



**АПМ**

ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ  
ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ  
И СТРОИТЕЛЬСТВА



# Российские САЕ-системы на службе промышленности<sup>2020</sup>

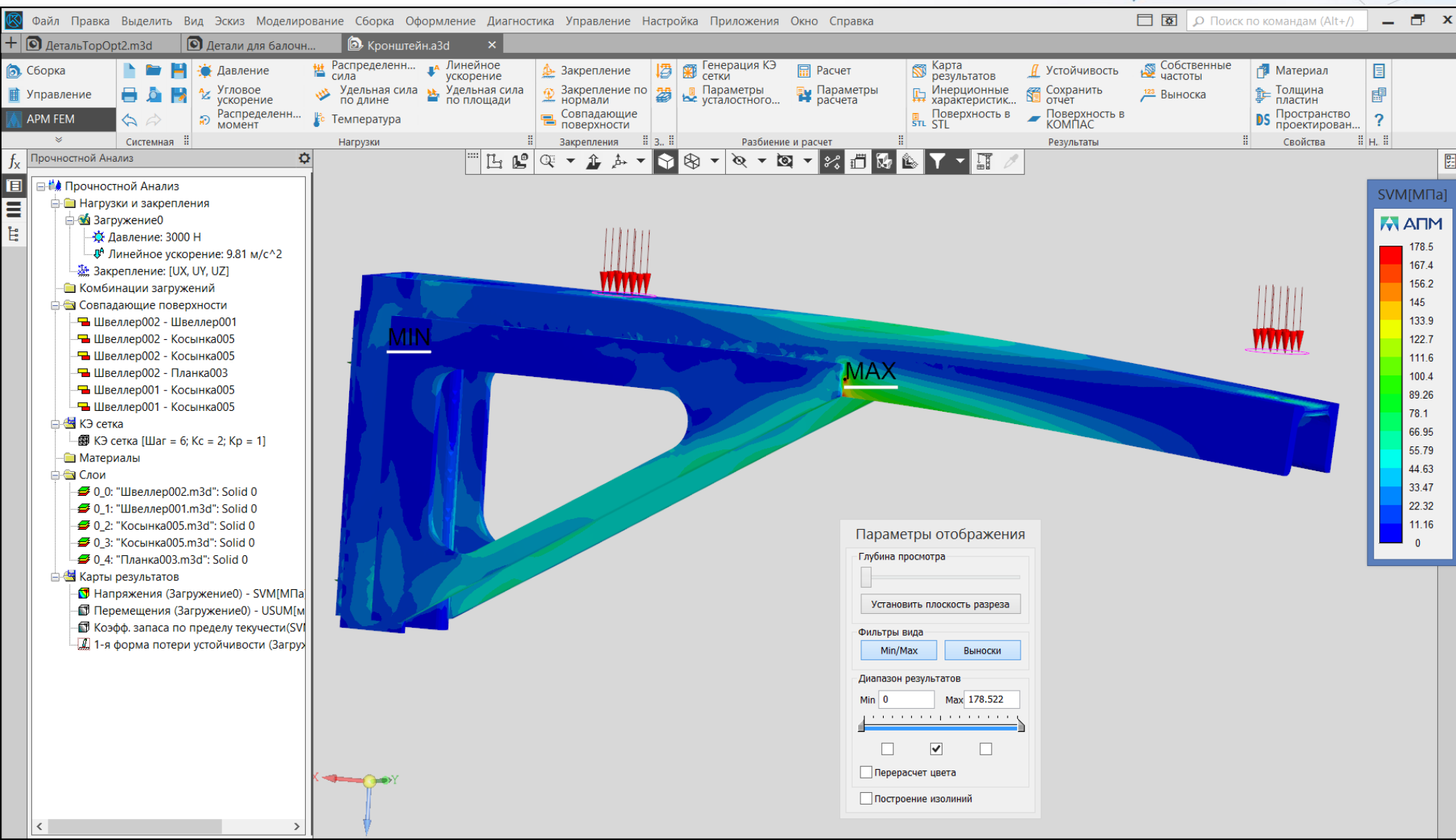
## Система прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D

Степень погружения... или что могут САЕ-системы, встроенные в CAD?

Сергей Розинский



НТЦ «АПМ» - ведущий разработчик ПО для инженерных расчетов



Главный  
плюс  
АРМ FEM  
это работа  
в окне  
КОМПАС!





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

# СТАРТ

# ФИНИШ

Подключаем  
приложение  
APM FEM

Определяем  
совпадающие  
поверхности

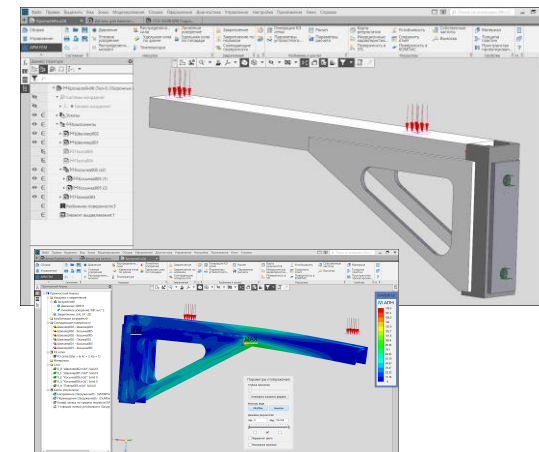
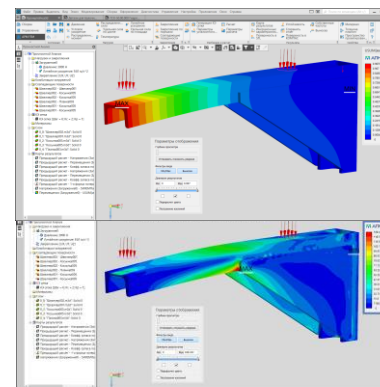
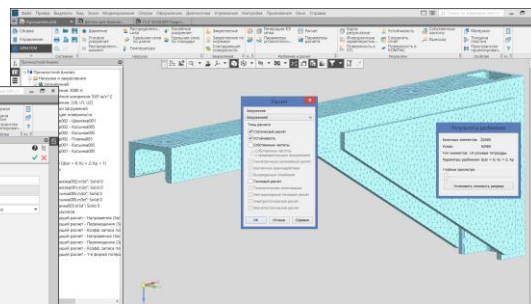
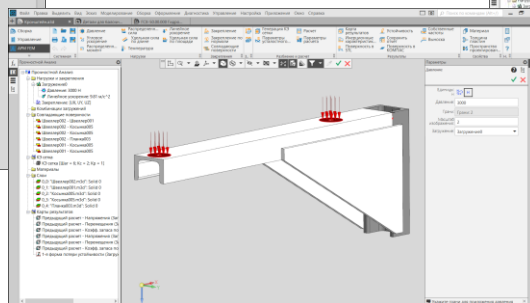
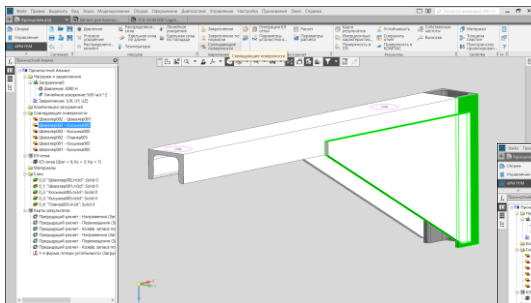
Вводим  
граничные  
условия

Генерируем  
КЭ-сетку

Запускаем  
необходимый  
расчет

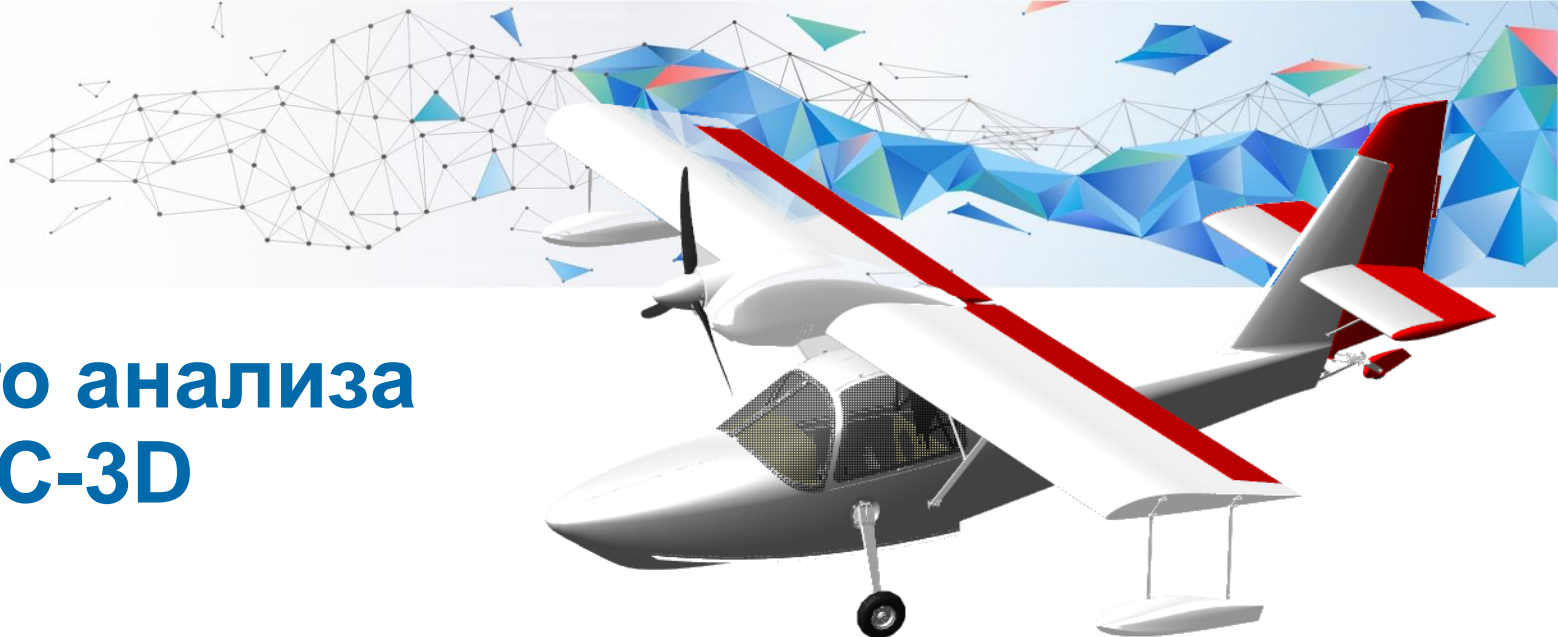
Выводим  
результаты  
расчета

Меняем модель,  
делаем проверку  
новой конструкции



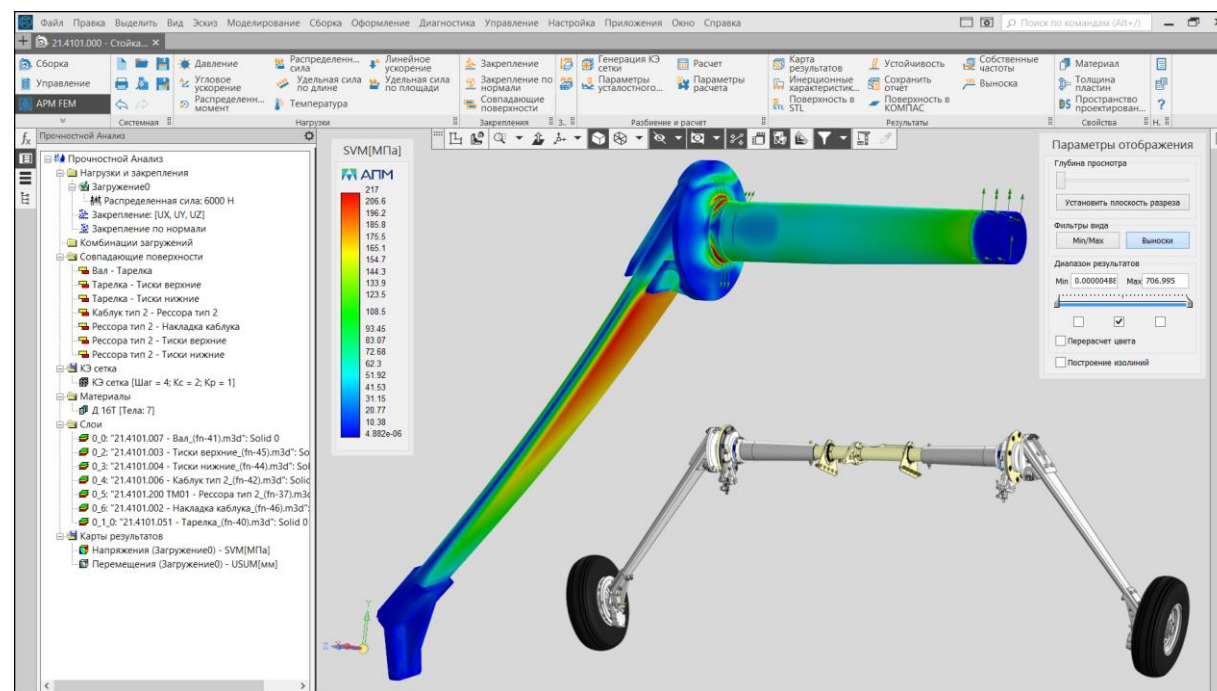


# Система прочностного анализа APM FEM для КОМПАС-3D



## Типы расчетов:

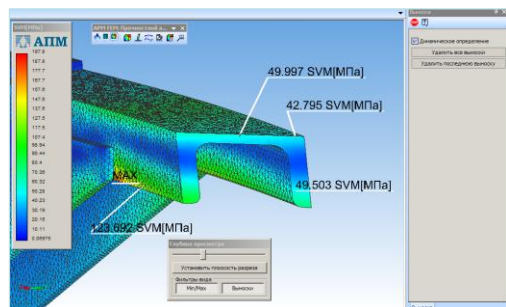
- Линейный статический расчет
- Усталостный расчет
- Расчет устойчивости
- Расчет собственных частот (резонанса) и собственных форм колебаний
- Решение задачи стационарной теплопроводности
- Решение задачи термоупругости (при совместном выполнении статического и теплового расчетов)
- Топологическая оптимизация



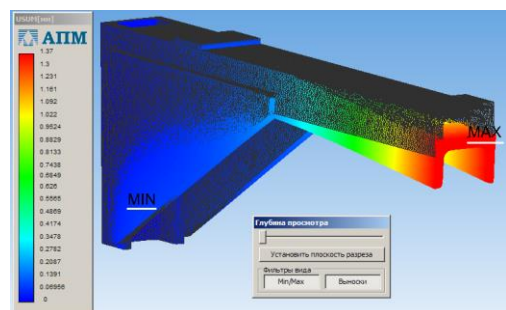


# Представление результатов расчета

## Статический расчет



Напряжения SVM, МПа



Перемещения USUM, мм

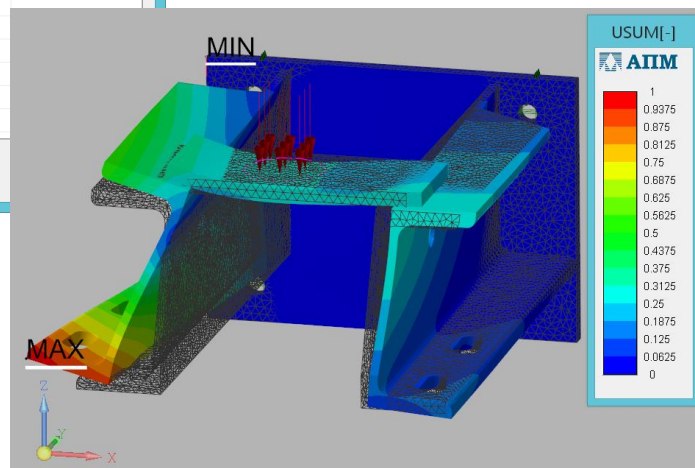
## Устойчивость

Устойчивость

Коэффициенты запаса  
потери устойчивости

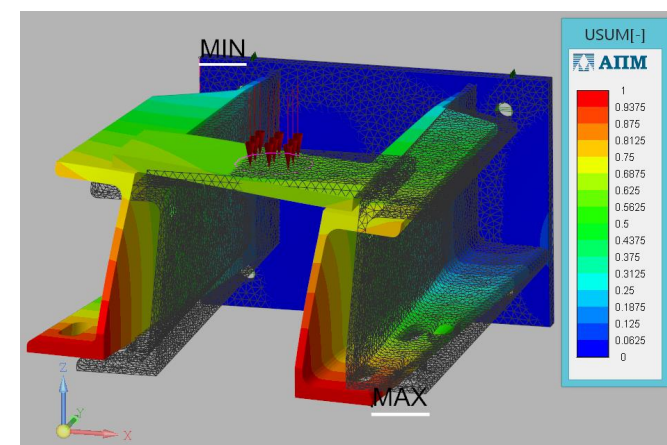
N	[-]
1	94.5998
2	107.625
3	197.83
4	230.978
5	446.016

Форма...



1-я форма потери устойчивости

## Собственные частоты



Частоты собственных колебаний

N	Собственные частоты			Модальные массы (мм.) и суммы модальных масс (с.м.) по направлениям ГСК					
	[рад/с]	[Гц]	[с]	мм. X [%]	с.м. X [%]	мм. Y [%]	с.м. Y [%]	мм. Z [%]	с.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

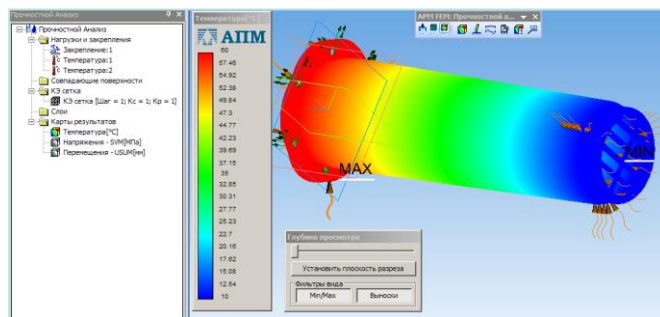
Форма... Закреть

1-я форма  
собственных колебаний

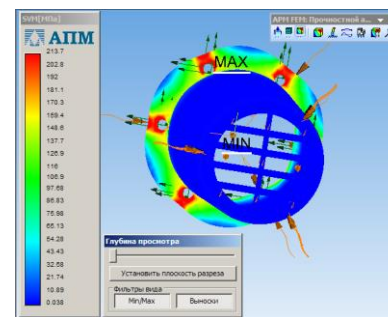


# Представление результатов расчета

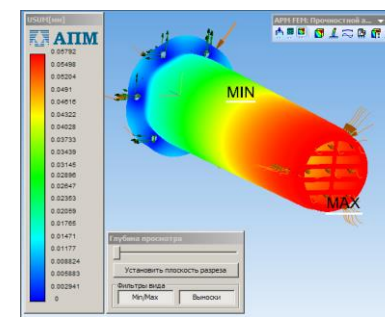
Тепловой расчет



Карта температур

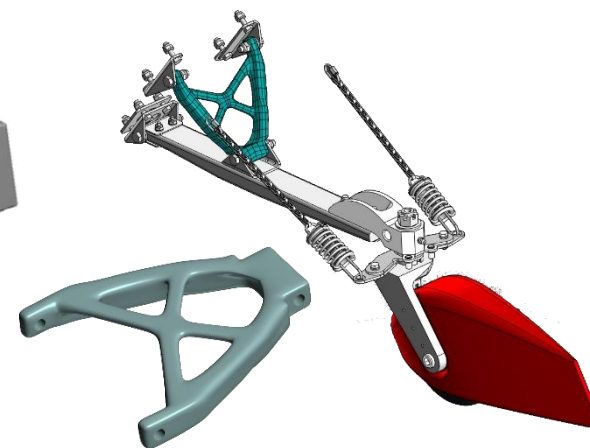
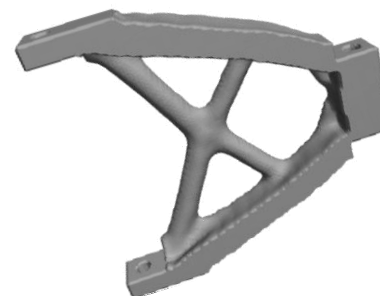
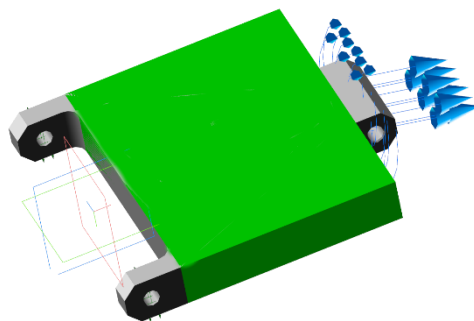
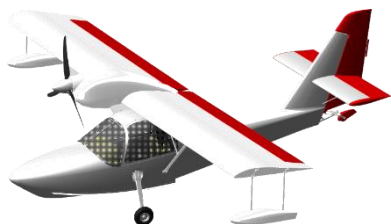


Напряжения



Перемещения

Топологическая оптимизация



Исходные данные

Результат

Постобработка





Два формата сохранения файла отчета: \*.xml, \*.html





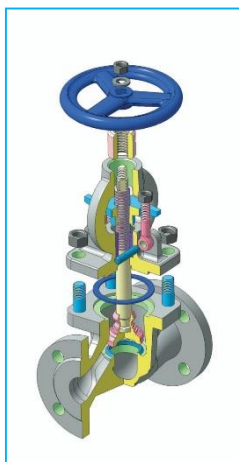


# **Демонстрация работы Системы прочностного анализа APM FEM для КОМПАС-3D**

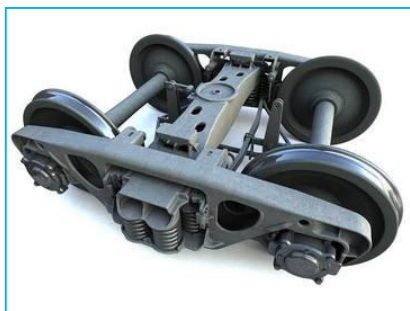


## Объекты, для которых **рекомендуется** применение APM FEM

### Арматура и элементы трубопроводов



### Элементы железнодорожного подвижного состава



### Корпусные детали различных машин и их частей



### Элементы автомобилей



И тому подобное...



## Объекты, для которых **не рекомендуется** применение АРМ FEM

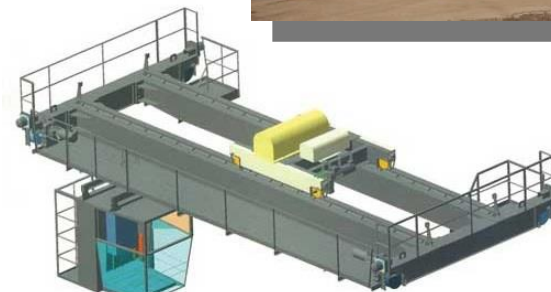
Сборки с большим количеством  
разноразмерных деталей



Строительные металлоконструкции  
и конструкции из тонкого листового металла



Крановые конструкции  
в сборе



Изделия из эластичных  
неметаллических материалов



И тому подобное...





## Интеграция APM FEM и APM WinMachine

Если возможностей APM FEM для КОМПАС-3D 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»**)







## Сравнение применяемых типов конечных элементов

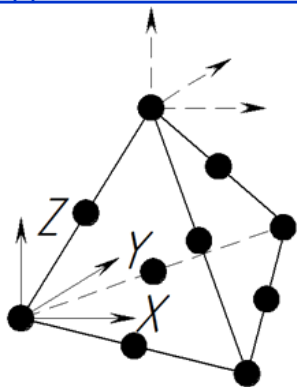
### APM FEM

Система прочностного анализа  
для КОМПАС-3D

Стержни - нет

Пластины – доп. опция

Твердотельные элементы



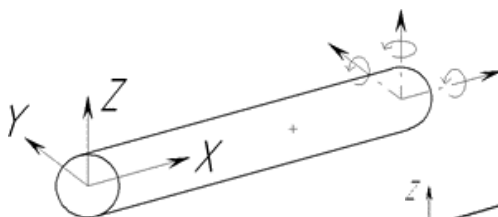
Специальные элементы - нет

### APM Structure3D

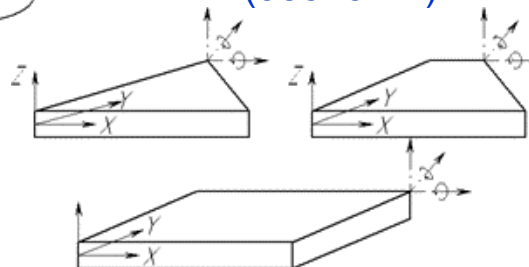
Модуль расчета напряженно-деформированного состояния, устойчивости,  
собственных и вынужденных колебаний деталей и конструкций

Стержни

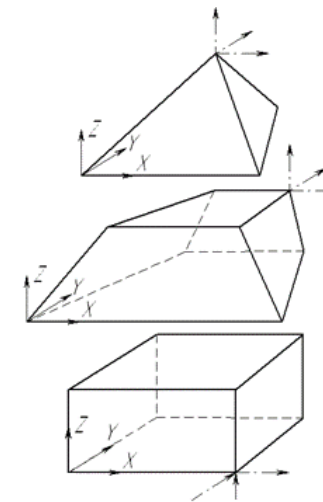
тип: балка, ферма, канат  
(произвольное поперечное сечение)



Пластины  
(оболочки)



Твердотельные  
элементы



Специальные элементы

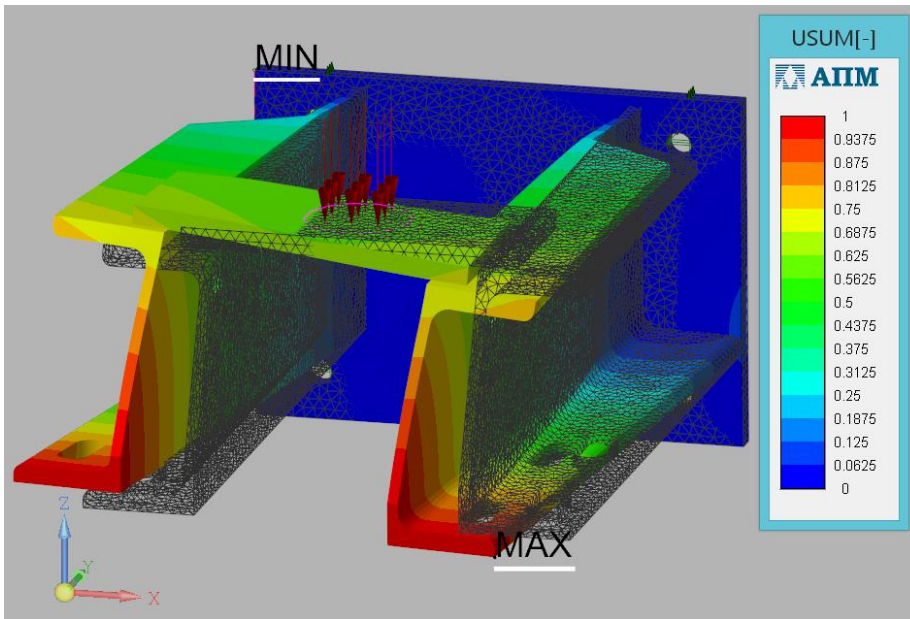
Упругие связи, упругие опоры, контактные элементы,  
сосредоточенные массы и моменты инерции



## СРАВНЕНИЕ РЕШАЕМЫХ ЗАДАЧ с использованием МКЭ

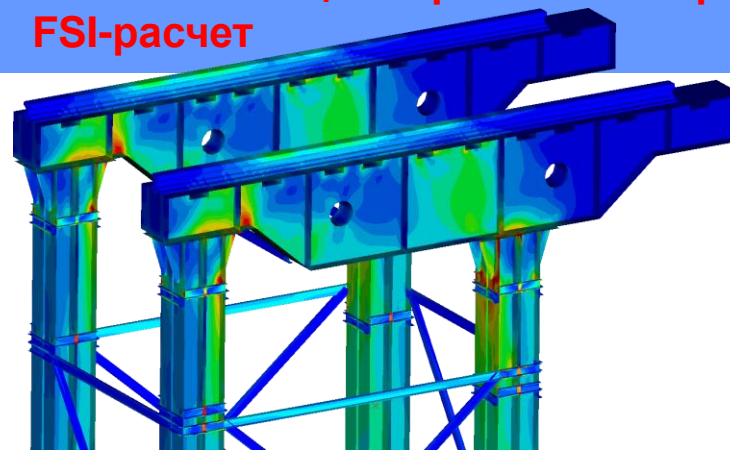
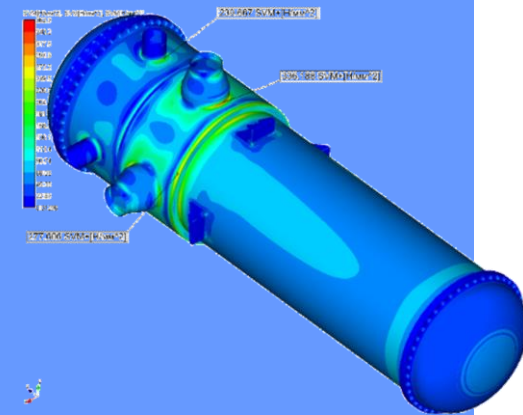
### Перечень расчетов в APM FEM

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



### Перечень расчетов в APM WinMachine

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



## Некоторые новинки будущей 19-й версии APM FEM

### Общие изменения

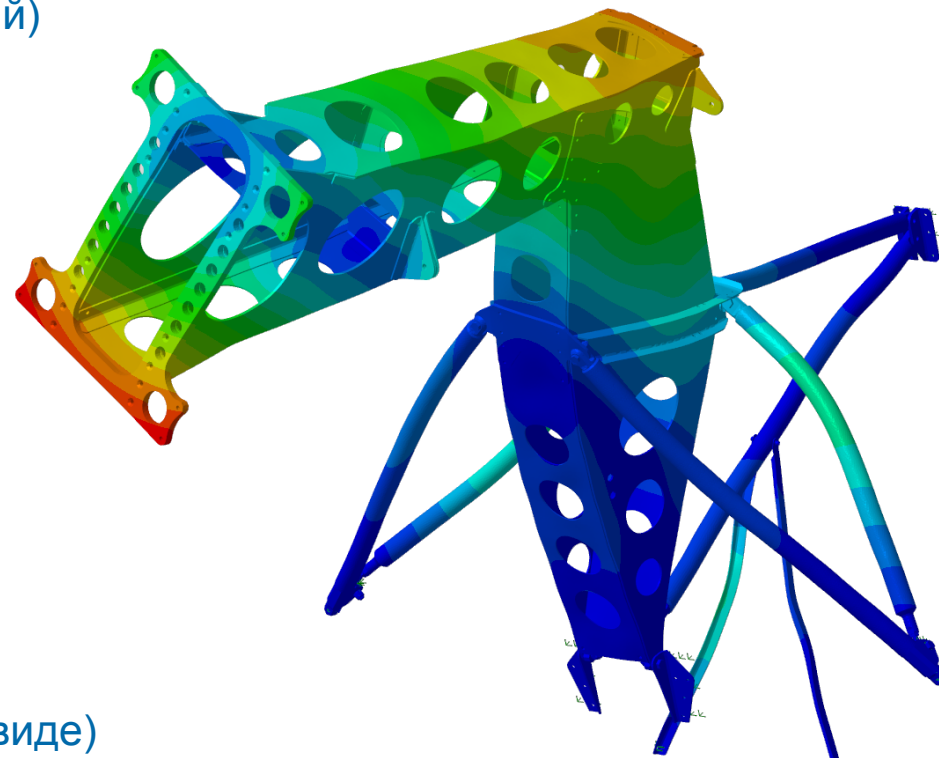
- ✓ Изменение граничных условий (материалов, нагрузок, закреплений) без регенерации КЭ-сетки.
- ✓ Поддержка работы с ПОЛИНОМ
- ✓ Развитие инструментов топологической оптимизации
- ✓ Цветовой фильтр толщин для поверхностных моделей

### Граничные условия

- ✓ Гидростатическое давление
- ✓ Новые типы контакта «склейка» и «жесткие вставки»
- ✓ Упругие опоры

### Результаты

- ✓ Анимация всех карт результатов
- ✓ Вывод реакций в опорах (на каждую опору в дереве в табличном виде)
- ✓ Инструмент - «Измеритель расстояний» на карте результатов
- ✓ Вывод эпюр по траектории (по пути)





# 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)**