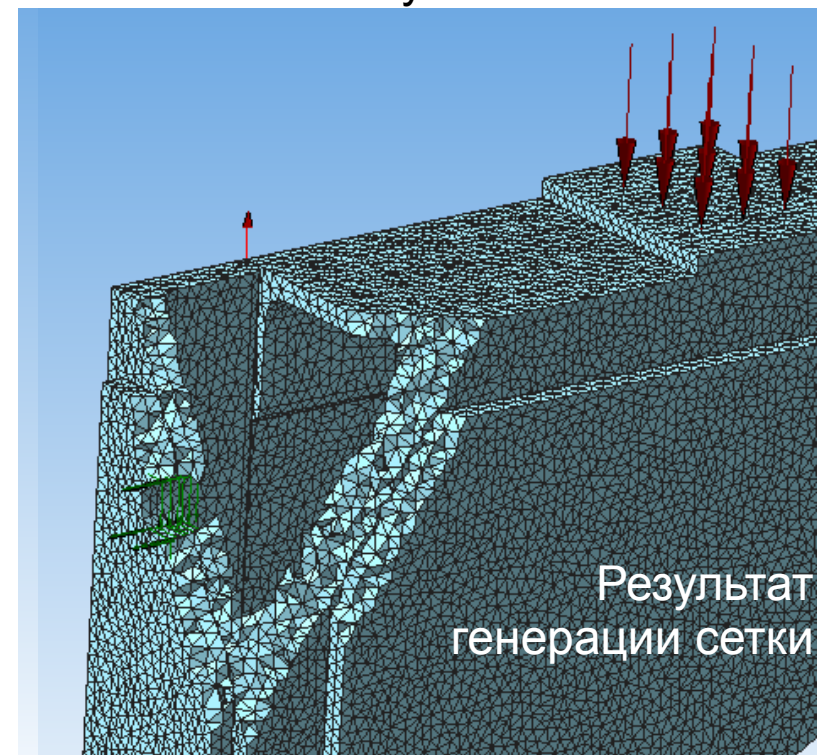
-  Приложить давление
-  Приложить распределённую силу
-  Приложить линейное ускорение
-  Приложить угловое ускорение
-  Приложить удельную силу по длине
-  Приложить удельную силу по площади
-  Приложить распределённый момент
-  Задать температуру



Автоматическая генерация конечно-элементной сетки



ВАЖНО!
Возможность контроля сетки
«по глубине»!



Автоматическая генерация конечно-элементной сетки

Параметры

КЭ сетка

?

⚙

✓

✗

☐ 4-х узловые тетраэдры

☒ 10-ти узловые тетраэдры

Максимальная длина сторон... 5

Максимальный коэффициент... 2

Коэффициент разрезания... 1

Создать конечно-элементную сетку

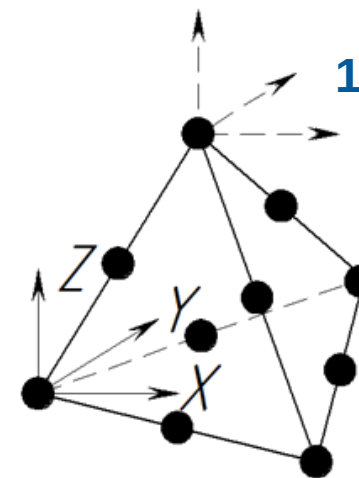
✕

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

4-х узловой тетраэдр



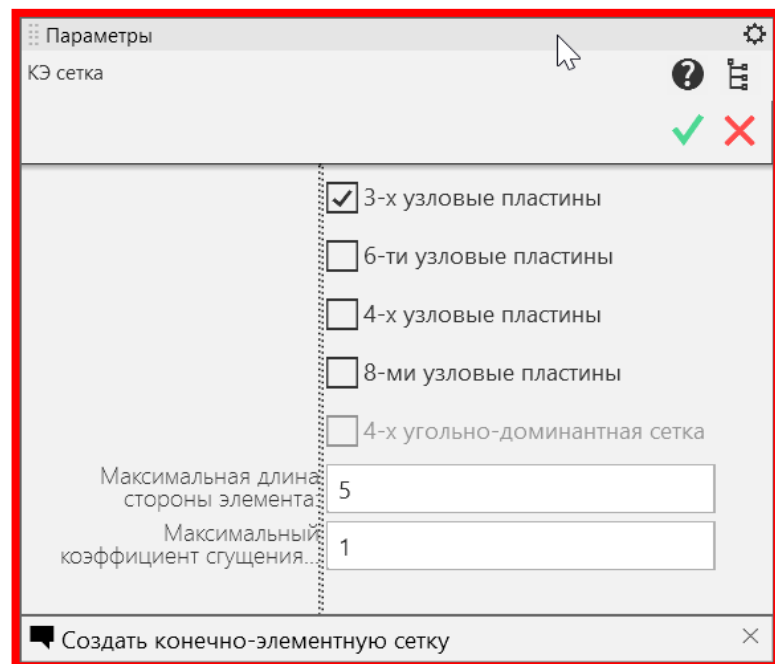
10-ти узловой тетраэдр



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

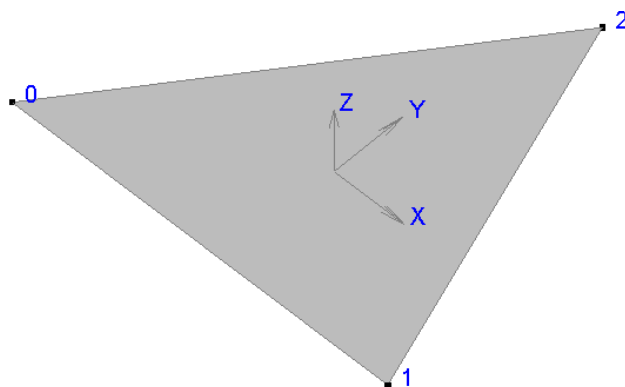


Автоматическая генерация конечно-элементной сетки

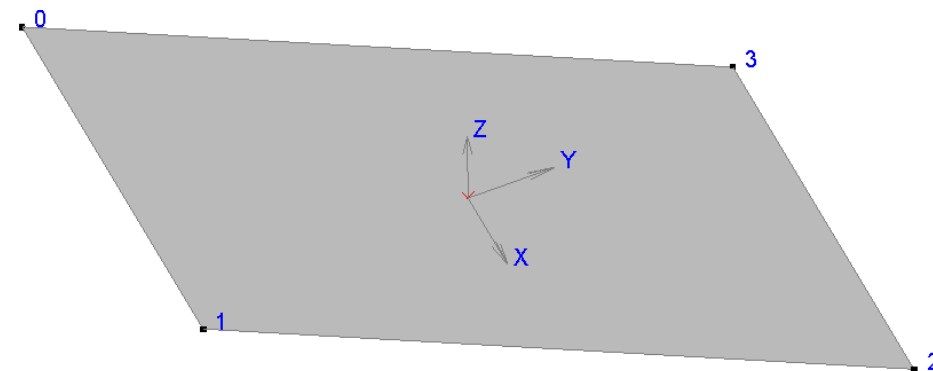


При выборе основных параметров сетки есть выбор типа КЭ!!!

Треугольная
пластина



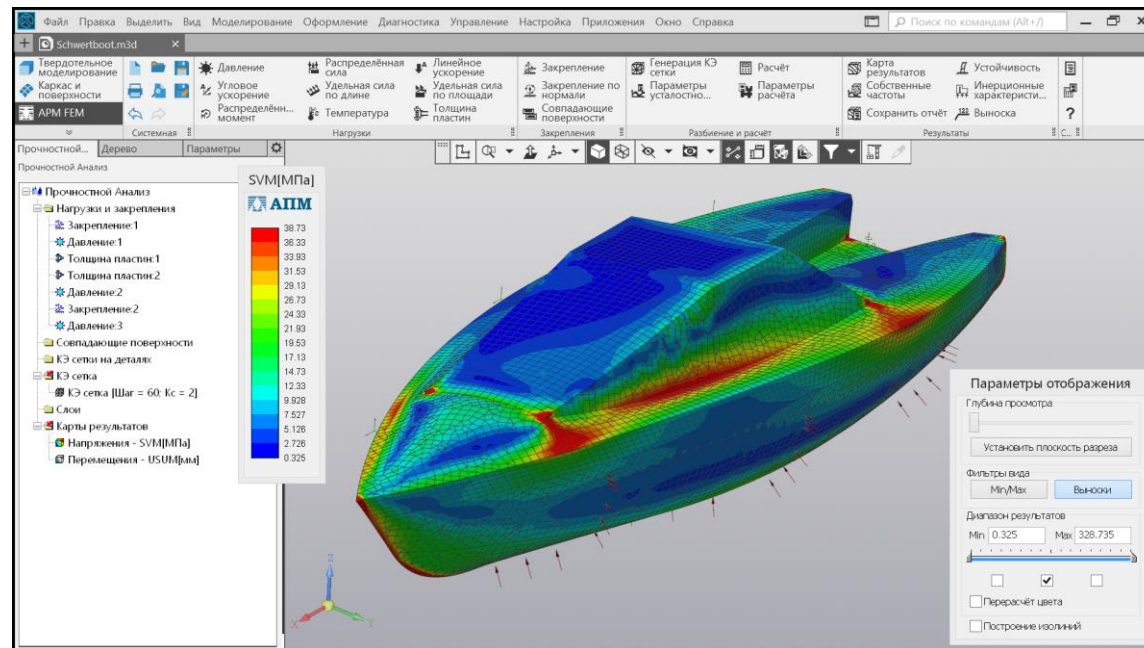
Четырехугольная
пластина



- ✓ 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

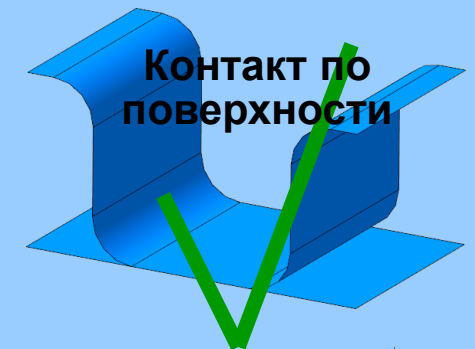


Что дает расчет поверхностных моделей?



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

**Внимание!
Ограничение
для сборок!**

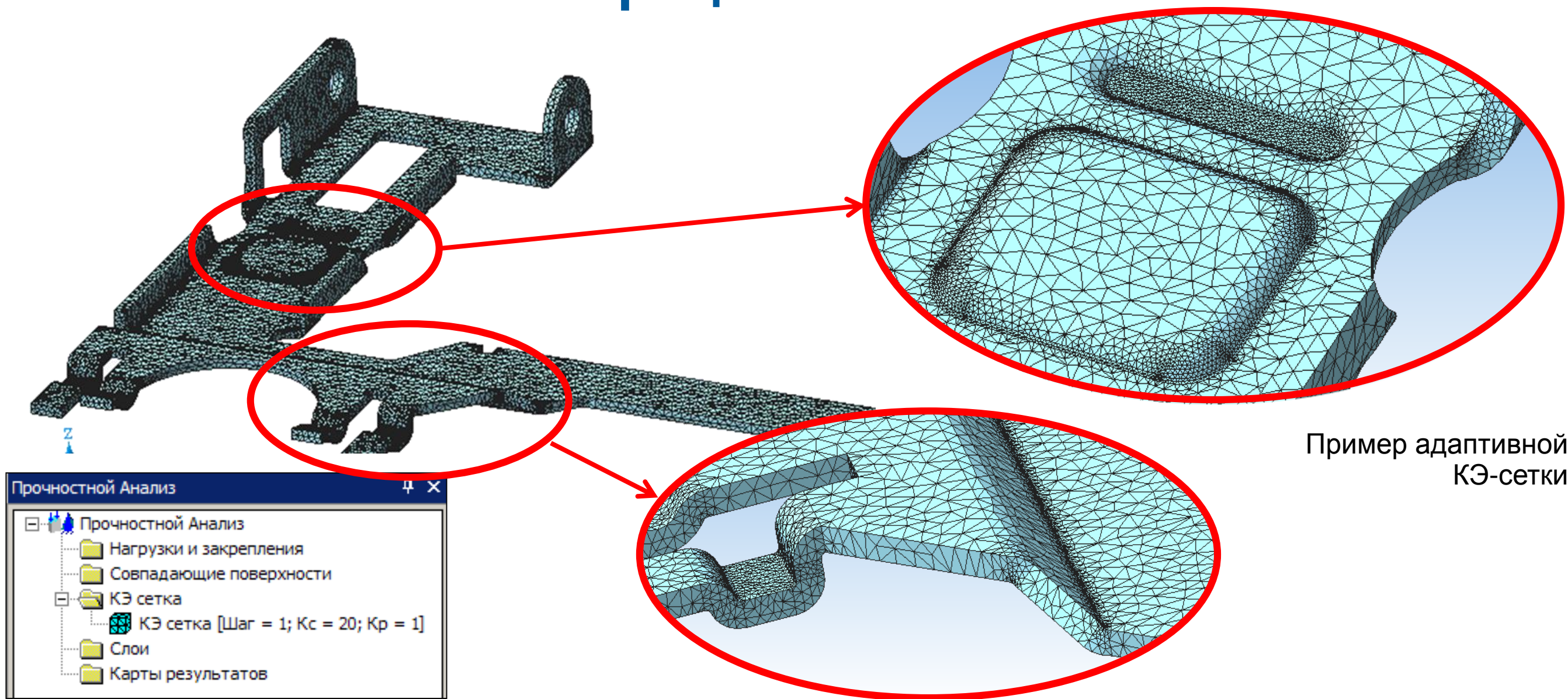


**Контакт по
поверхности**

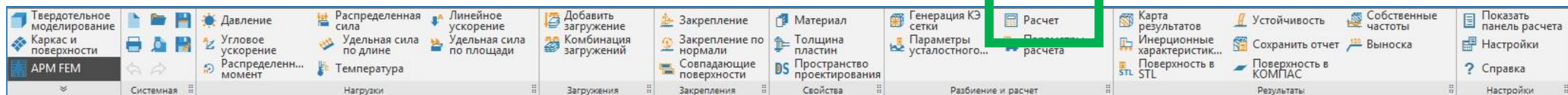


Контакт по линии

Автоматическая генерация конечно-элементной сетки

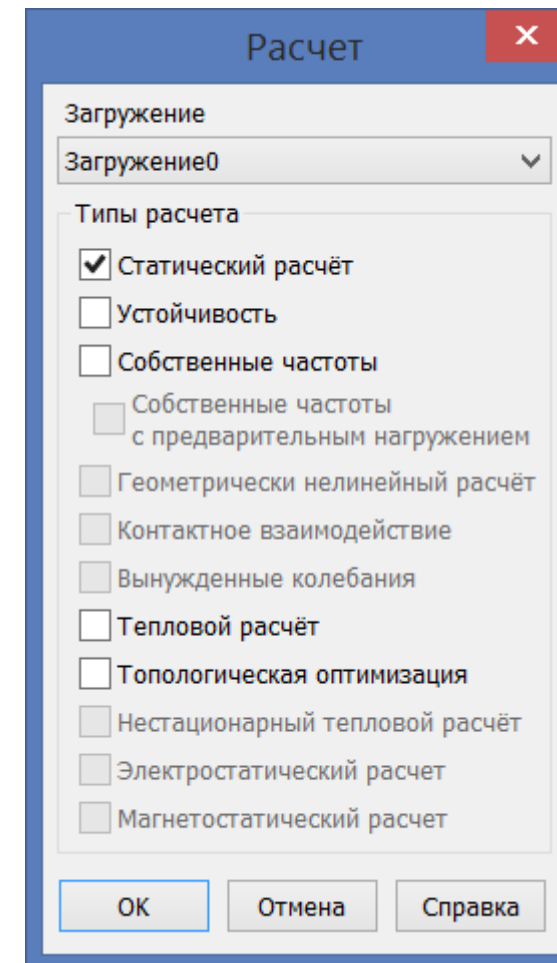


Выбор типа расчета

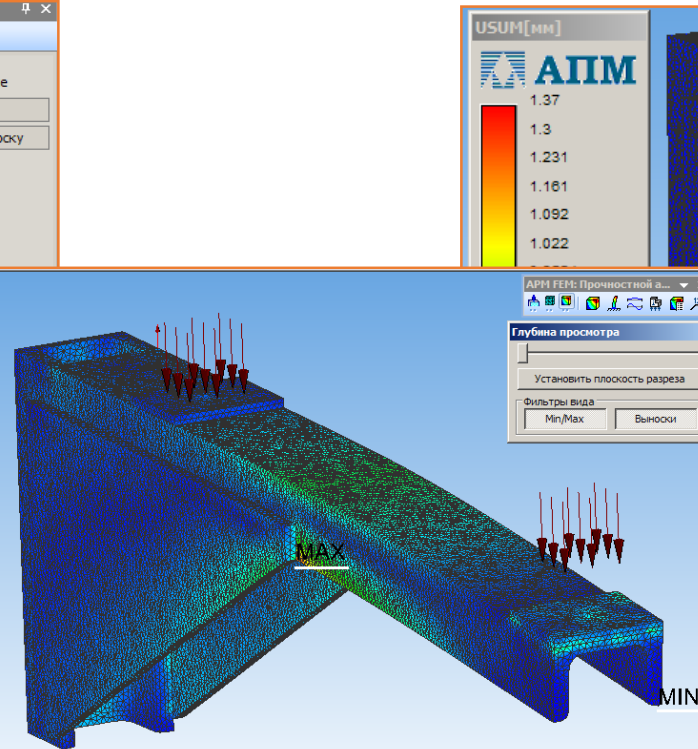
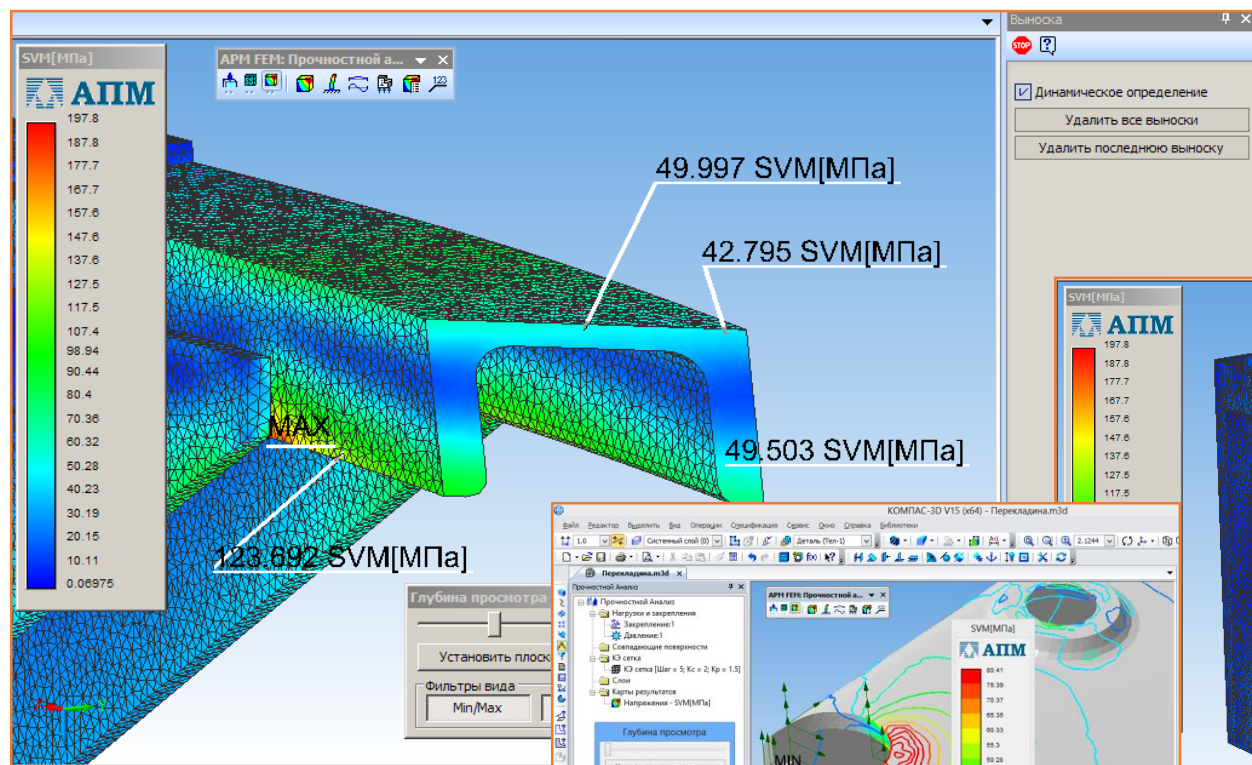
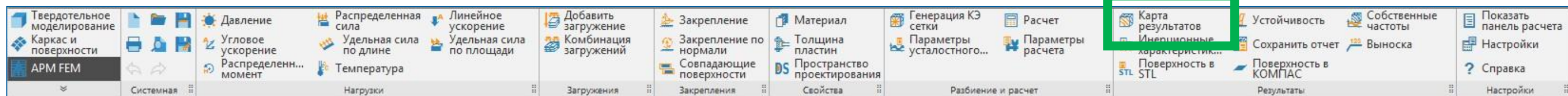


Расчеты доступные в APM FEM:

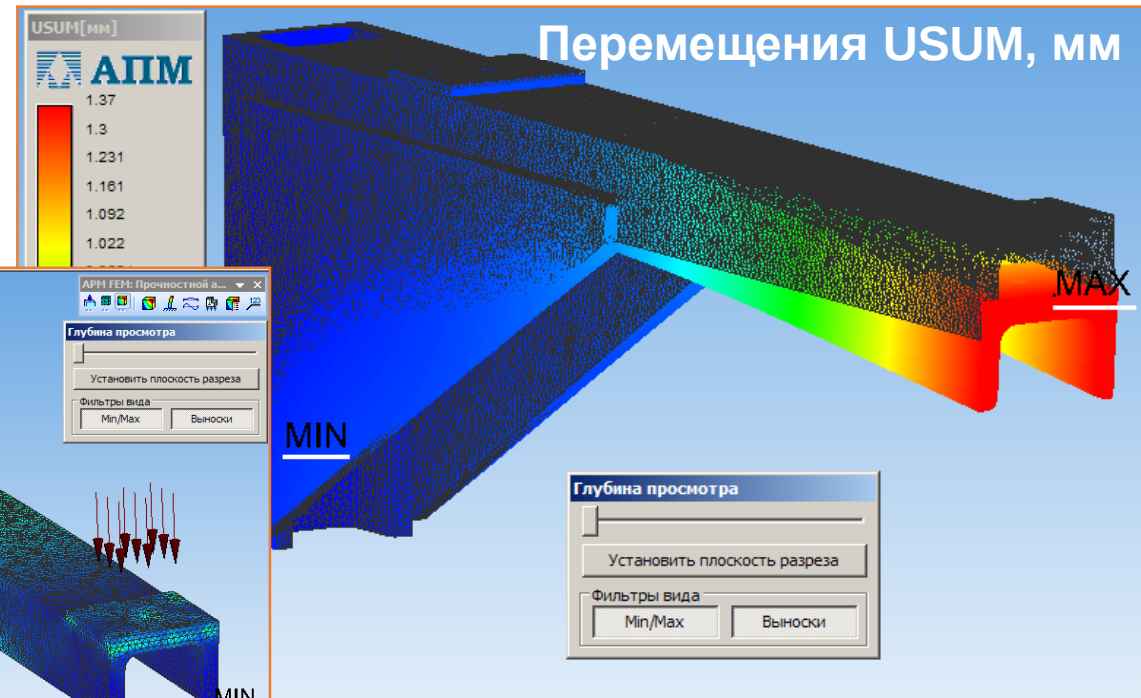
- ✓ Линейный статический расчет
- ✓ Усталостный расчет
- ✓ Расчет устойчивости
- ✓ Расчет собственных частот (резонанса) и собственных форм колебаний
- ✓ Решение задачи стационарной теплопроводности
- ✓ Решение задачи термоупругости (при совместном выполнении статического и теплового расчетов)



Статический расчет



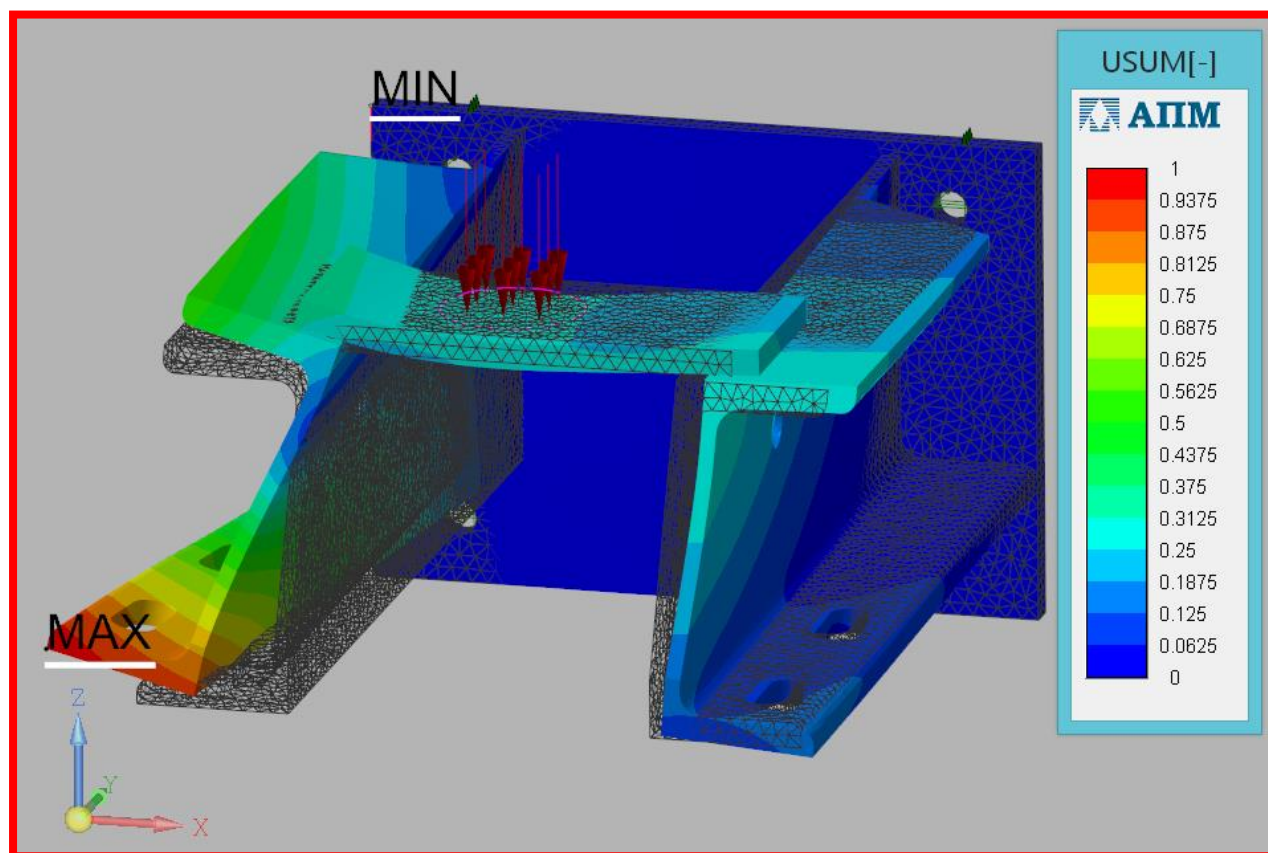
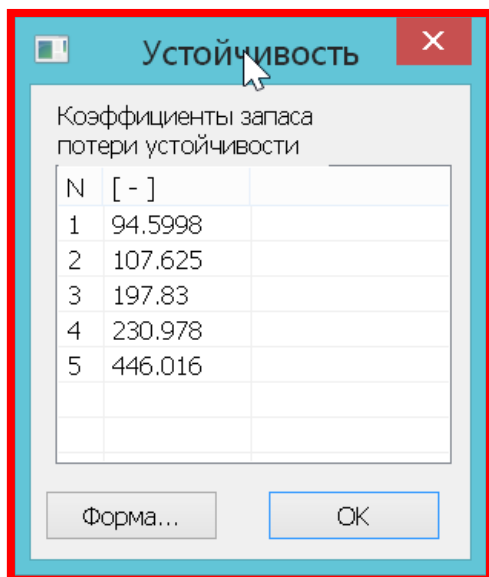
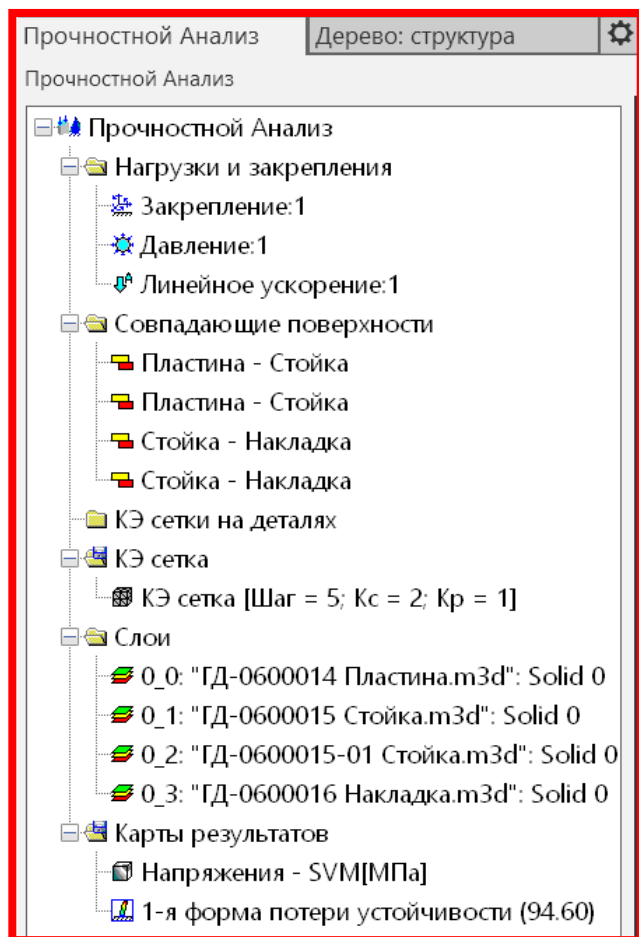
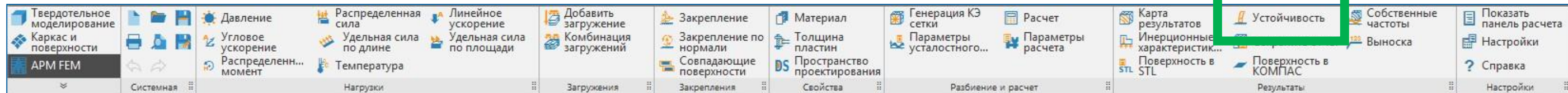
Напряжения SVM, МПа



Перемещения USUM, мм

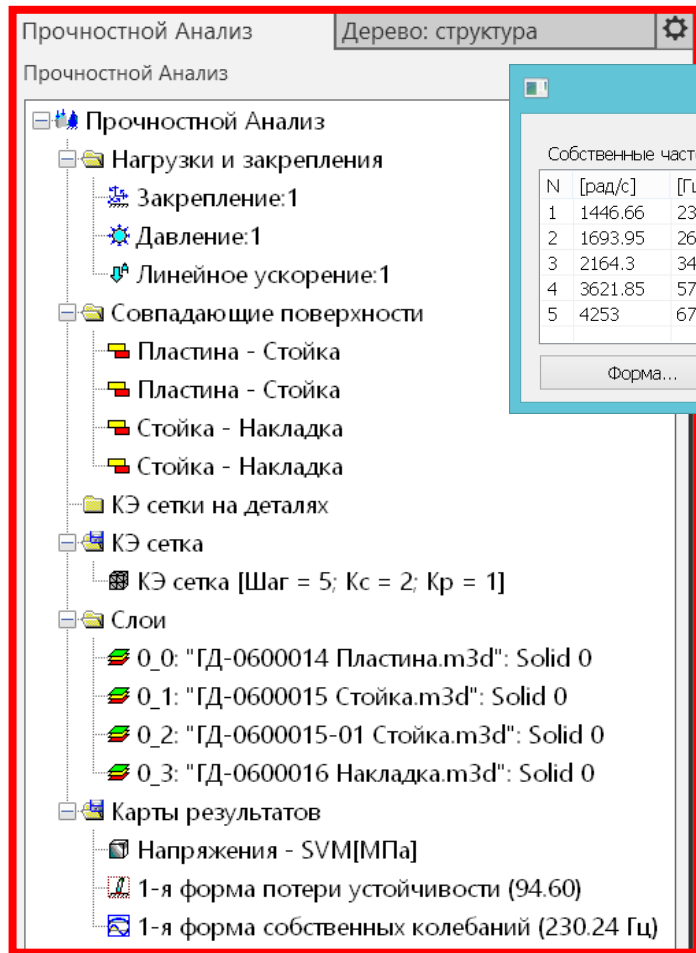
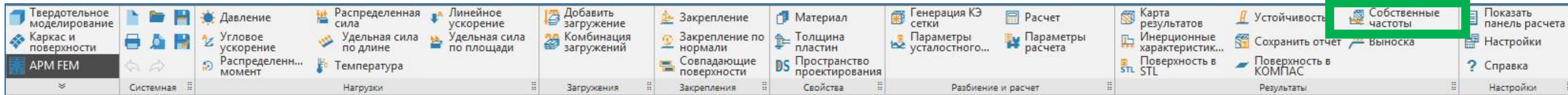
Примеры вывода карт результатов

Расчет устойчивости



Первая форма потери устойчивости

Расчет собственных частот (с предварительным нагружением)



Частоты собственных колебаний

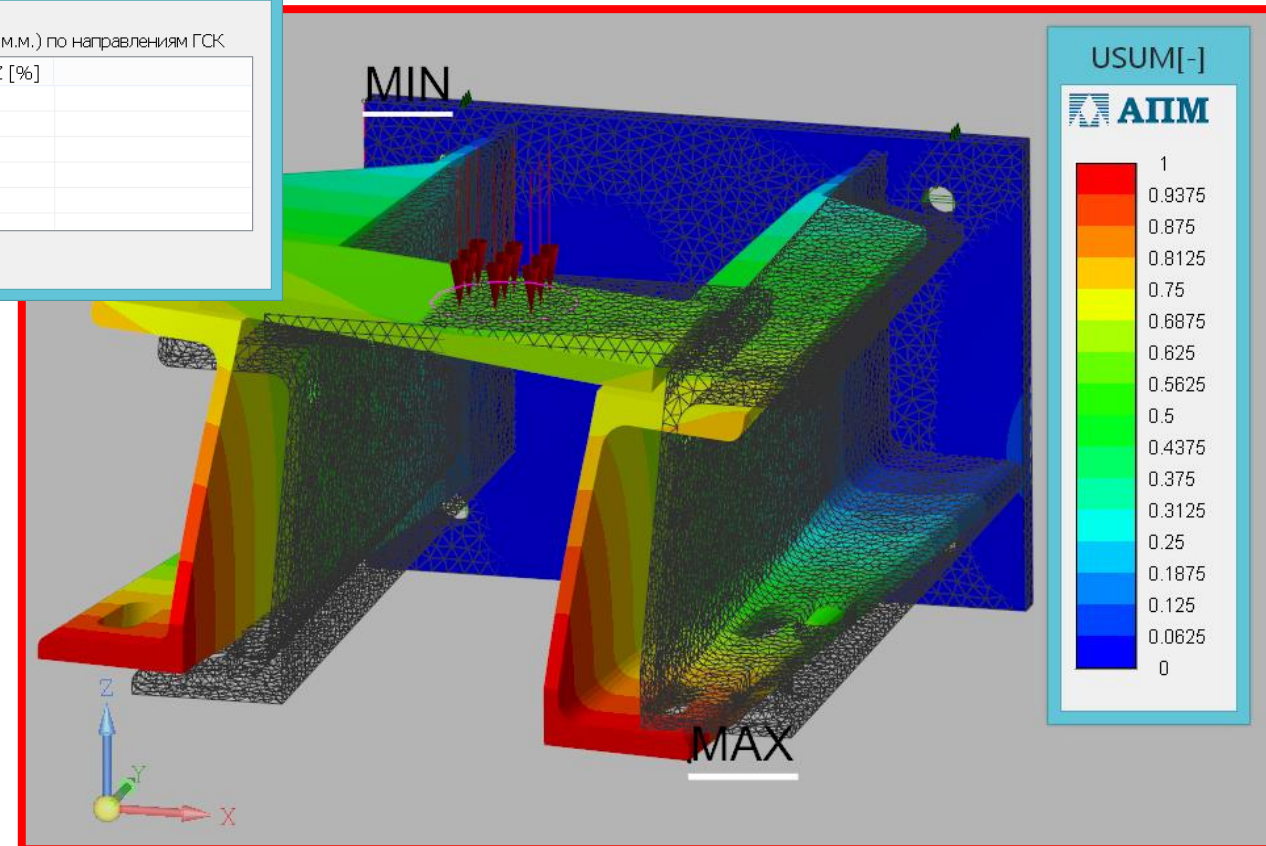
Собственные частоты

Модальные массы (м.м.) и суммы модальных масс (с.м.м.) по направлениям ГСК

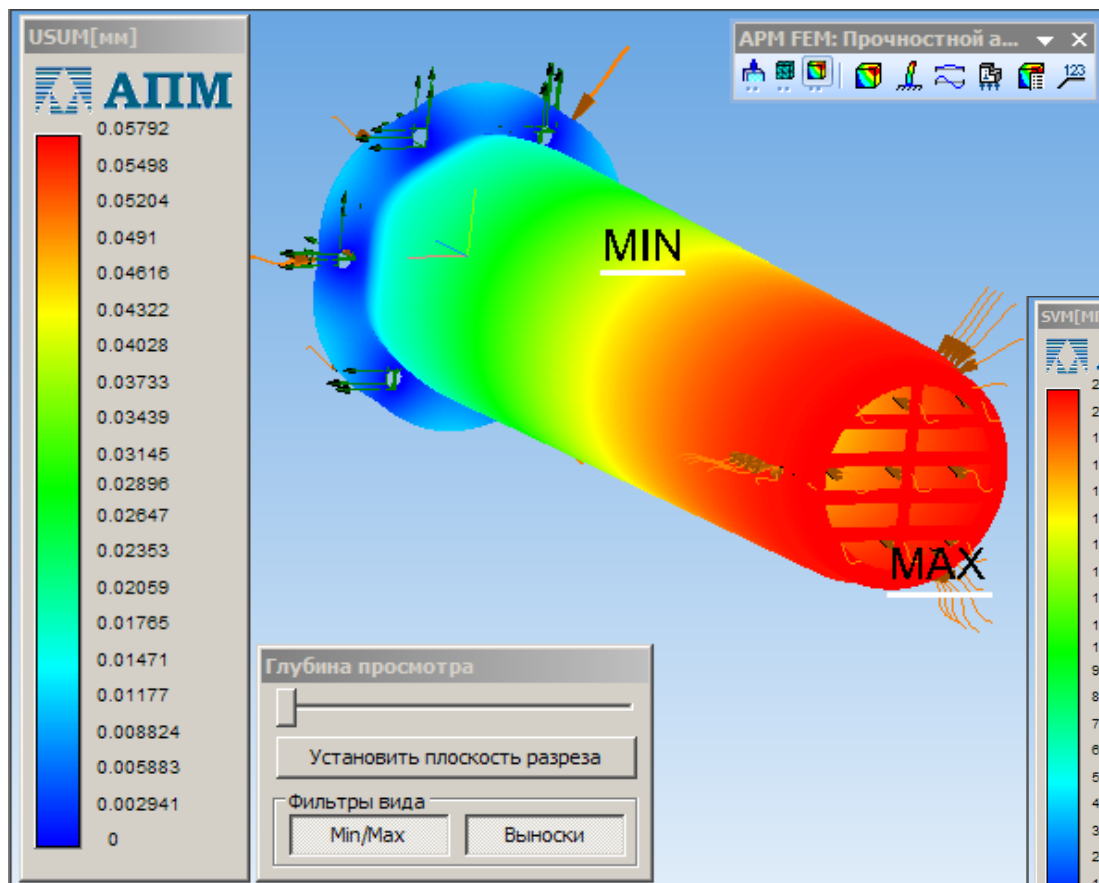
N	[рад/с]	[Гц]	[с]	м.м. X [%]	с.м.м. X [%]	м.м. Y [%]	с.м.м. Y [%]	м.м. Z [%]	с.м.м. Z [%]
1	1446.66	230.244	0.00434322	51.9	51.9	6.47e-008	6.47e-008	0.001	0.001
2	1693.95	269.601	0.00370919	0.00361	51.9	0.0297	0.0297	9.74	9.74
3	2164.3	344.459	0.00290311	1.99	53.9	4.97e-006	0.0297	9.77e-005	9.74
4	3621.85	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... Закрывать

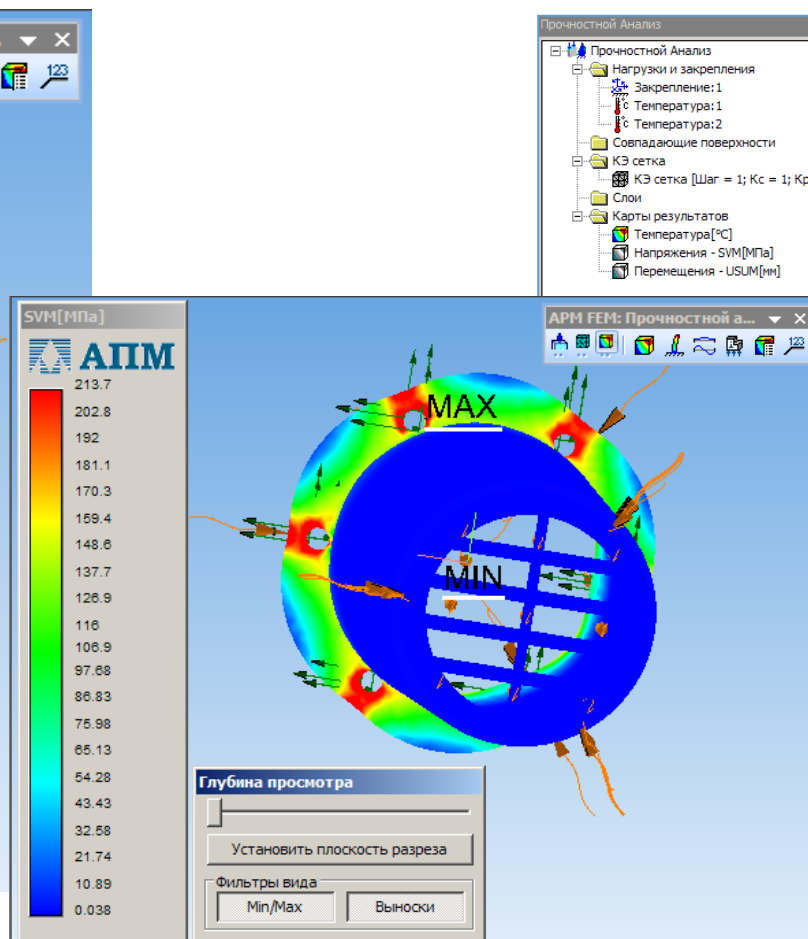
Первая форма
собственных
колебаний



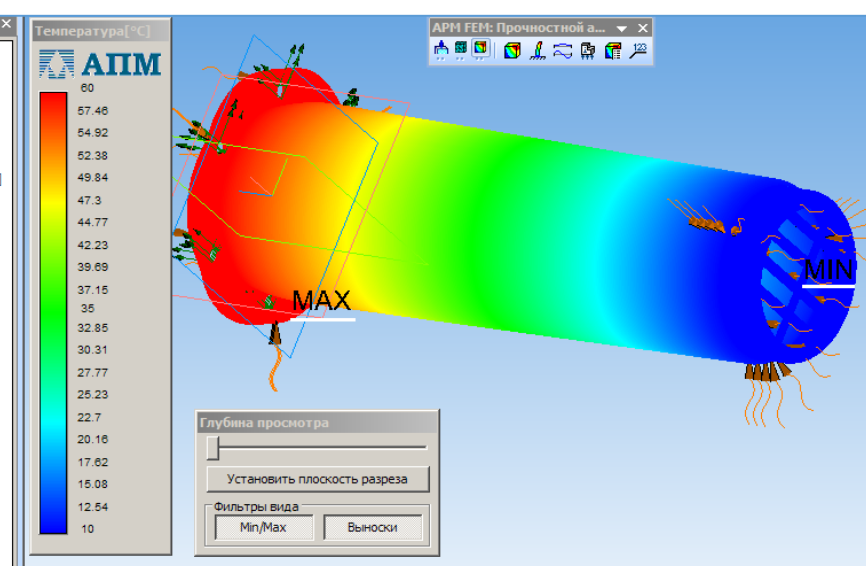
Тепловой расчет. Задача термоупругости



Карта распределения
перемещений



Карта распределения
напряжений



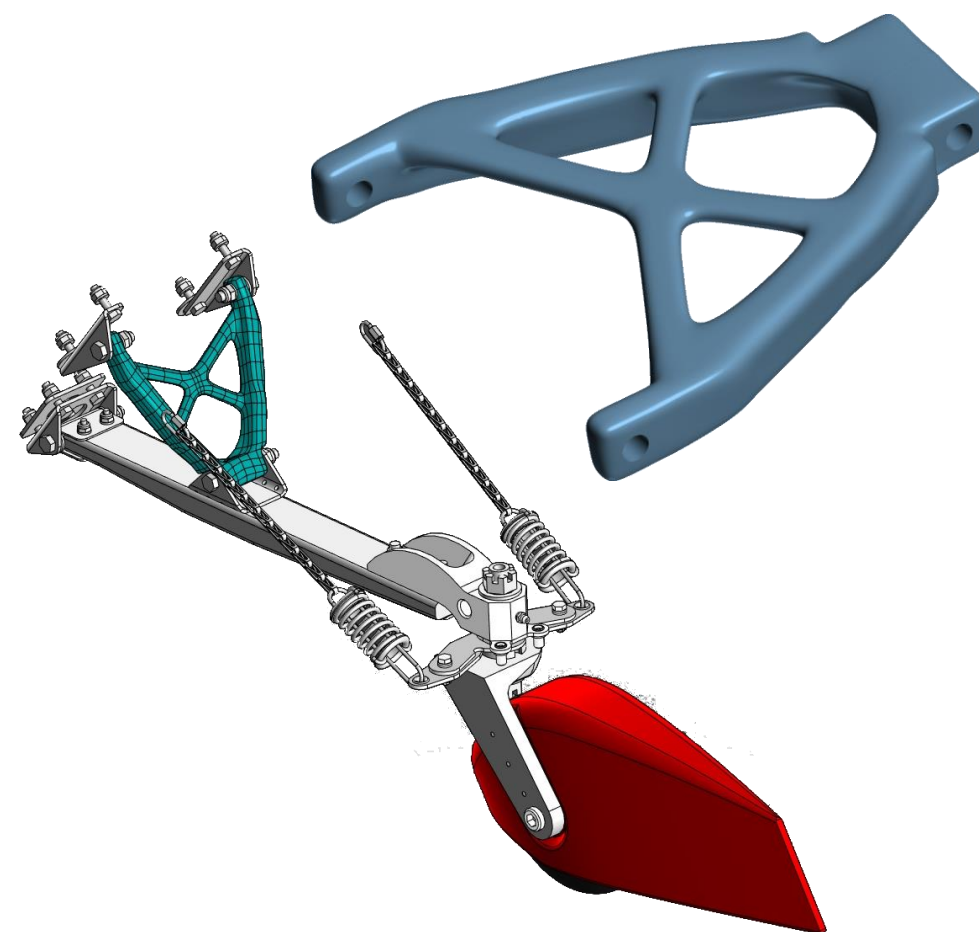
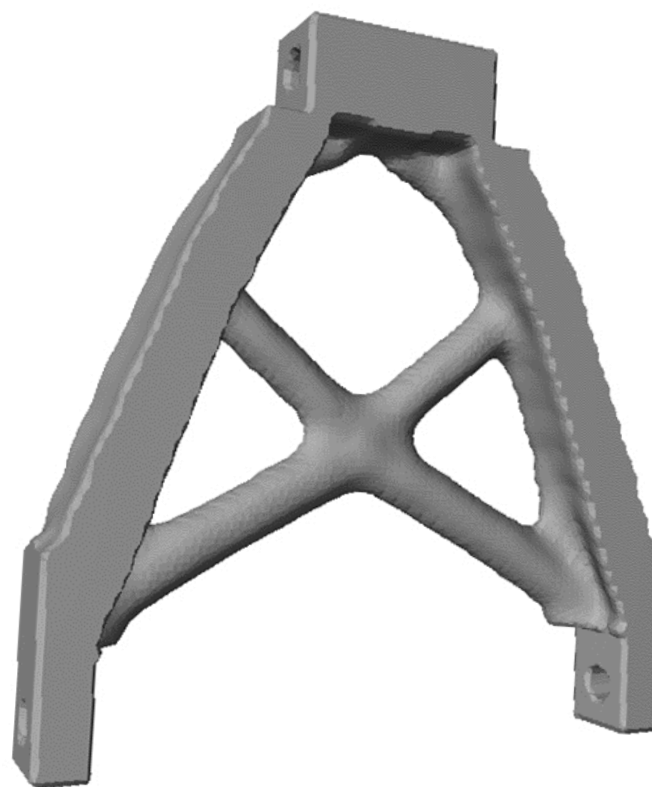
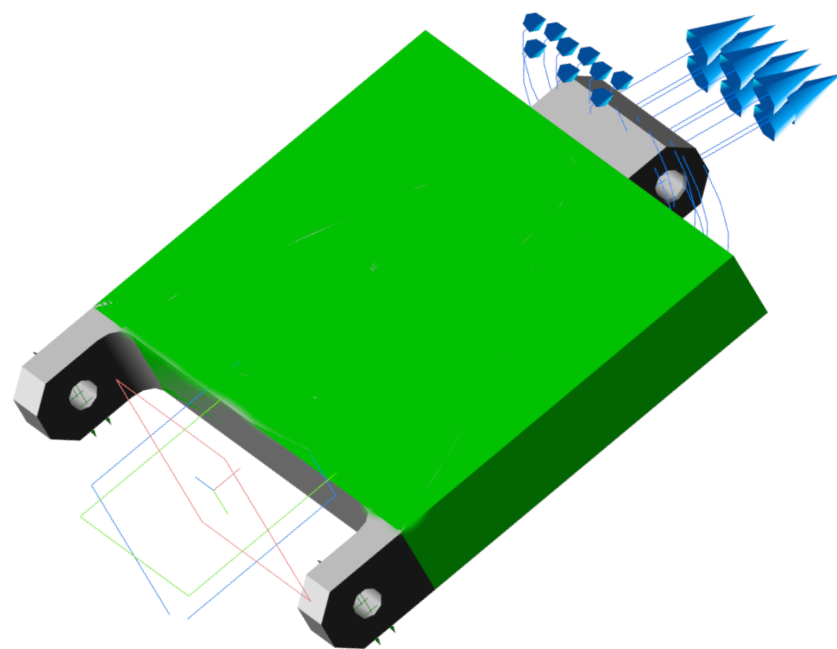
Карта распределения
поля температур

Топологическая оптимизация

Задание исходных данных

Результат оптимизации

Постобработка



- неизменяемая область



- область проектирования

Сохранение файла отчета

Два формата сохранения: *.xml, *.html

Bracket

Информация о проекте

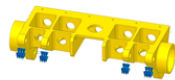
Организация	
Автор	
Дата создания отчета	17.05.2016, 01:56:00
Используемая программа	APM FEM для КОМПАС-3D V16
Путь к файлу	C:\Program Files\ASC\ONKOMPAS-3D V16\Sample Models\Bracket.m3d

Содержание

1. Введение
2. Модель
3. Информация о материале
4. Информация о нагрузках
5. Информация о закреплении
6. Конечно-элементная сетка
7. Результаты
8. Заключение

1) Введение

2) Модель



3) Информация о материале

N	Имя материала	Материал
1	C:\Program Files\ASC\ONKOMPAS-3D V16\Sample Models\Bracket.m3d	Сталь

Наименование материала: Сталь

Предел текучести [МПа]	235	По-у
Модуль упругости (нормальный) [МПа]	200000	По-у
Коэффициент Пуассона	0.3	По-у
Плотность [кг/м³]	7800	По-у
Температурный коэффициент линейного расширения [1/°C]	0.000012	По-у
Теплопроводность [Вт/(м·°C)]	55	По-у
Предел прочности при растяжении [МПа]	410	По-у
Предел выносливости при растяжении [МПа]	209	По-у
Предел выносливости при кручении [МПа]	139	По-у

4) Информация о нагрузках

Наименование	Выборка областей	Параметризация
Распределенная сила: Распределенная сила.1	Грунт: 4	Вектор силы: X = -621.951064; Y Z = -0 Высота: 1500 Н

5) Информация о закреплении

Наименование	Выборка областей	X [мм]	Y [мм]	Z [мм]	Вектор
Закрепление: Закрепление.1	Грунт: 2	Запрещ.	Запрещ.	Запрещ.	-

Закрепление по нормали

Наименование	Выборка областей	По
Закрепление: Закрепление по нормали.1	Грунт: 4	3x

6) Конечно-элементная сетка

Параметры и результаты расчета

Наименование	Значение
Тип элемента	10-я узло-блочная
Максимальная длина стороны элемента [мм]	4
Максимальный коэффициент сужения элементов	1
Коэффициент разрывов и объем	1
Количество конечных элементов	45391
Количество узлов	80554



7) Результаты

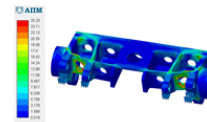
Расчетная среда системы APM FEM для КОМПАС-3D является программным средством «Конечно-элементная программная система APM Studio3D», вышедшее в свет 18.04.2013 г., выпущенной Федеральным службой по интеллектуальной собственности и патентованию (Роспатент), ФГУ «НТИ СРБ»

Информация о характеристиках модели

Наименование	Значение
Масса модели [кг]	1.84227
Центр тяжести модели [м]	(0.02128; 0.013116; -0.000001)
Моменты инерции модели относительно центра масс [кг·м²]	(0.014395; 0.015; 0.00166)
Револьвентный момент относительно центра масс [Н·м]	(0.45823; -0.12355; -55.74)
Суммарная реакция опор [Н]	(420.024309; -403.568622)
Абсолютное значение реакции [Н]	739.796111
Абсолютное значение момента [Н·м]	55.747539

Результаты статического расчета

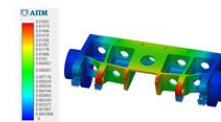
Наименование	Тип	Максимальное значение
Эквивалентное напряжение по Мisesу	SVM [МПа]	0.019



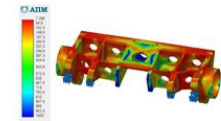
Наименование	Тип	Максимальное значение
Суммарное линейное перемещение	USUM [мм]	0



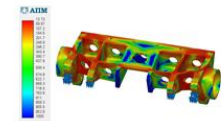
Результаты расчета устойчивости



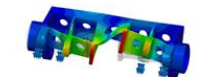
Наименование	Тип	Максимальное значение
Коэффициент запаса по устойчивости		7.297541



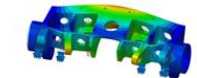
Наименование	Тип	Максимальное значение
Коэффициент запаса по прочности		12.73188



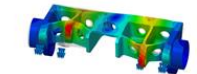
3-я форма собственных колебаний



4-я форма собственных колебаний



5-я форма собственных колебаний



8) Заключение

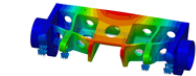
1-я форма потер устойчивости



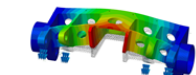
Результаты расчета собственных частот

N	Частота [рад/сек]	Частота [Гц]
1	9746.587764	1551.217621
2	14811.744641	2357.362375
3	15696.947425	2498.246774
4	21072.435927	3353.782341
5	25969.401801	4132.999511

1-я форма собственных колебаний



2-я форма собственных колебаний



Интеграция APM FEM с САЕ-системой APM WinMachine

Если описанных возможностей системы прочностного расчета APM FEM для КОМПАС-3D не хватает для решения Ваших задач, то продолжение расчетного анализа может быть осуществлено путем передачи расчетной модели из КОМПАС-3D в модуль прочностного анализа APM Structure3D, который является расчетным ядром российской САЕ-системы APM WinMachine, разрабатываемой в Научно-техническом центре «АПМ»

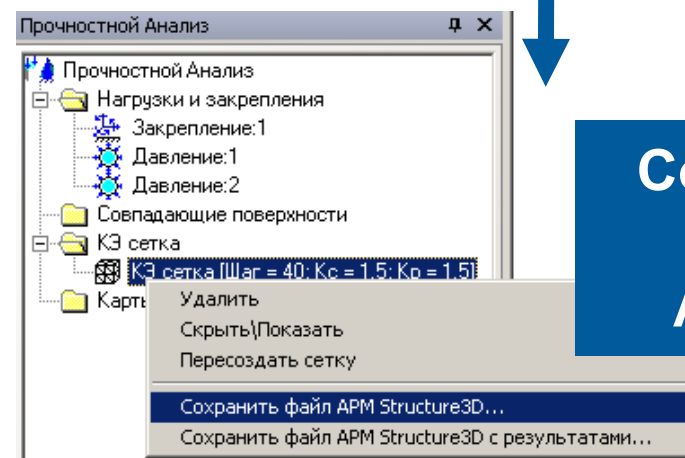
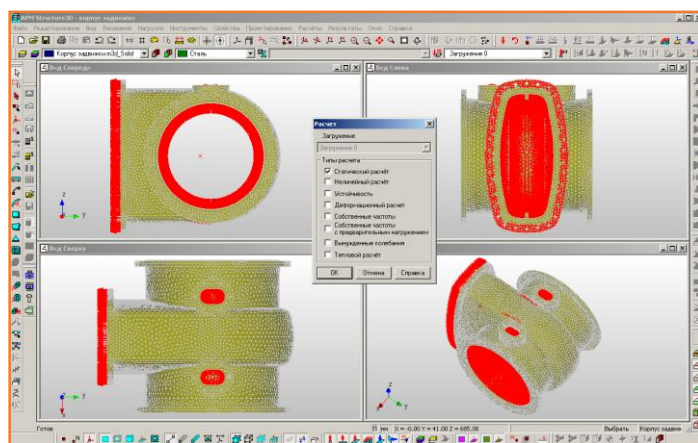
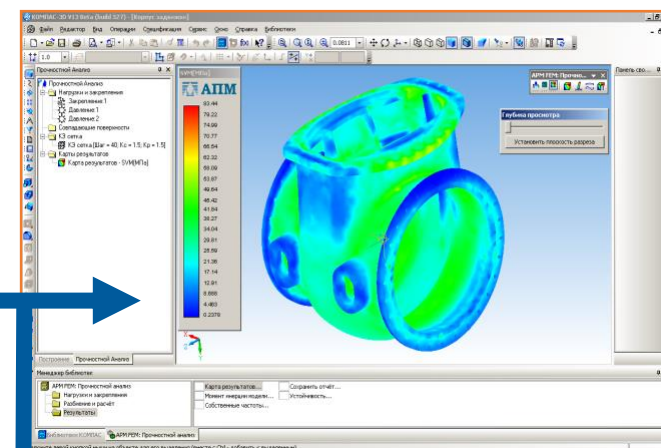
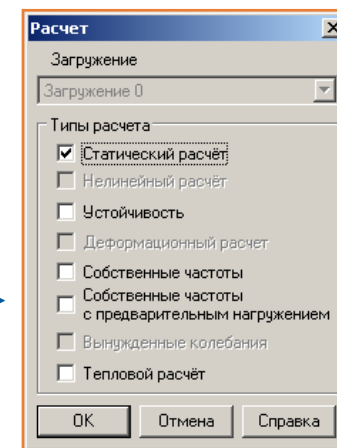
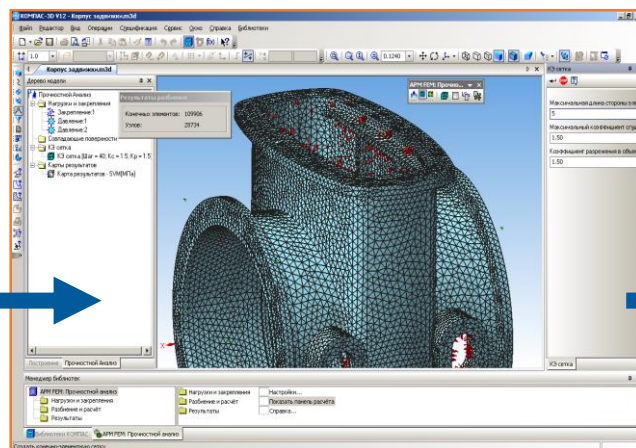
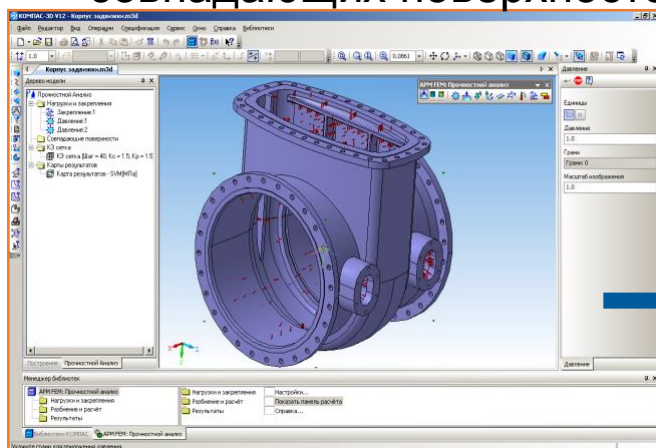
Интеграция APM FEM с САЕ-системой APM WinMachine

Задание граничных условий
(закрепление, нагружение, указание
совпадающих поверхностей)

**Генерация конечно-
элементной сетки**

**Выбор типа
расчета**

**Просмотр результатов
расчета, генерация отчета**



**Сохранение файла
для модуля
APM Structure3D**

Рабочее окно модуля APM Structure3D

Сравнение APM FEM и APM Structure3D по типам применяемых КЭ

APM FEM

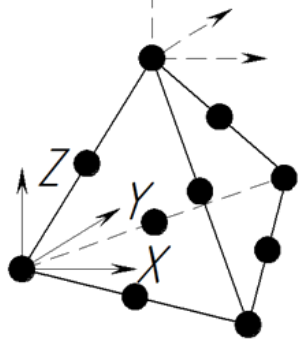
Система прочностного анализа
для КОМПАС-3D

Стержни - нет

Пластины – доп. опция

Твердотельные элементы

Специальные элементы - нет

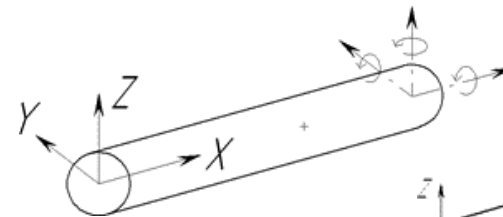


APM Structure3D

Модуль расчета напряженно-деформированного состояния, устойчивости,
собственных и вынужденных колебаний деталей и конструкций

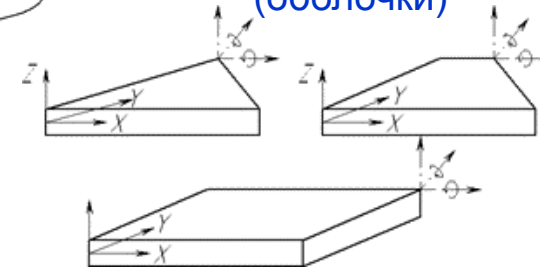
Стержни

тип: балка, ферма, канат
(произвольное поперечное сечение)

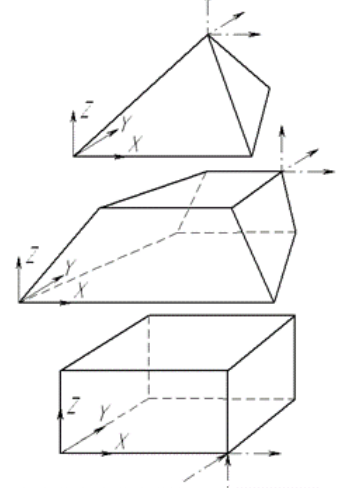


Пластины

(оболочки)



Твердотельные
элементы

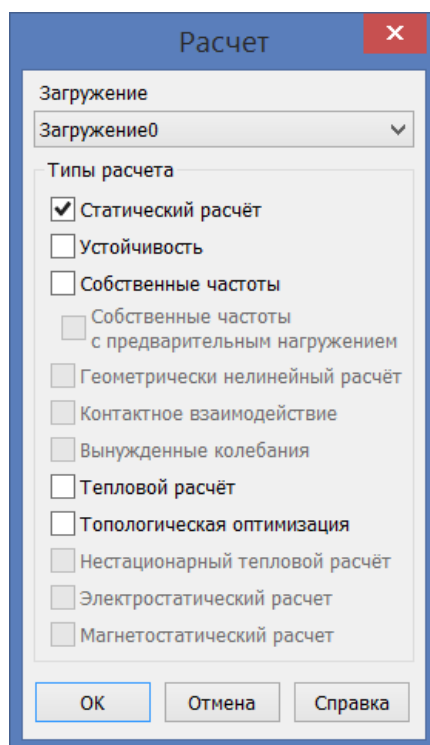
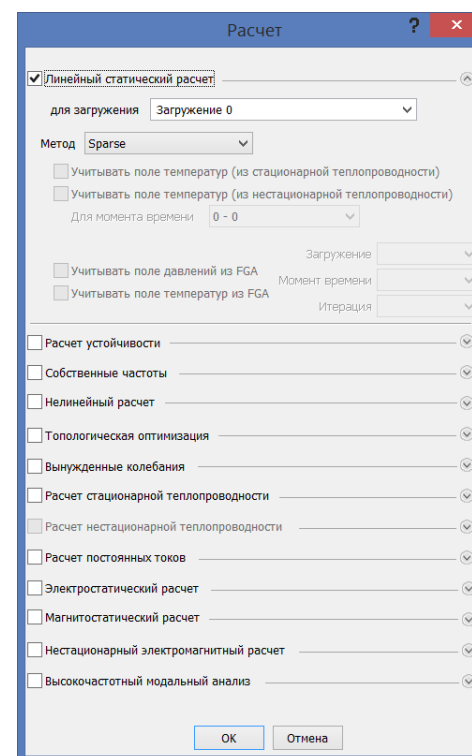


Специальные элементы

Упругие связи, упругие опоры, контактные элементы,
сосредоточенные массы и моменты инерции

Сравнение APM FEM и APM Structure3D

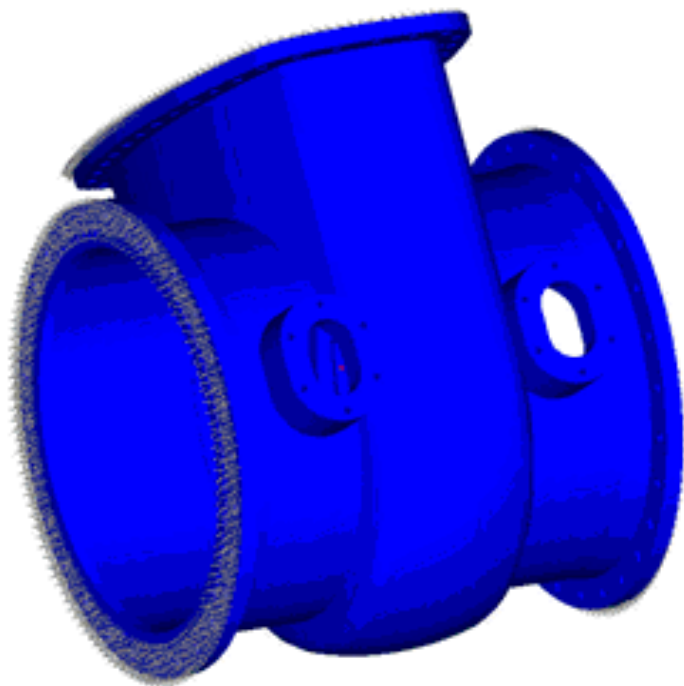
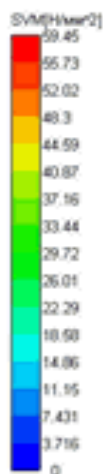
по типам проводимых расчетов

APM FEMСистема прочностного анализа
для КОМПАС-3D**APM Structure3D**Модуль расчета напряженно-деформированного состояния, устойчивости,
собственных и вынужденных колебаний деталей и конструкций

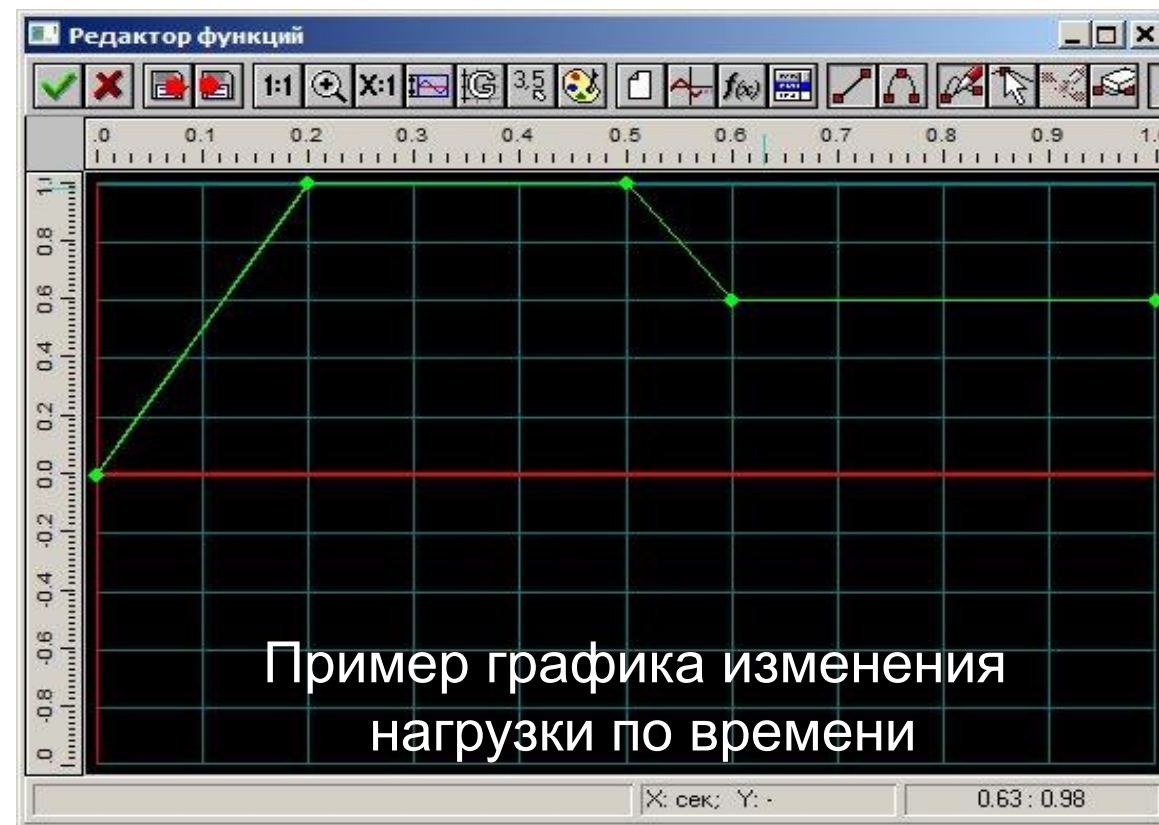
APM Structure3D
предоставляет
пользователю
возможности
для углубленного
и расширенного
анализа конструкций

Интеграция APM FEM с САЕ-системой APM WinMachine

Пример вывода результатов расчета вынужденных колебаний, который можно провести ТОЛЬКО в модуле APM Structure3D



Анимация карты напряженного состояния после проведенного расчета на вынужденные колебания



**Когда РЕКОМЕНДУЕТСЯ применять
систему АРМ FEM ?**



Объекты, для которых рекомендуется применение системы АРМ FEM

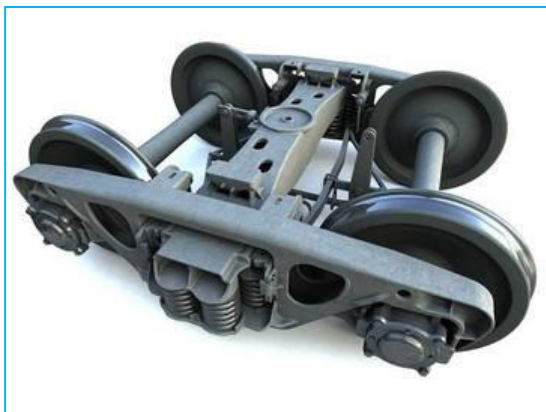
Арматура и элементы трубопроводов



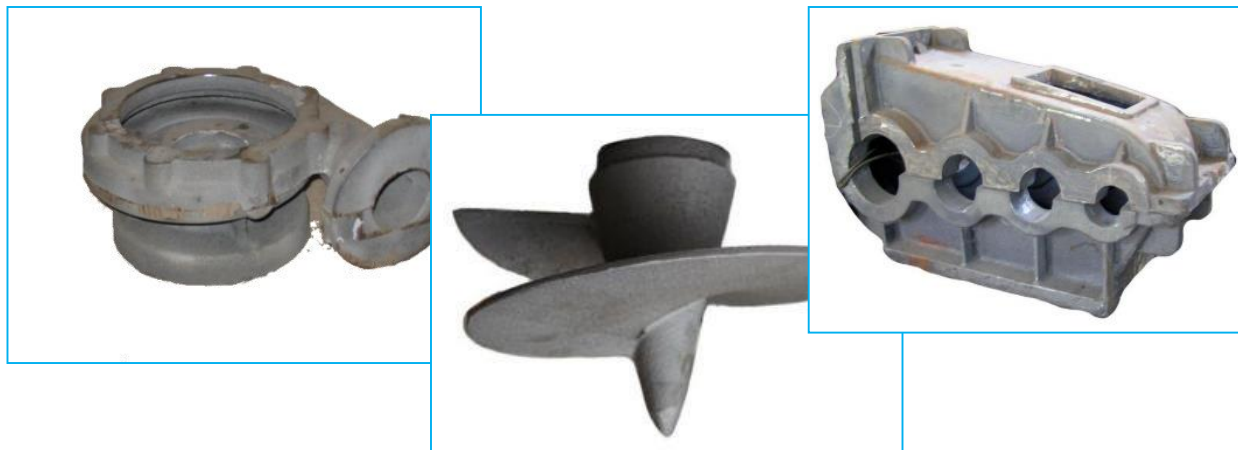
Устройства удержания и закрепления



Элементы железнодорожного подвижного состава



Корпусные детали различных машин и их частей



Элементы автомобилей



И тому подобное...

Объекты, для которых НЕ рекомендуется применение системы АРМ FEM

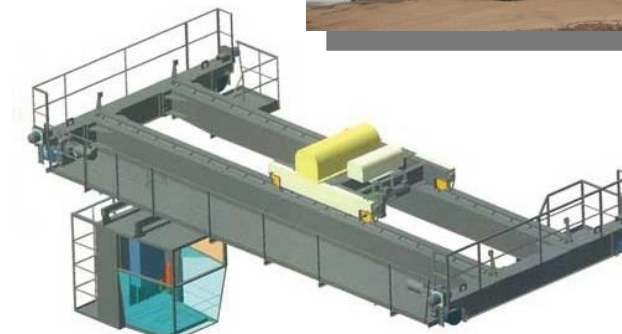
Сборки с большим количеством
разноразмерных деталей



Строительные
металлоконструкции
и конструкции из тонкого
листового металла



Крановые конструкции
в сборе



Изделия из эластичных
НЕметаллических материалов



И тому подобное...



Преимущества использования системы АРМ FEM

- **Единый интерфейс КОМПАС-3D**

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

- **Единое геометрическое ядро**

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

- **Приемлемая цена**

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

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

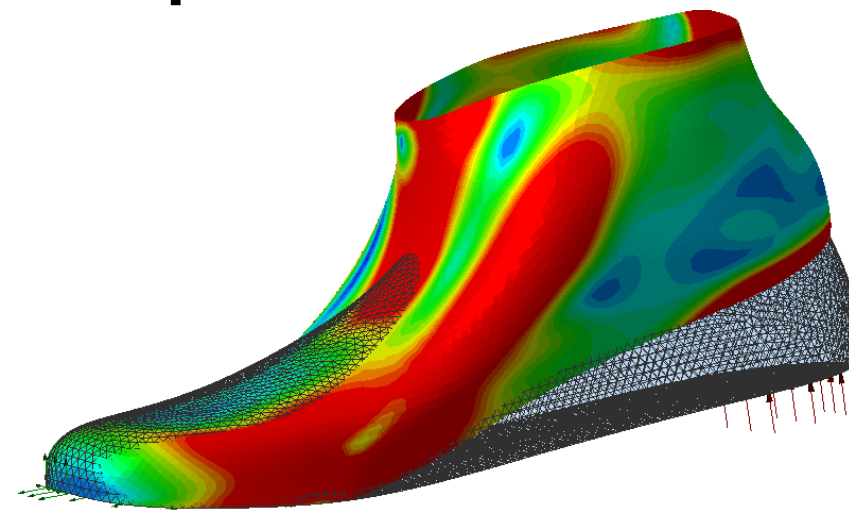
При возникновении необходимости анализа прочности сложных деталей и сборок с учетом нелинейного поведения материала или элементов конструкции, а также для решения задач динамического анализа **подготовленная расчетная задача может быть передана в модуль прочностного анализа системы АРМ WinMachine**

- **Техническое сопровождение**

Так как компания-разработчик находится в России, всегда есть возможность получать своевременную квалифицированную помощь по всем вопросам, возникающим при решении реальных расчетных задач

APM FEM v19, ...

- Автоопределение шага разбиения
- Применение новых граничных условий без повторной генерации КЭ-сетки
- Упругие опоры
- Возможность разбиения отдельно каждой детали в сборке
- ...



Спасибо за внимание!

Научно-технический центр «АПМ»

Адрес: 141070, Московская обл., г. Королев, Октябрьский бульвар, дом 14, офис №6

Тел.: +7(495) 120-58-10

E-mail: com@apm.ru

www.apm.ru