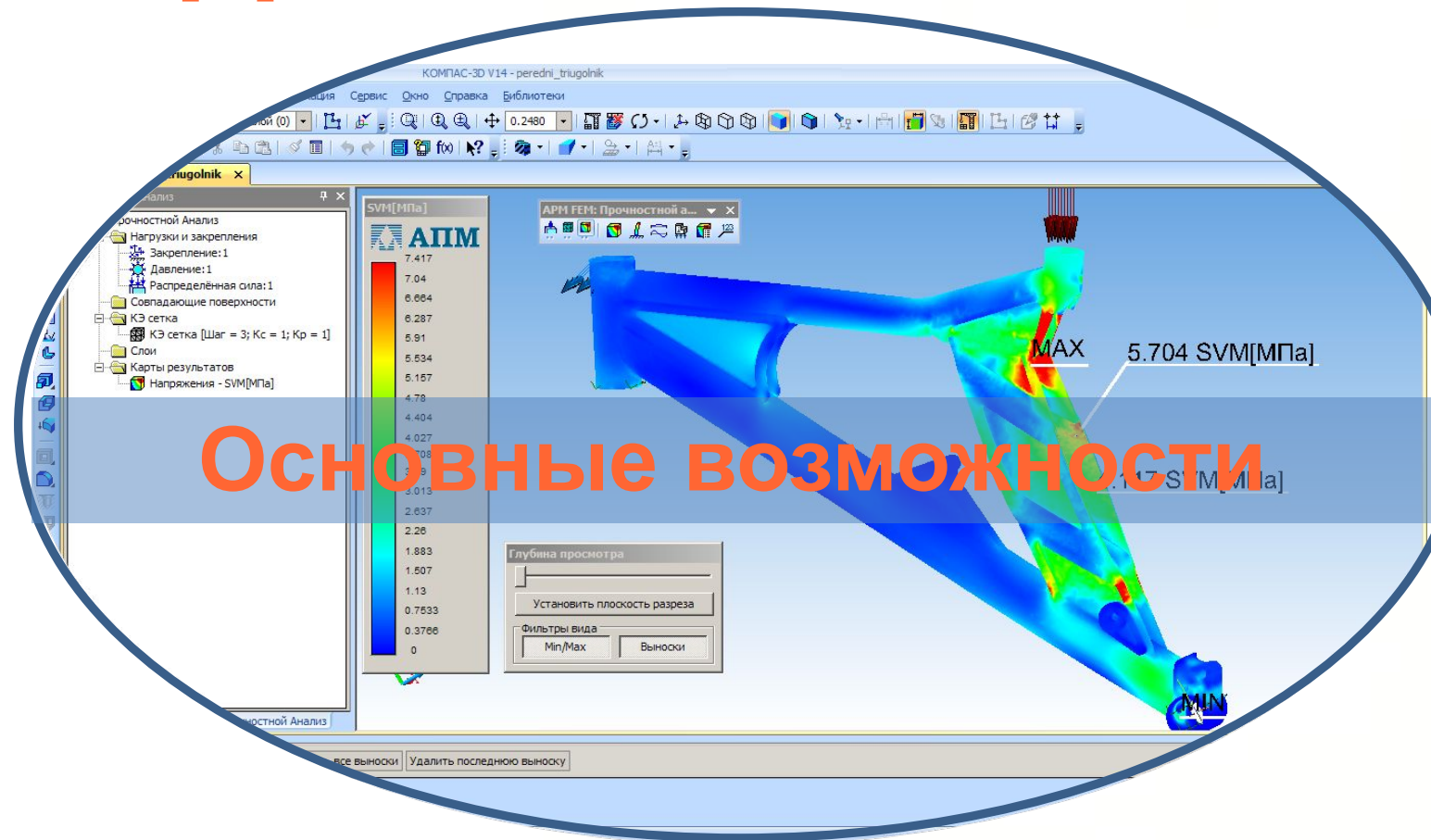


# АРМ FEM

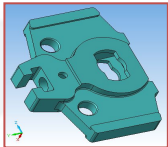
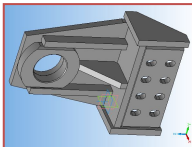
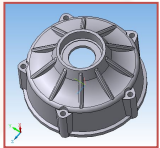
## Система прочностного анализа для КОМПАС-3D



# 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!



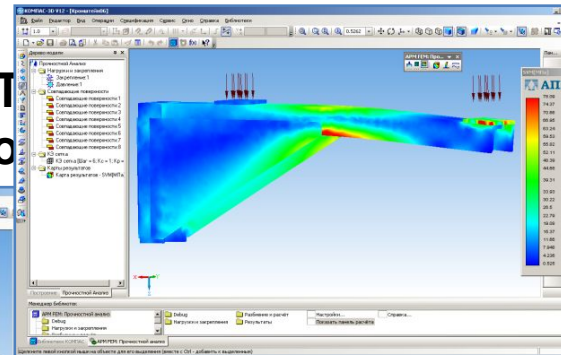
## Основная задача АРМ FEM

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.

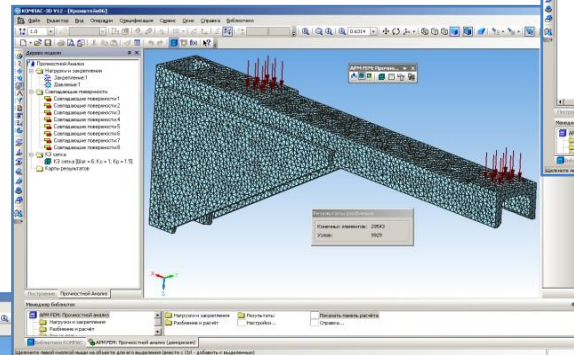
Примеры объектов – тяги, проушины, упоры, кронштейны, уголки, рычаги, корпусные детали, опорные элементы и т.п.

# Основные шаги...

**Шаг 6** ПРОСМОТ  
карт результатов

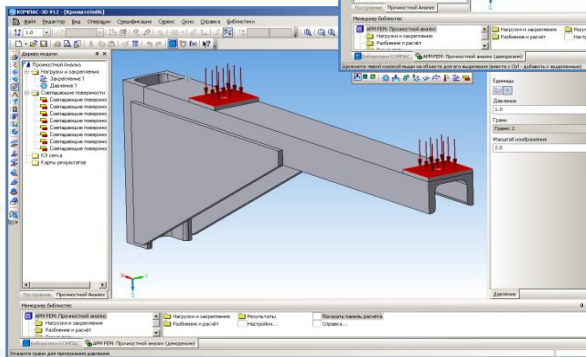


**Шаг 5**  
ГЕНЕРАЦИЯ

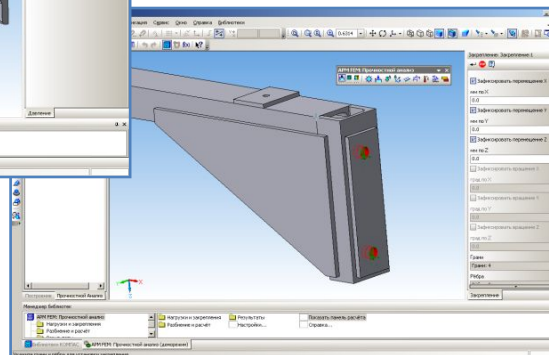


Работа по подготовке моделей к расчету, выполнение расчетов и визуализация результатов происходит непосредственно в окне КОМПАС-3D!

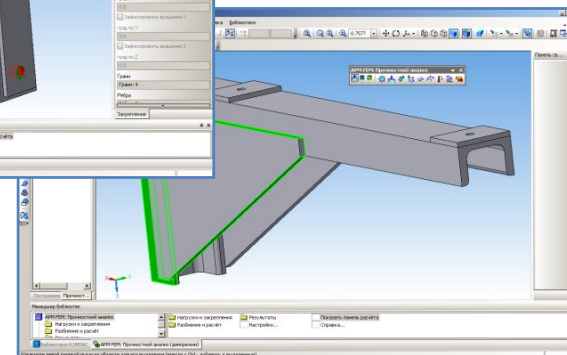
**Шаг 4**  
ВВОД  
нагрузок



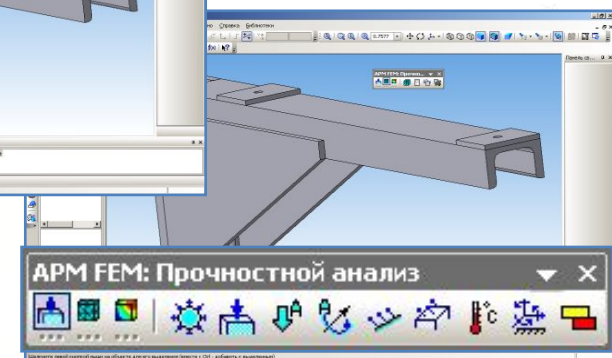
**Шаг 3**  
УСТАНОВКА  
опор



**Шаг 2** ЗАДАНИЕ  
совпадающих  
поверхностей



**Шаг 1**  
ПОДКЛЮЧЕНИЕ  
библиотеки ARM FEM



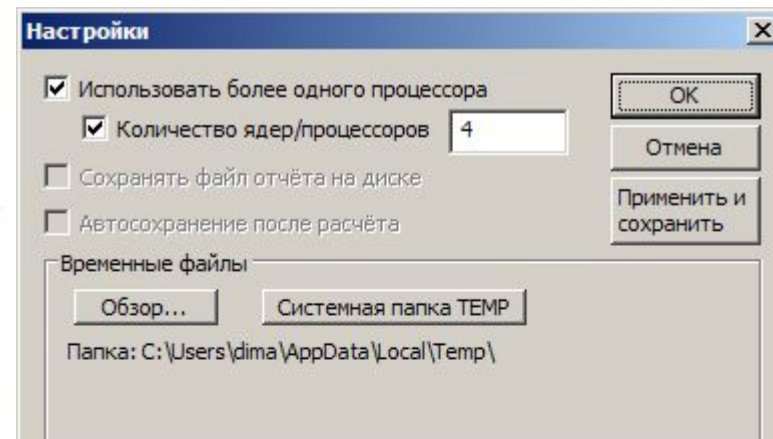


# Основные возможности

## Настройки APM FEM

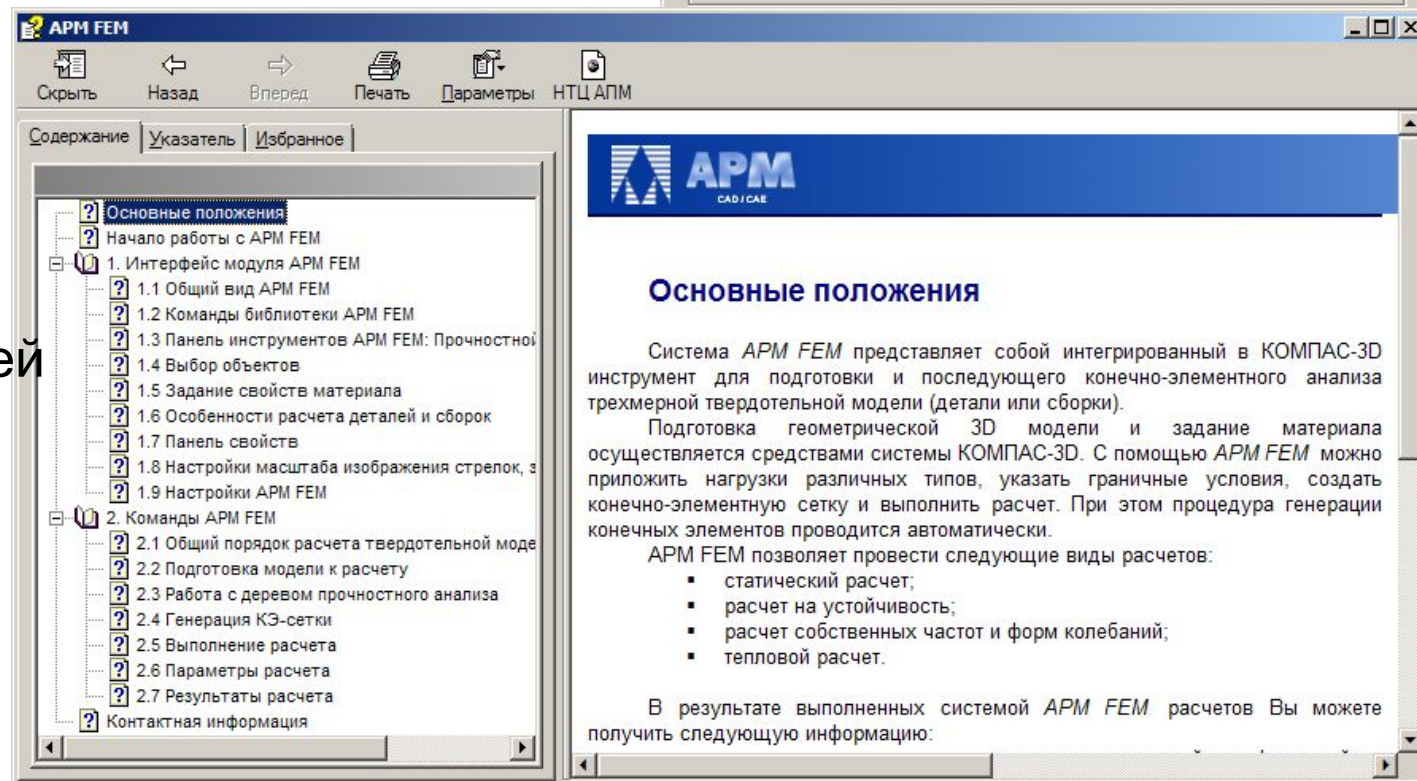
Выбор количества ядер/процессоров для проведения процедуры вычислений

Настройка места хранения временных файлов



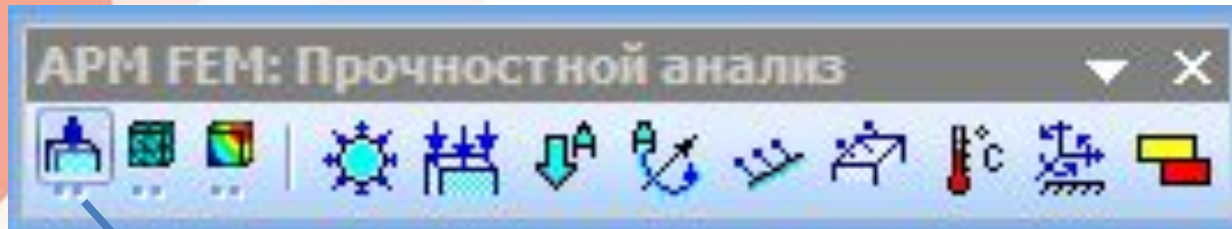
## Справка...

Описание основных интерфейсных и расчетных возможностей библиотеки



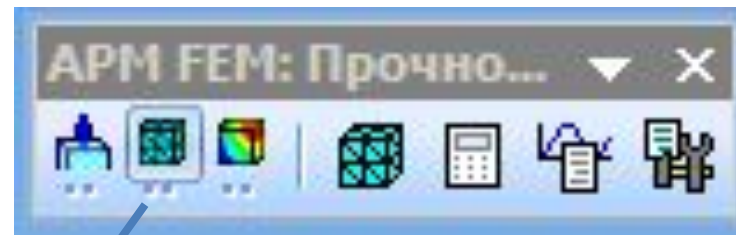
# Основные возможности

## Режимы работы панели АРМ FEM



### Подготовка модели

- Задание совпадающих поверхностей
- Задание закреплений
- Задание нагрузок



### Разбиение и расчет

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



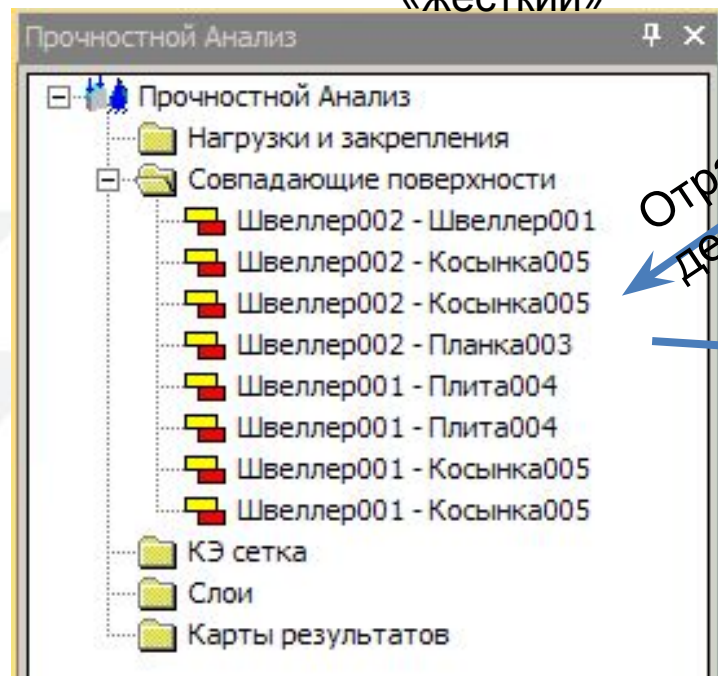
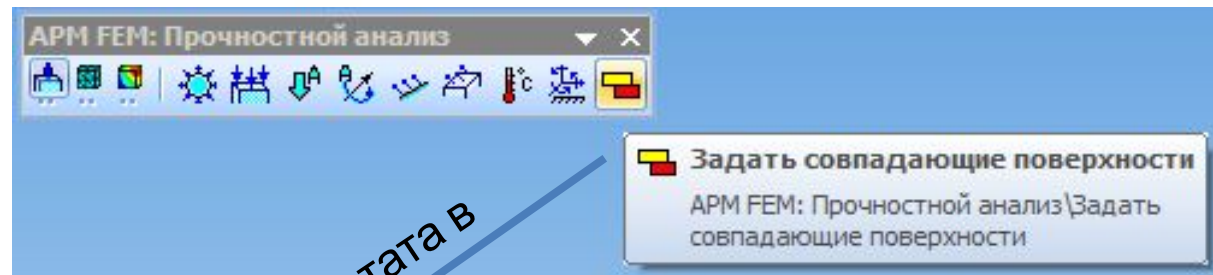
### Результаты

- Вывод цветowych карт результатов
- Реакции в опорах
- Использование выносок
- Генерация файлов отчета

# Основные возможности

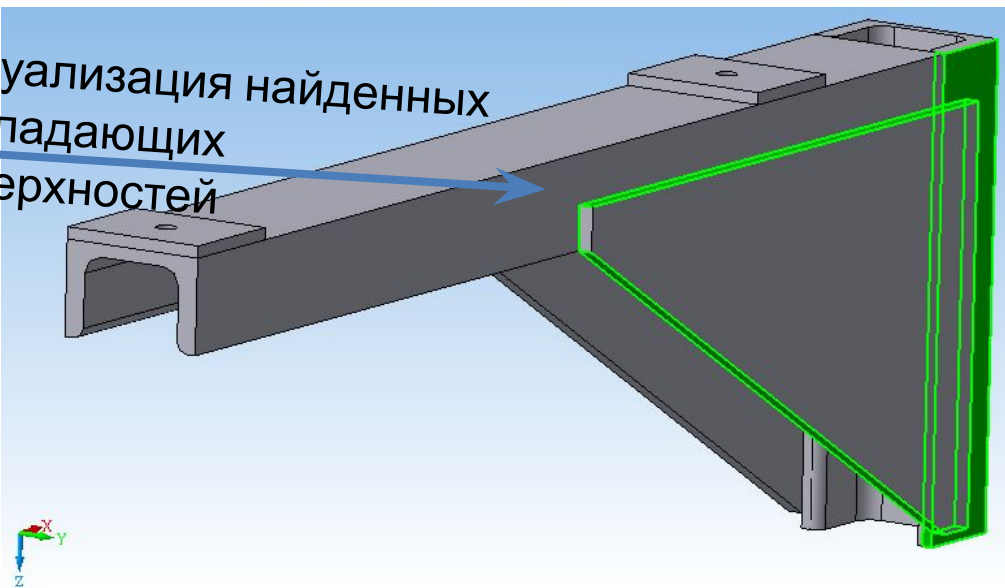
## Автоматическое определение совпадающих поверхностей

Достаточно запустить процедуру, которая автоматически находит совпадающие поверхности на деталях сборки и выставляет тип контакта - «ЖЕСТКИЙ»



Отражение результата в дереве

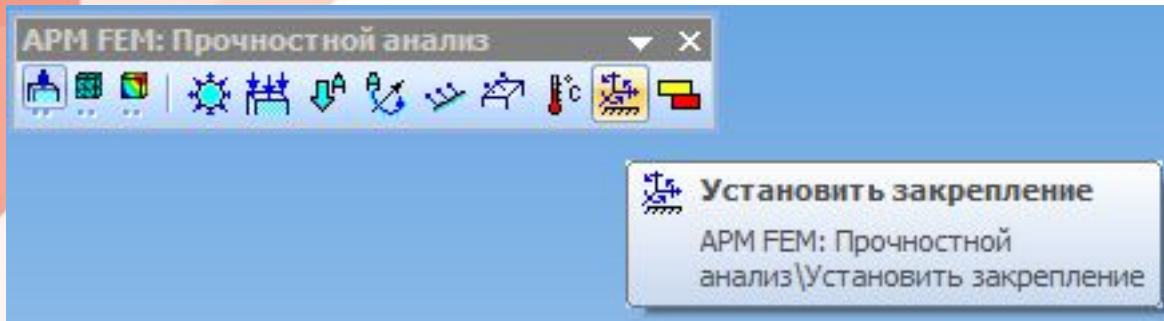
Визуализация найденных совпадающих поверхностей





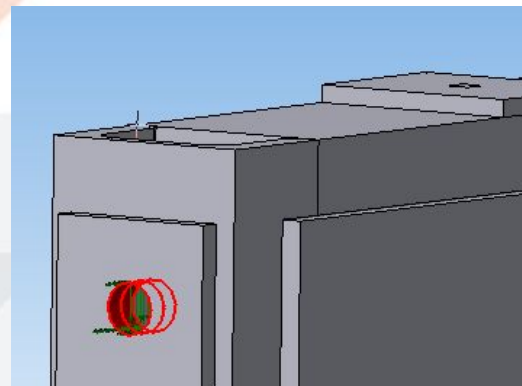
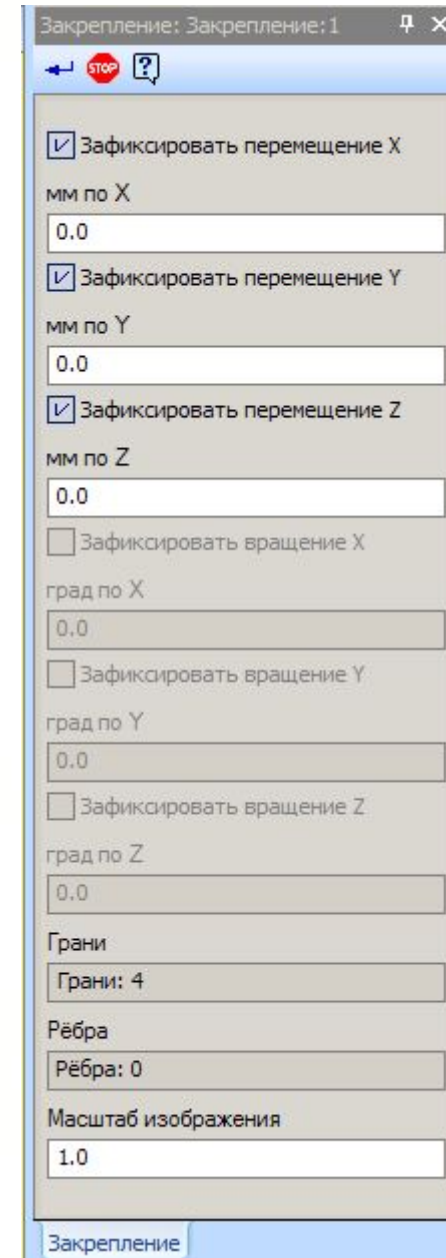
# Основные возможности

## Граничные условия – задание Закреплений

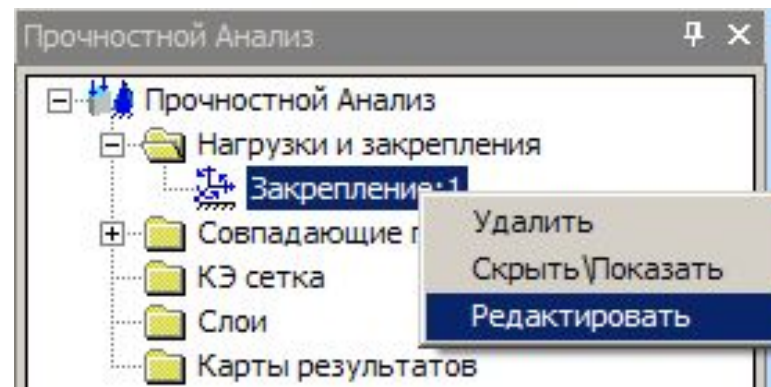


После выбора команды открывается панель свойств →  
здесь можно запретить перемещение ребер или граней по осям ГСК, а также задать начальные

→ результаты  
команды

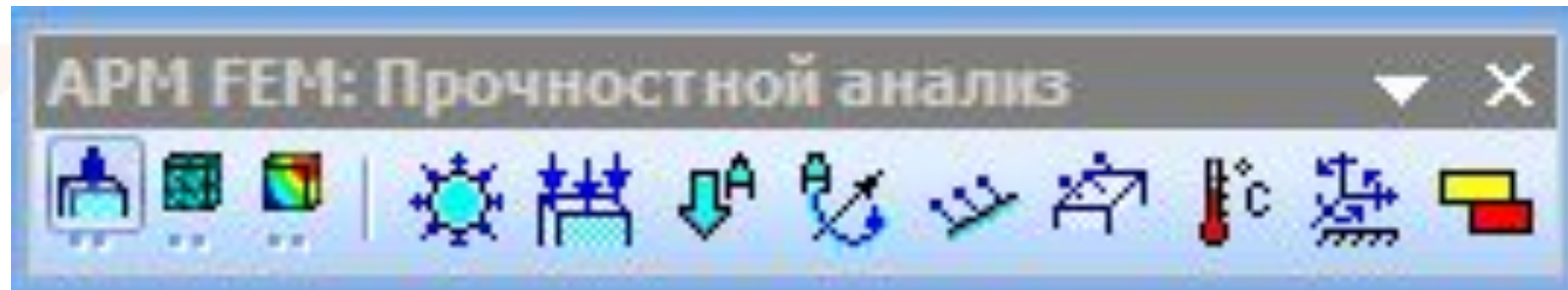









Отображение команды в дереве →  
по нажатию правой кнопки мыши возможен вызов контекстного меню



# Основные возможности

## Граничные условия – задание Нагрузок



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

После выбора типа нагрузки необходимо указать на модели ребра или грани, к которым и приложится данная нагрузка.

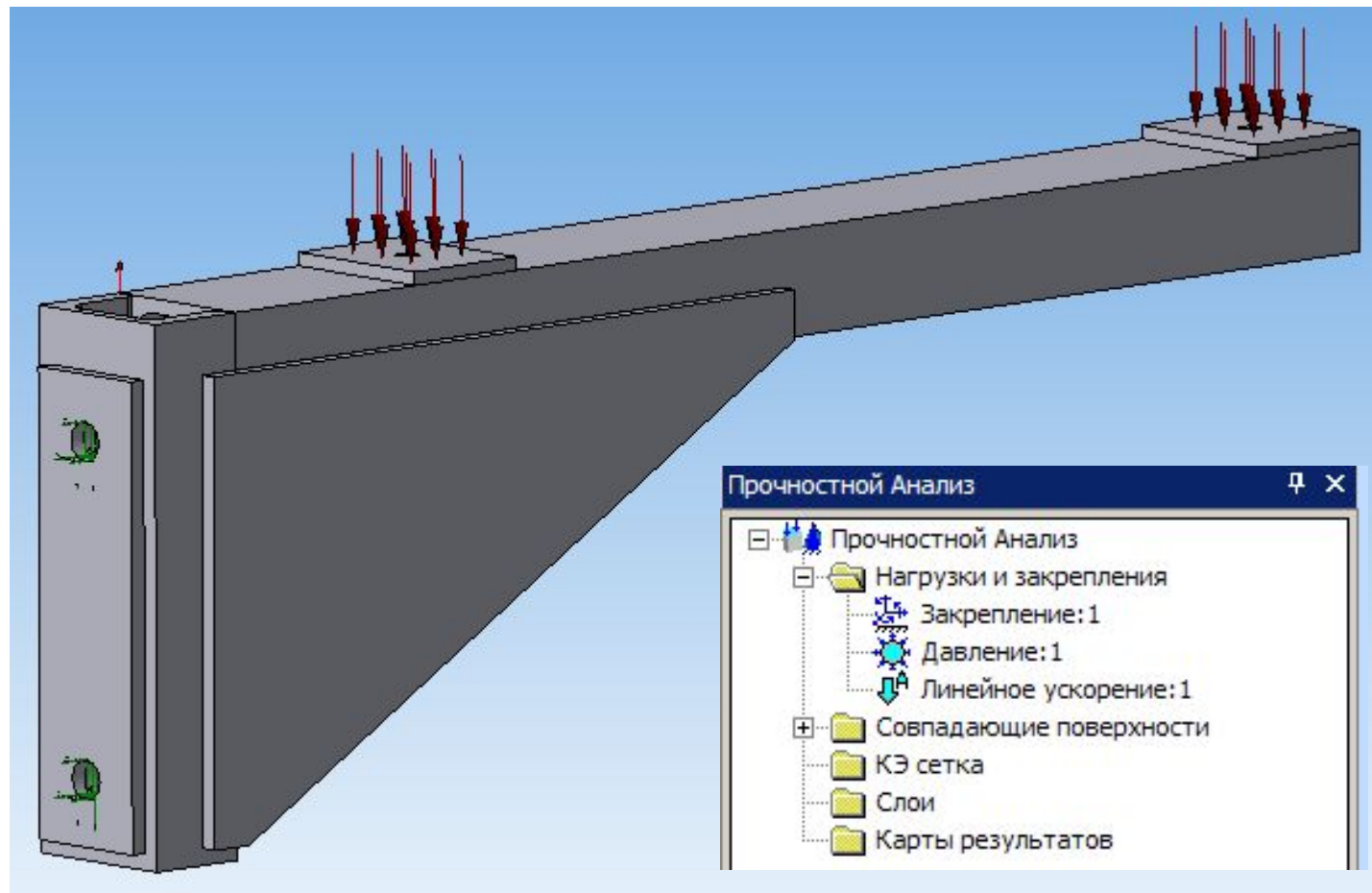
Ее величина вводится в соответствующих полях панели свойств.

Поле «Масштаб изображения» - регулирует визуальную величину стрелок нагрузки.



# Основные возможности

## Граничные условия – задание Нагрузок

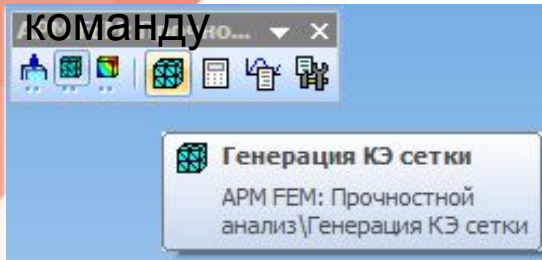


Результат приложения нагрузок и закреплений к модели, и отображение в дереве «Прочностного анализа»

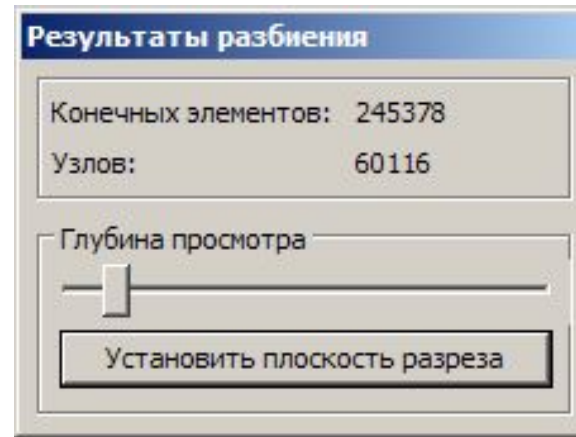
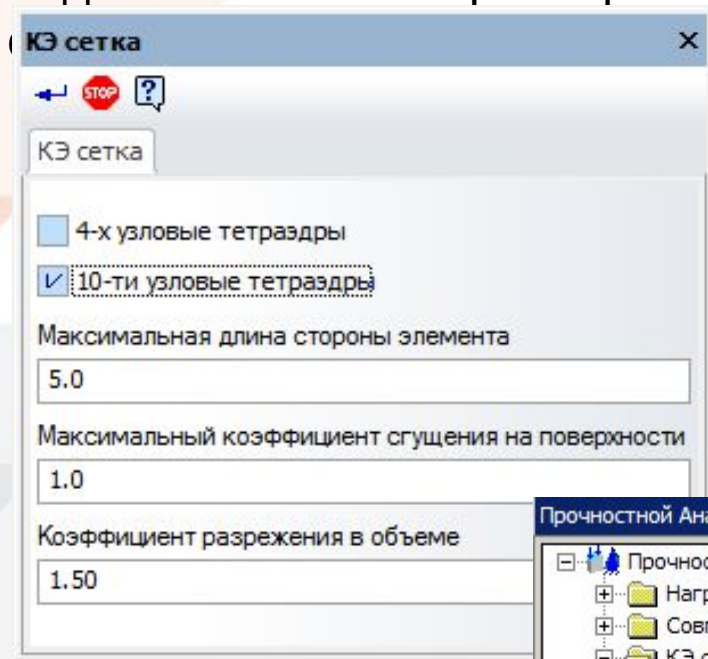
# Основные возможности

## Автоматическая генерация конечно-элементной сетки

Выбираем

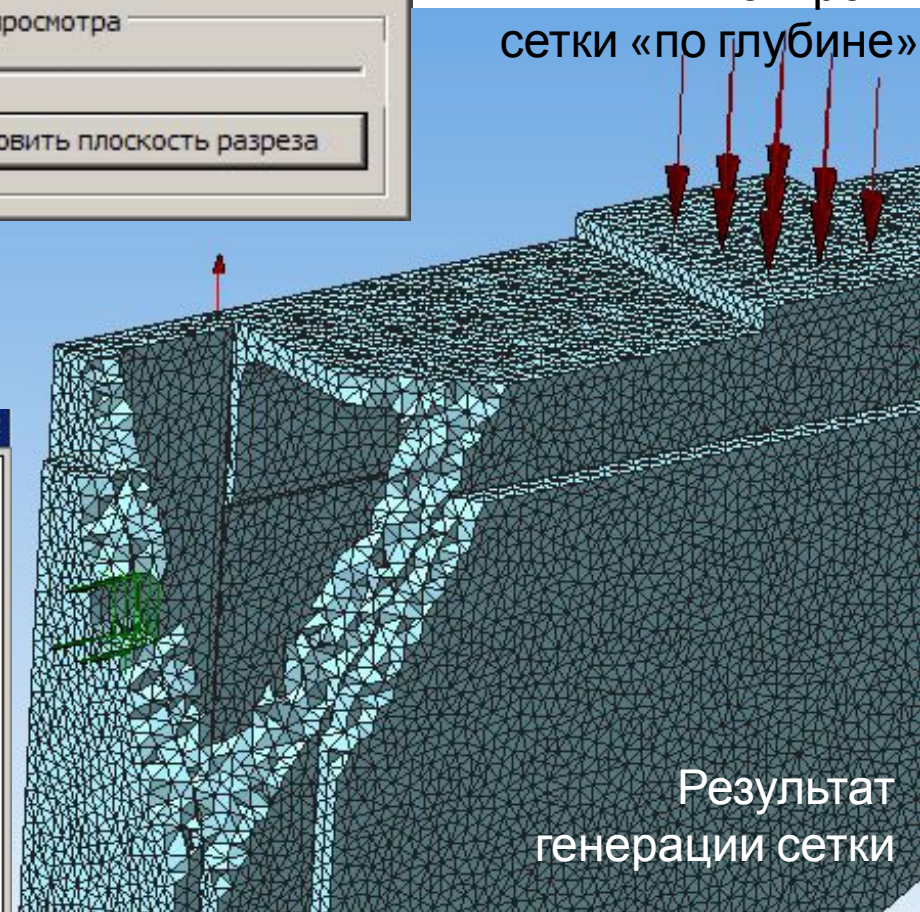
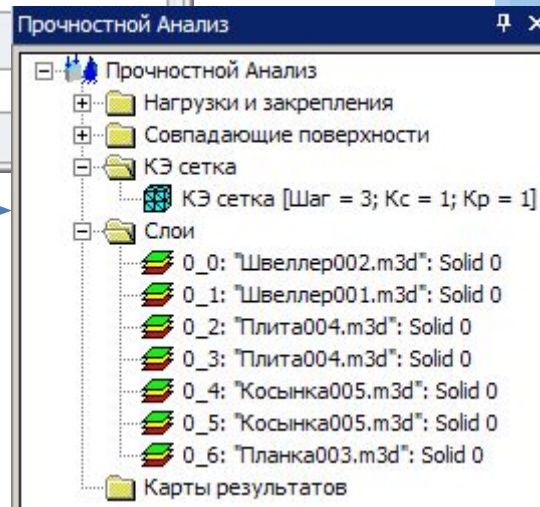


Задаем основные параметры



Возможность контроля сетки «по глубине»

Отображение команды в дереве

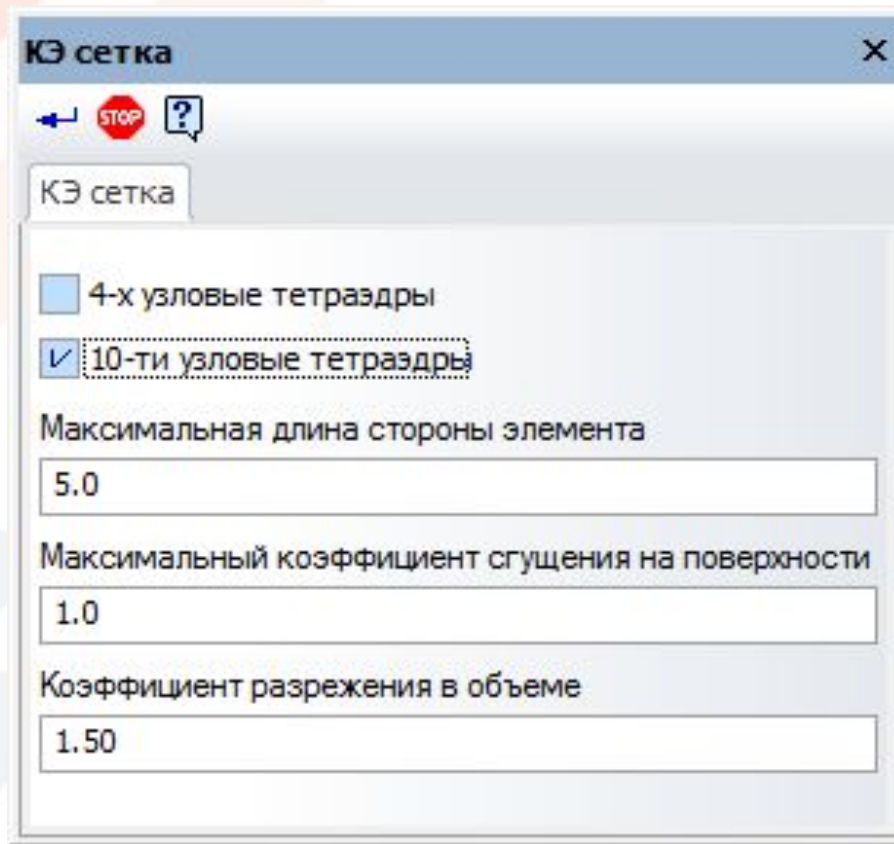




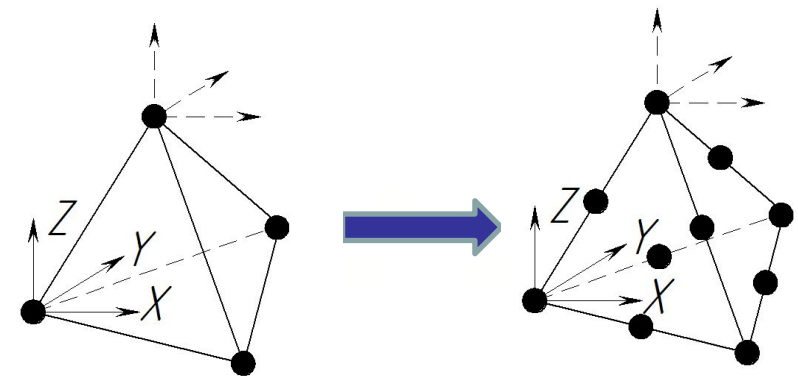
V15

# Основные возможности

## Автоматическая генерация конечно-элементной сетки



При выборе основных параметров сетки есть выбор типа КЭЭ  
4-х узловой тетраэдр      10-ти узловой тетраэдр

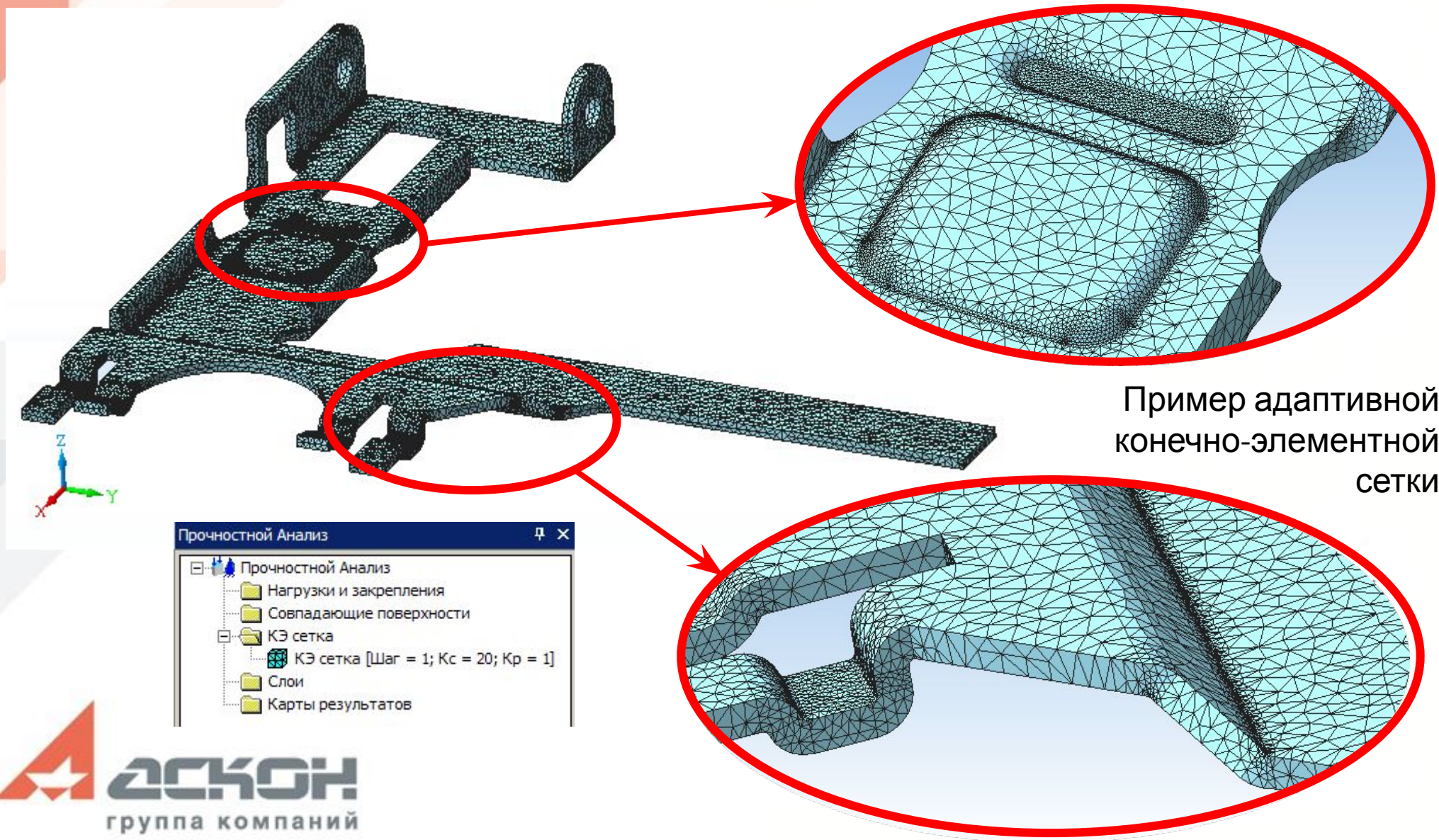


- ✓ Сокращение времени создания КЭ-сеток (за счет меньшего требуемого количества конечных элементов)
- ✓ Сокращение времени расчета
- ✓ Сохранение необходимой инженерной точности вычислений
- ✓ Уменьшение объема информации, хранимой на жестком диске
- ✓ Увеличение производительности труда



# Основные возможности

## Автоматическая генерация конечно-элементной сетки

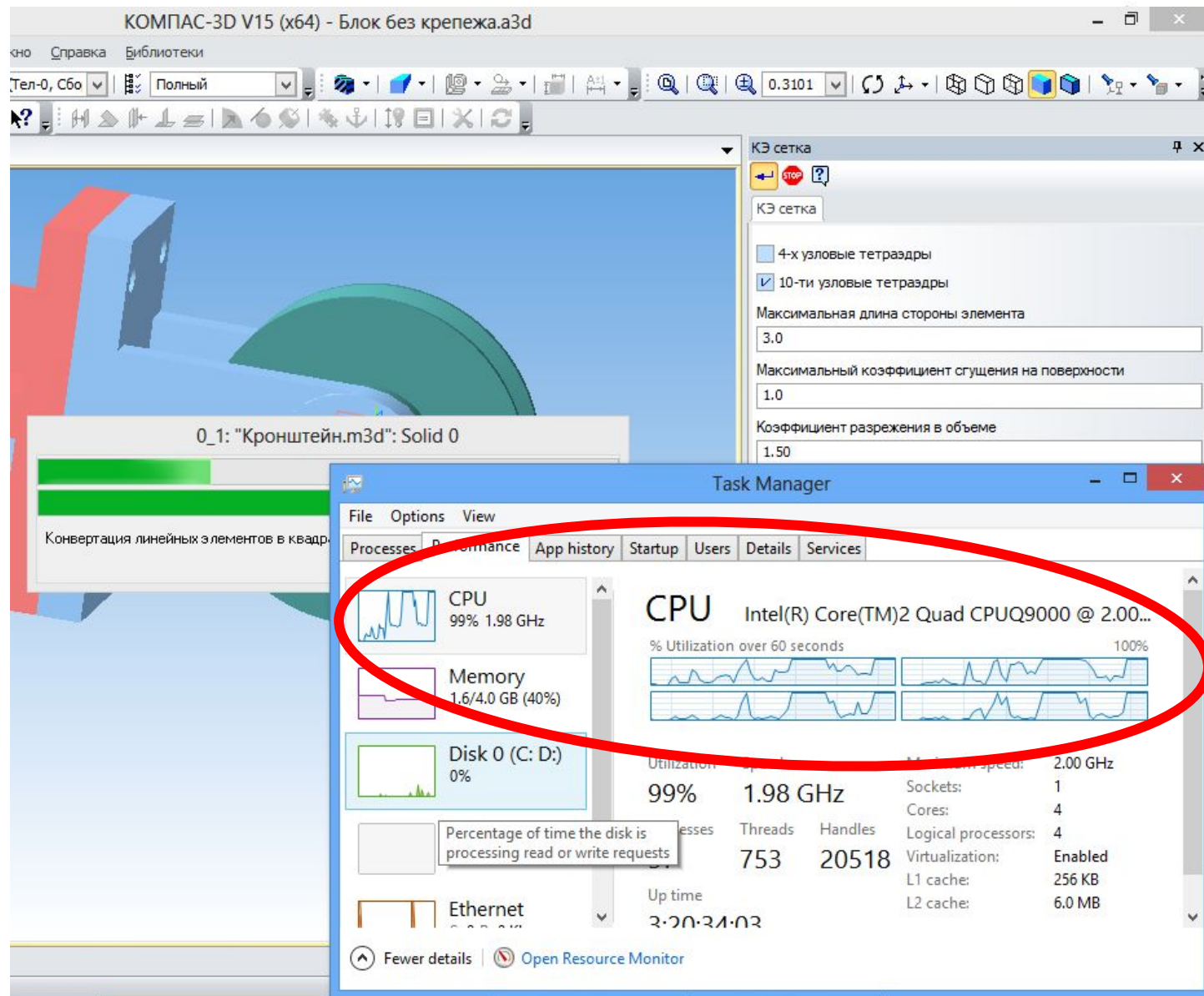


V15

# Основные возможности

## Автоматическая генерация конечно-элементной сетки

В современной версии реализовано использование нескольких процессоров при разбиении модели на конечные элементы. Это способствует ускорению процесса нанесения КЭ-сетки.



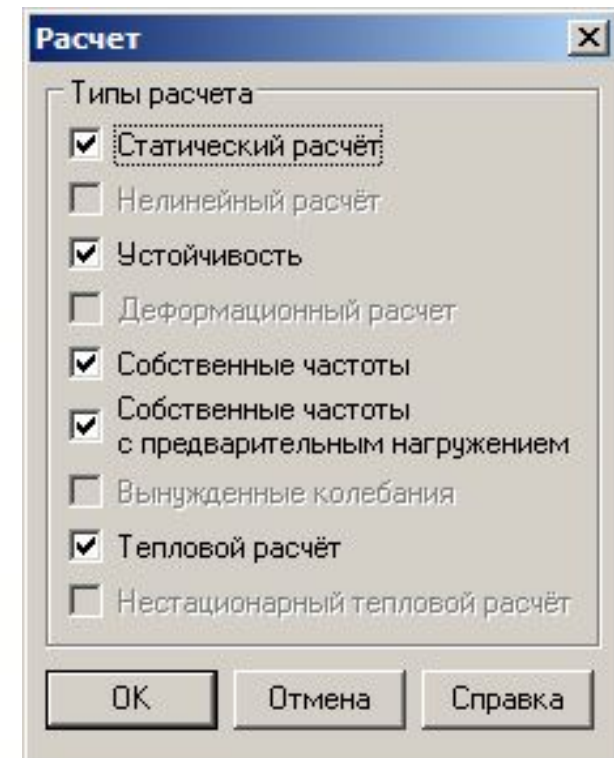
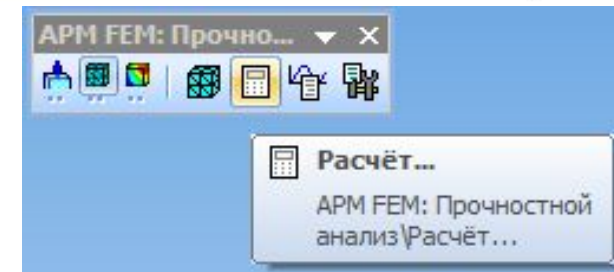


# Основные возможности

## Выбор типа и проведение расчета

### Виды расчетов доступные в APM FEM:

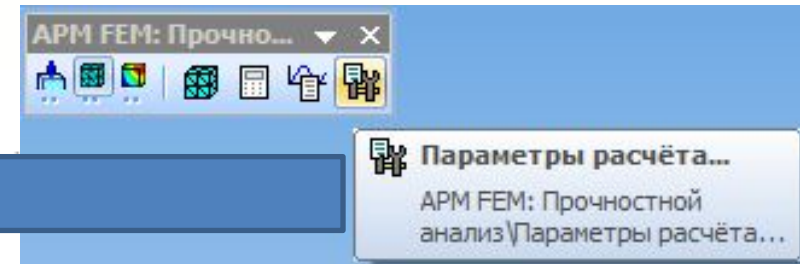
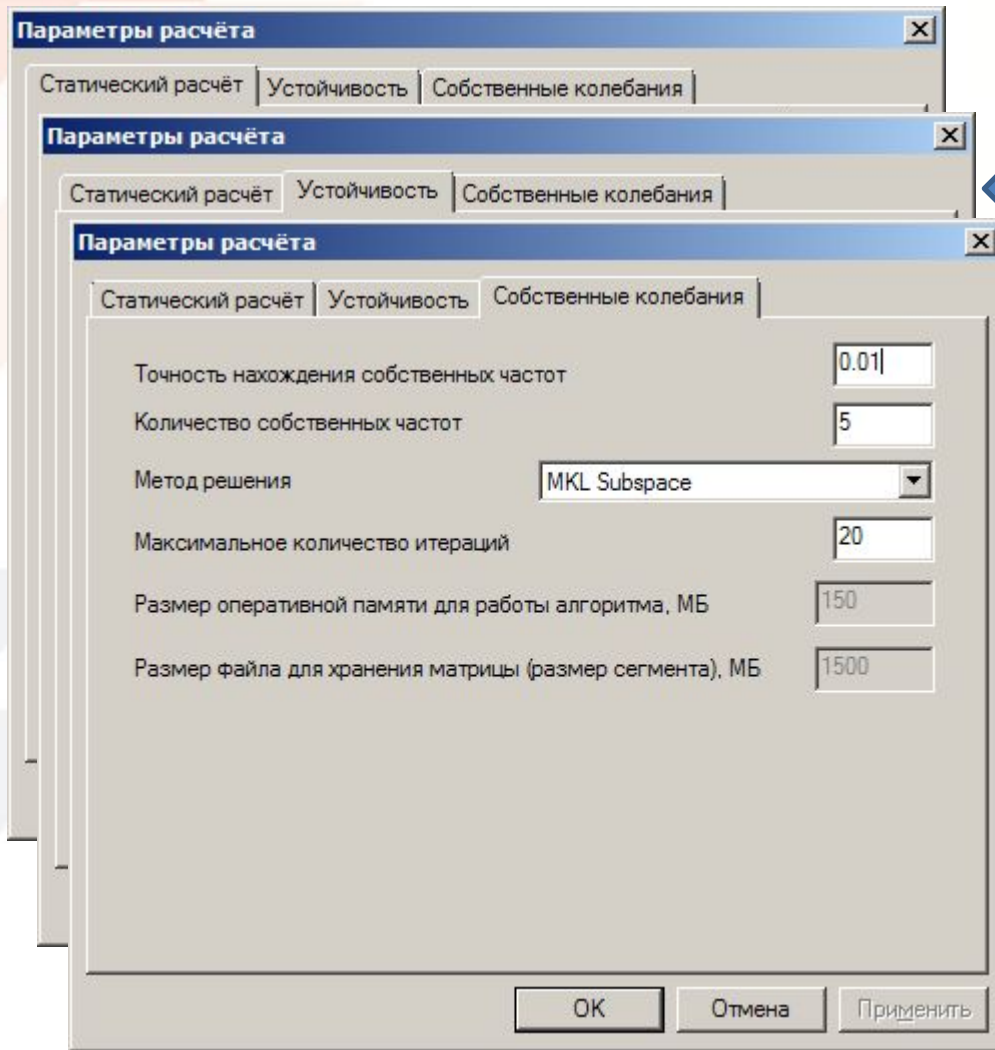
- ✓ линейный статический расчет
- ✓ расчет на устойчивость
- ✓ расчет собственных частот (резонанса) и собственных форм колебаний
- ✓ решение задачи стационарной теплопроводности
- ✓ решение задачи термоупругости (при совместном выполнении статического и теплового расчетов)





# Основные возможности

## Настройка параметров расчета



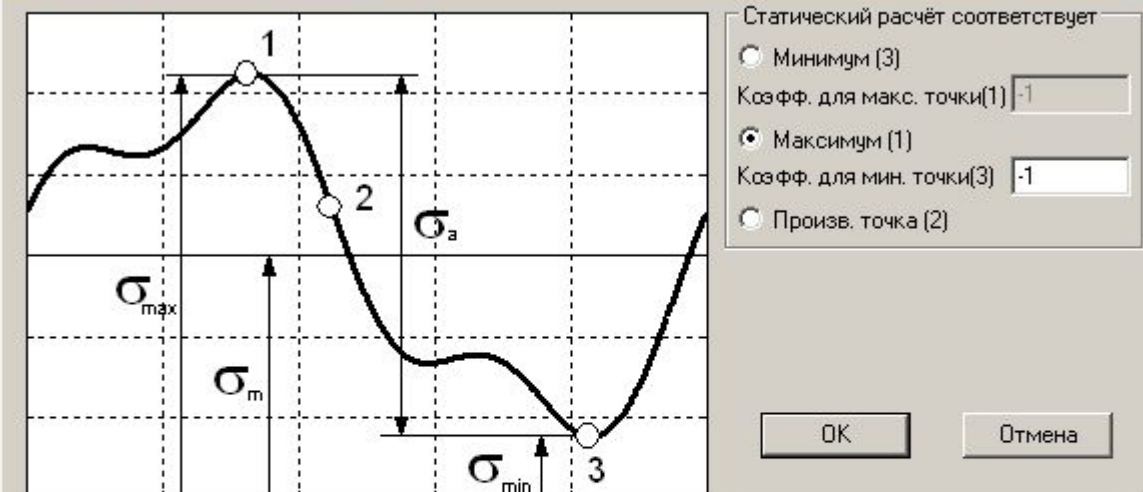
**При необходимости  
пользователь  
может менять параметры  
расчета  
в соответствующих полях...**  
Настраиваемые параметры:

- размер оперативной памяти
- метод решения
- точность нахождения решения
- максимальное количество итераций для достижения заданной точности

# Основные возможности

## Настройка параметров расчета

Параметры расчёта усталостной прочности



Статический расчёт соответствует

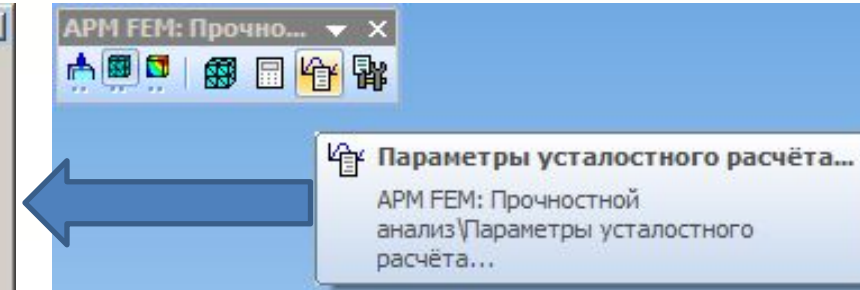
Минимум (3)  
Кэфф. для макс. точки(1) -1

Максимум (1)  
Кэфф. для мин. точки(3) -1

Произв. точка (2)

OK Отмена

Коэффициент	Сталь	
Кэфф. чувствительности материала к местным напряжениям	.5000	
Теор. кэфф. концентрации напряжений	1.0000	
Кэфф. масштабного фактора	1.0000	
Шероховатость поверхности Rz	5.0000	
Кэфф. поверхностной обработки	1.0000	



### Настраиваемые параметры:

- диапазон изменения циклической нагрузки
- дополнительные коэффициенты
- шероховатость поверхности

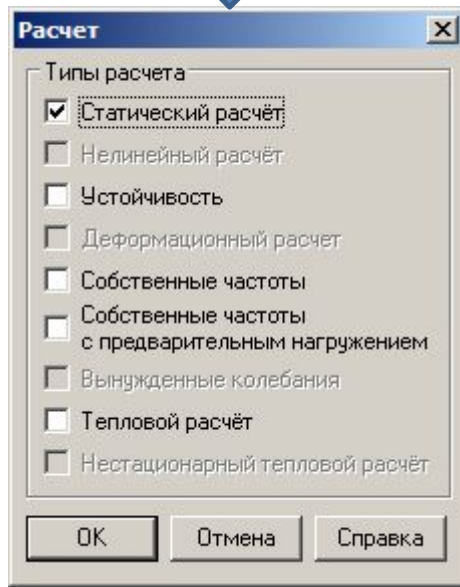
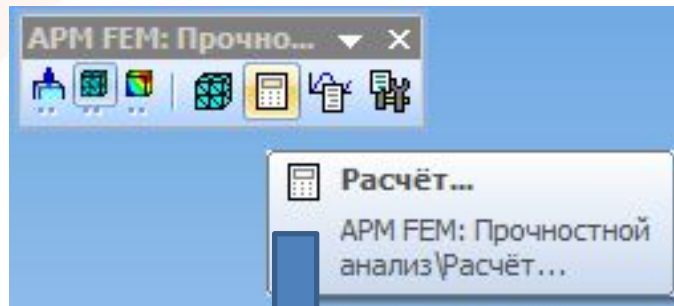
### В результате этого расчета получаем:

- карту распределения коэффициента запаса по усталости
- карту распределения числа циклов по критерию усталостной прочности

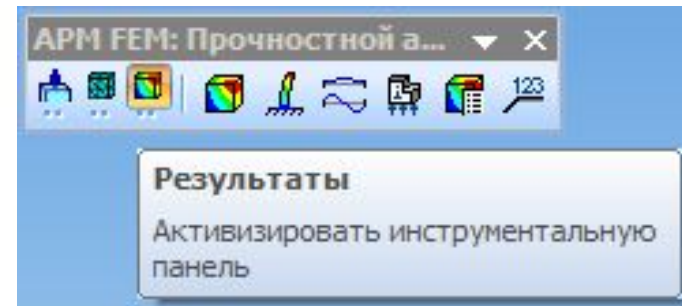
# Основные возможности

## Статический расчет





### Запуск



### Просмотр



### Задействованные команды:

-  Карта результатов...
-  Выноска
-  Инерционные характеристики модели...
-  Сохранить отчёт...



# Основные возможности

## Статический расчет.

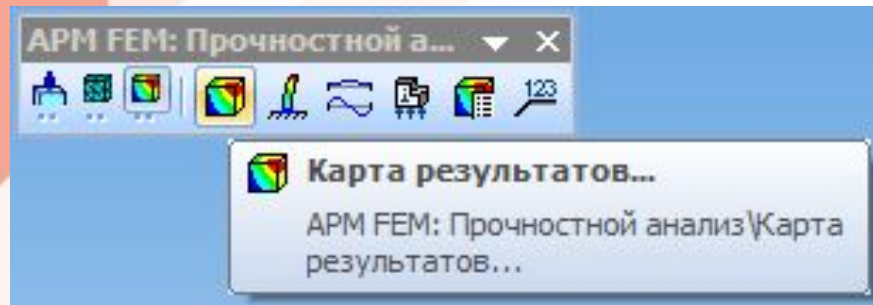
## Результаты

Результаты расчета представляют собой цветные карты распределения:

- напряжений
- перемещений
- нагрузок
- коэффициентов запаса прочности
- главных напряжений
- усталостных характеристик
- деформаций

### Дополнительно:

- возможна настройка визуального представления карт результатов



**Параметры вывода результатов**

Выбор результатов:  Стержни:

Количество изоуровней:  Пластины:

Масштабный коэффициент:  Объёмные элементы:

Строить карту

на деформированной конструкции  показывать недеформированную конструкцию

на недеформированной конструкции  показывать деформированную конструкцию

Вид карты

Изообласти  усреднять значения по узлам

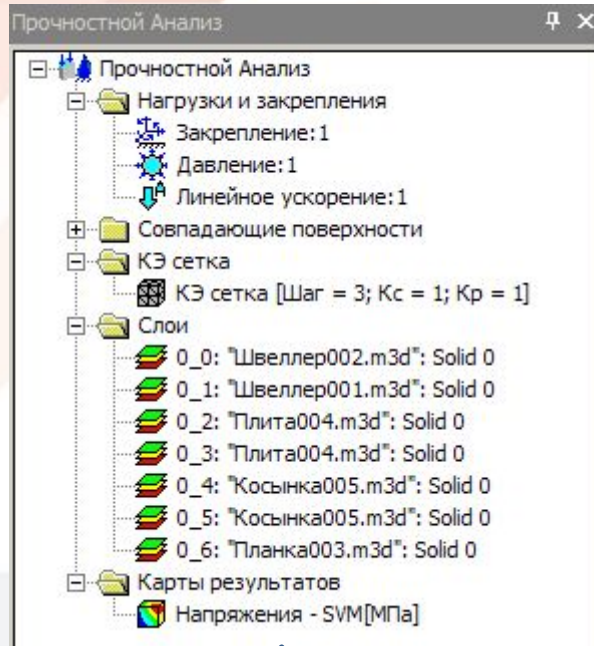
Максимальное значение в элементе  показывать карту результатов

# Основные возможности

## Статический расчет.

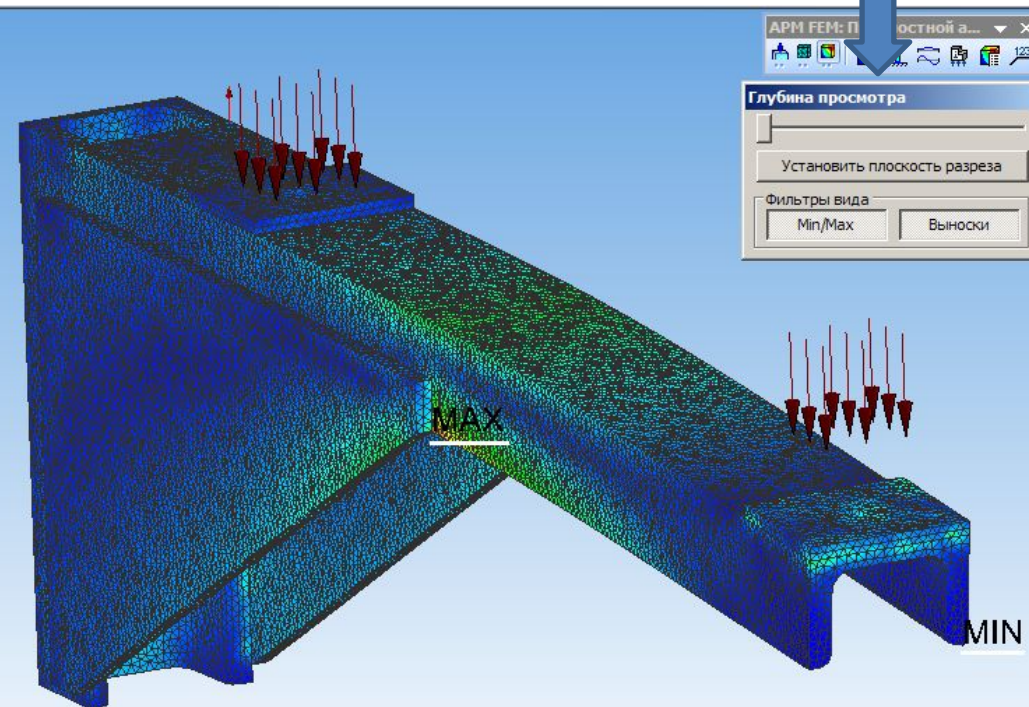
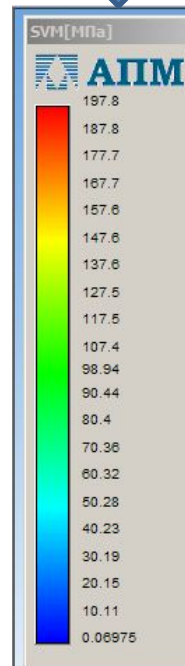
## Результаты

Окно для регулирования «глубины» просмотра карты и работы с фильтрами вида



Отображение карты в дереве

Цветовая шкала



Пример вывода карты результатов (Напряжения SVM, МПа)



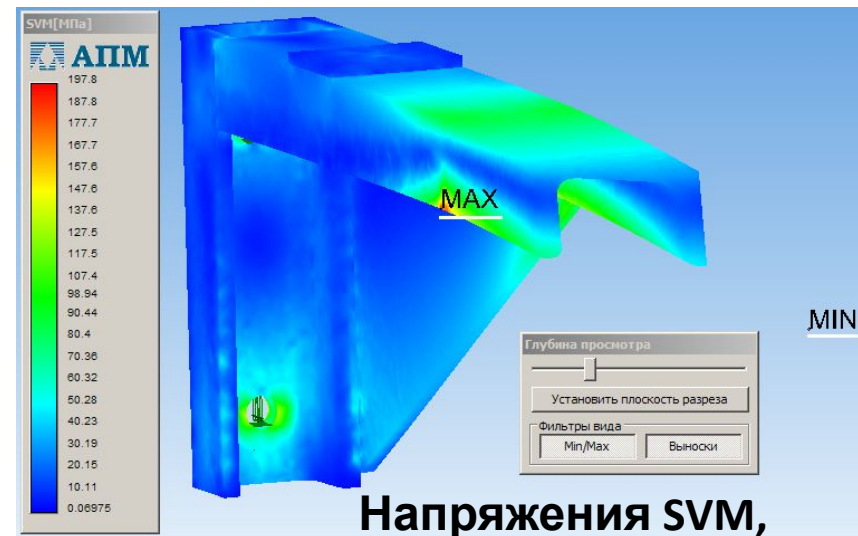
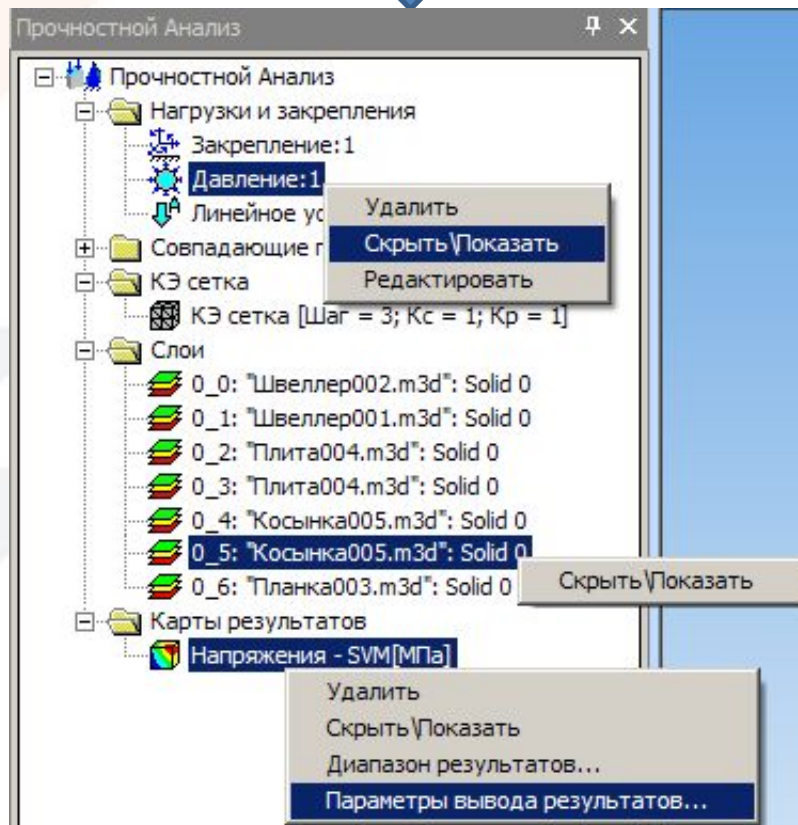
# Основные возможности

## Статический расчет.

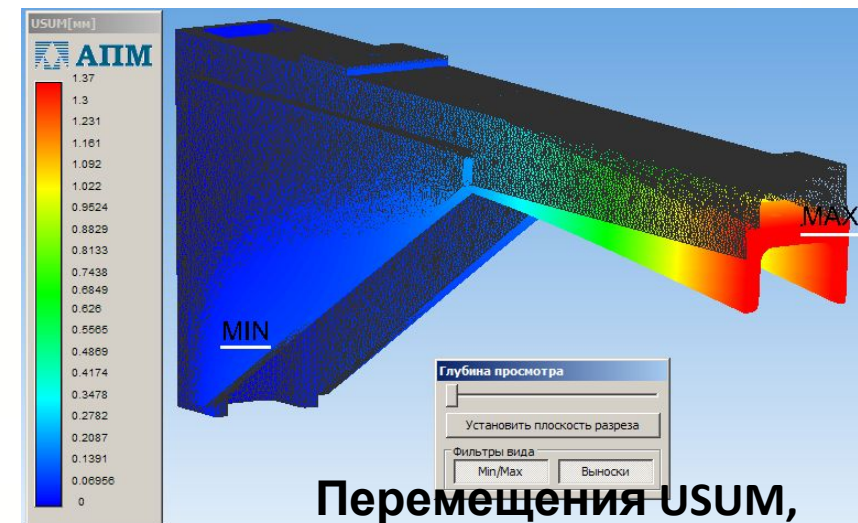
## Результаты

Пример вывода карты результатов с учетом дополнительных настроек и сечения модели

По нажатию на пр. кнопку  
мышы  
появляются контекстные  
МНЮ



Напряжения SVM,



Перемещения USUM,

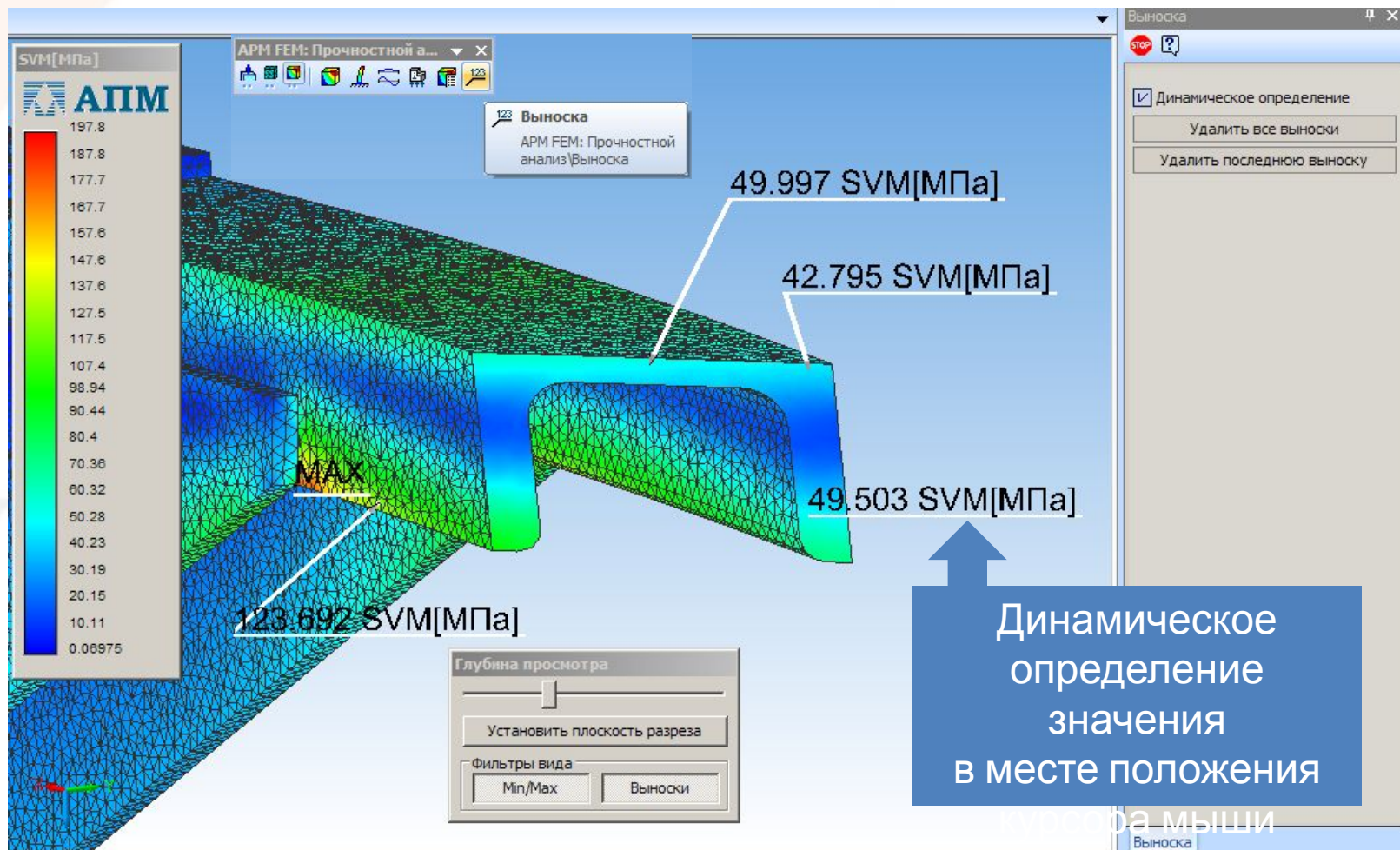


# ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

## Статический расчет.

## Результаты

Пример вывода карты результатов с учетом дополнительных настроек и сечения модели (Напряжения SVM, МПа). Работа с выносками.



V15

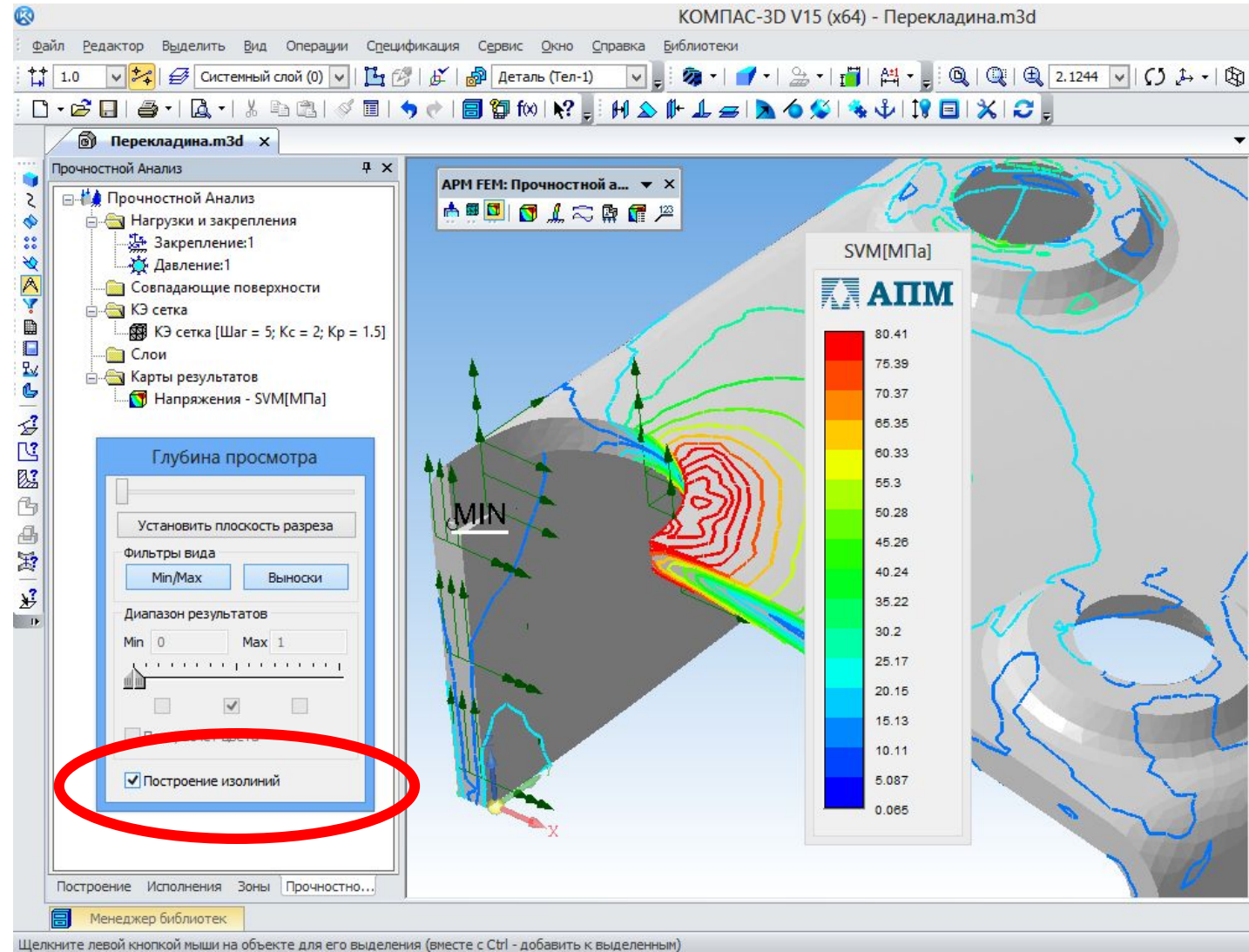
# Основные возможности

## Статический расчет.

## Результаты

Пример вывода карты результатов в виде изолиний

Добавлен режим представления результатов в виде изолиний (пересечение изоповерхностей с моделью).

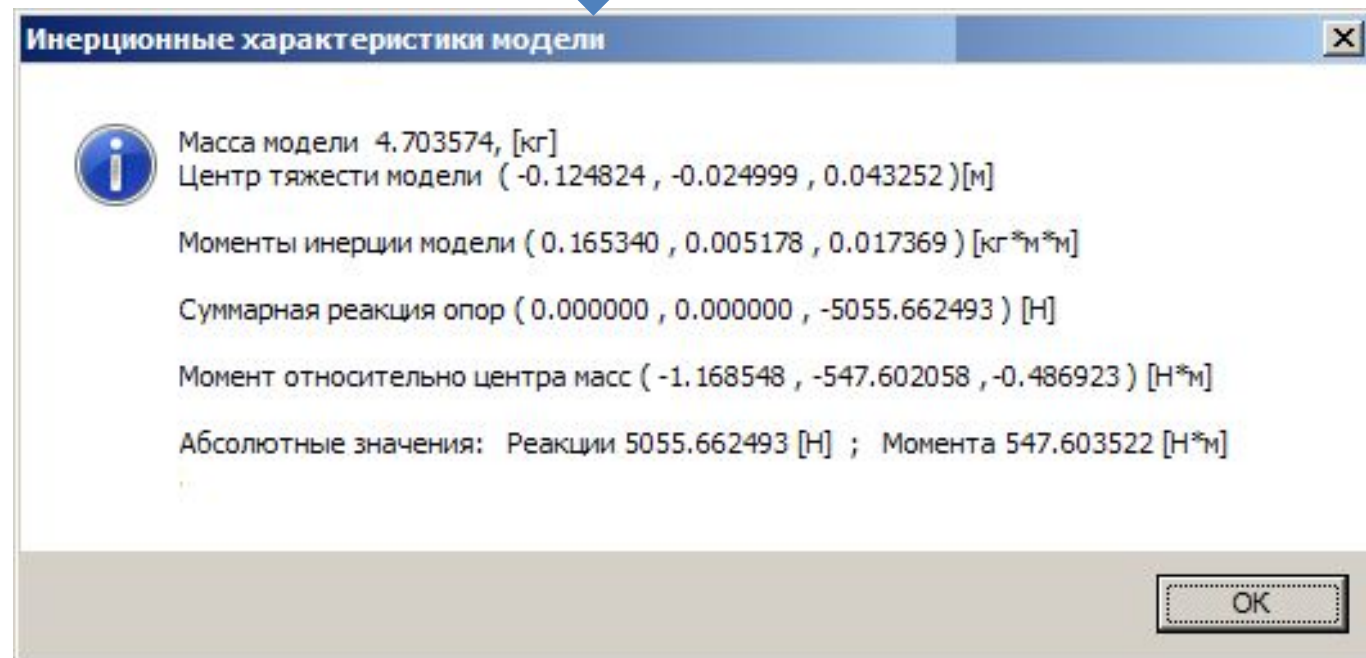
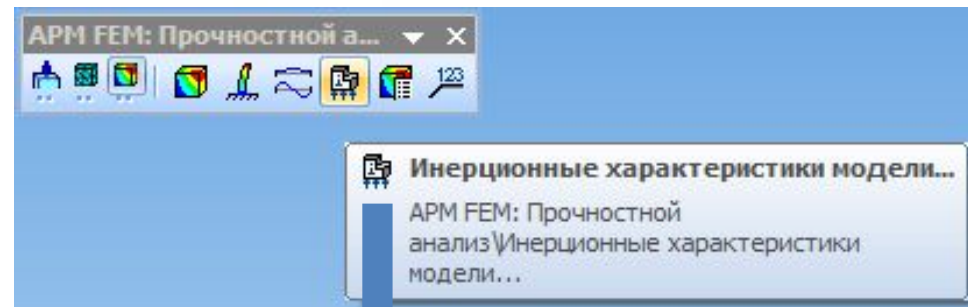


# Основные возможности

## Статический расчет.

## Результаты

Пример вывода диалога с инерционными характеристиками и реакциями в опорах модели

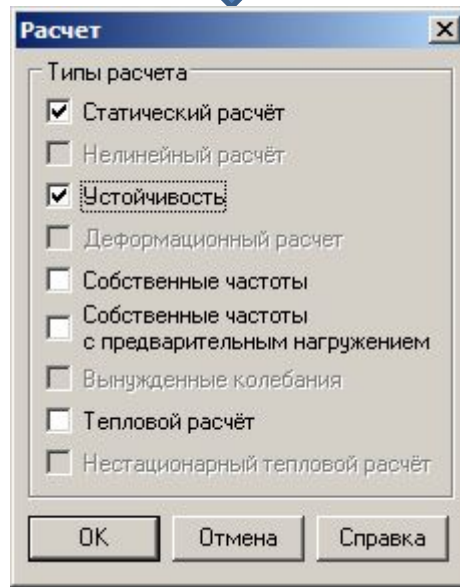
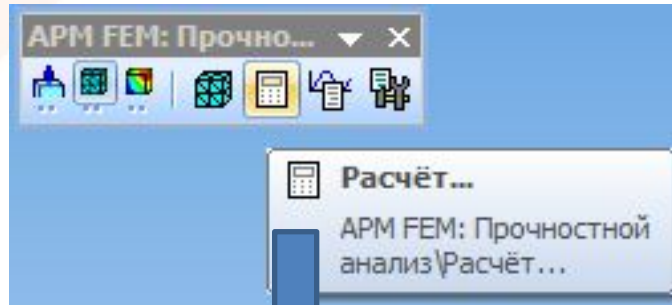




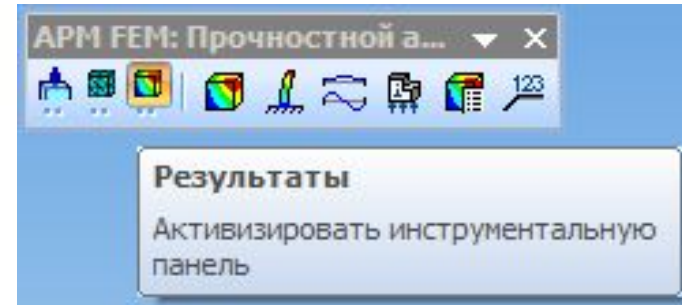
# Основные возможности

## Расчет устойчивости

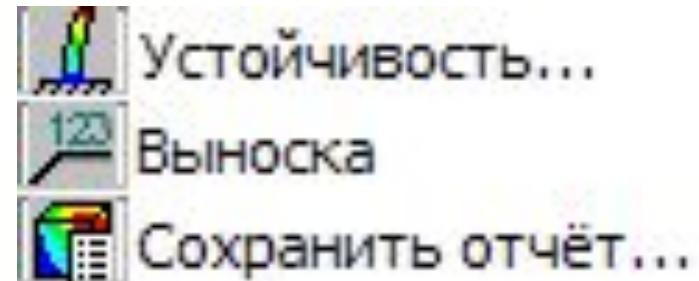
### Запуск



### Просмотр



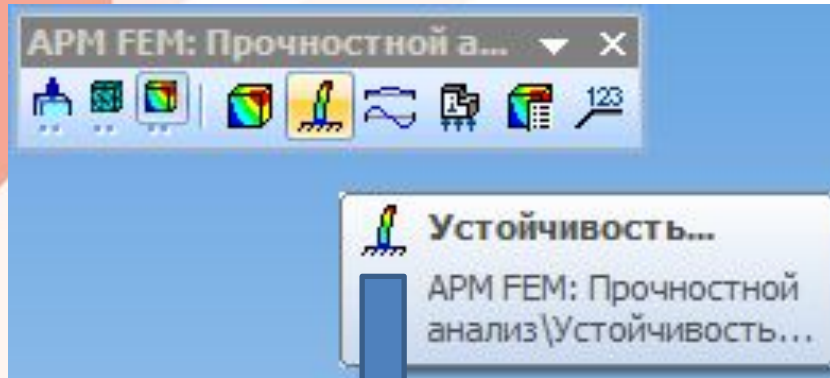
### Задействованные команды:



# Основные возможности

## Расчет устойчивости.

Просмотр

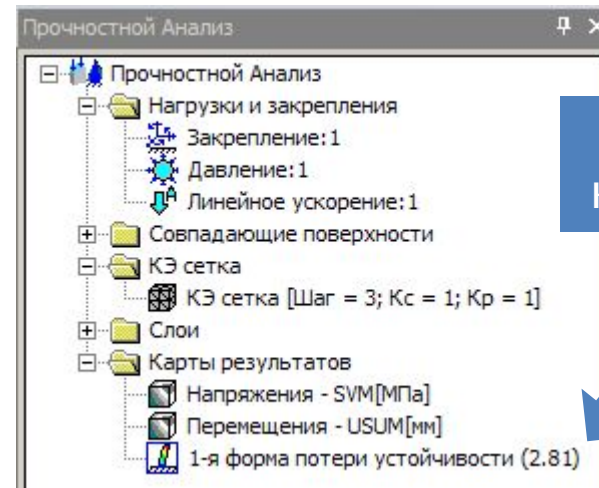


Устойчивость

Коэффициенты запаса потери устойчивости

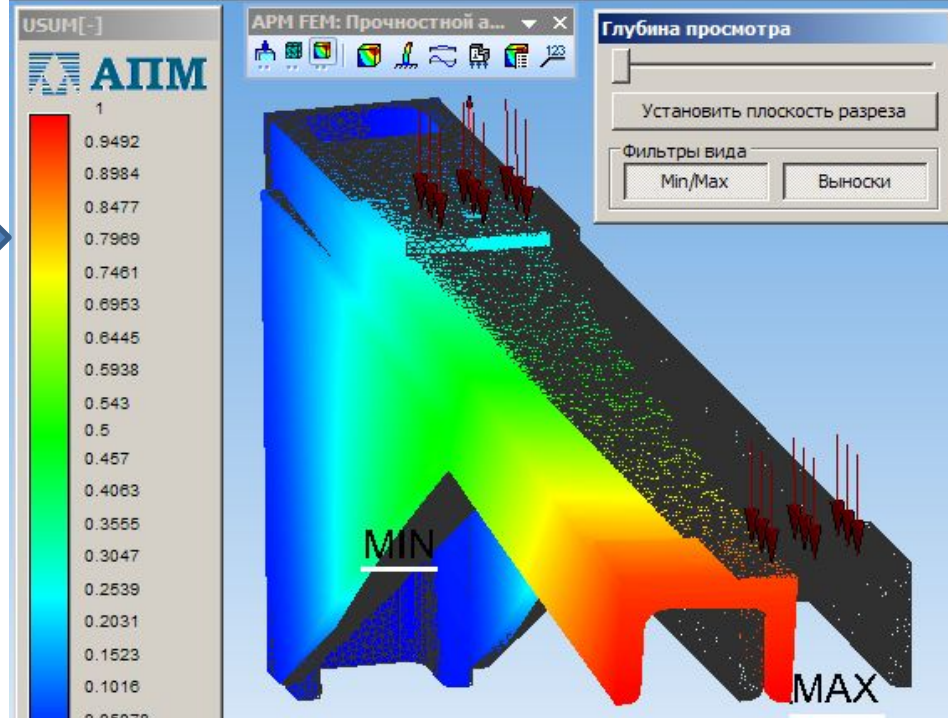
N	[-]
1	2.81094
2	7.2025
3	22.2202
4	23.8526
5	34.4107

Форма... OK



Результаты

Отображение карты в дереве

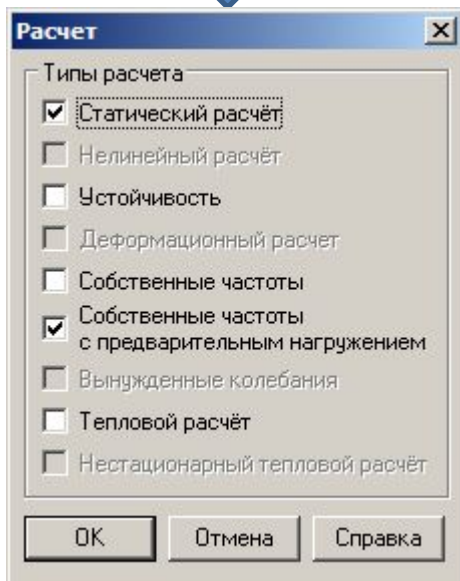
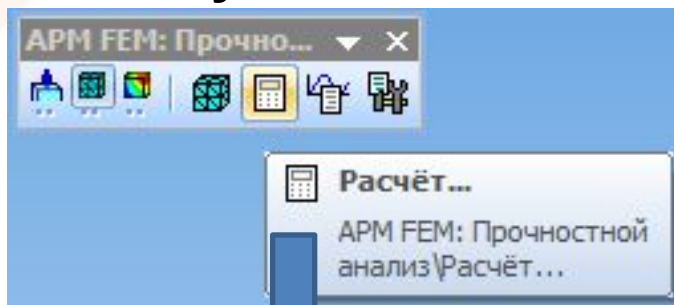


Первая форма потери устойчивости

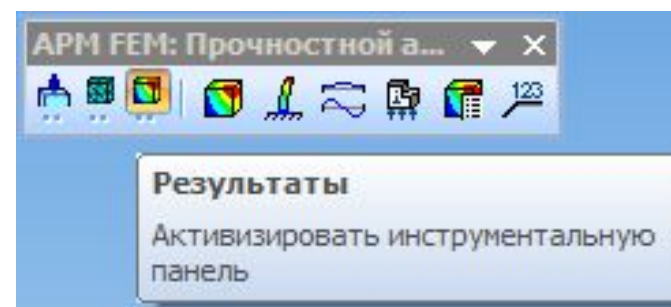
# Основные возможности

## Расчет собственных частот с предварительным нагружением

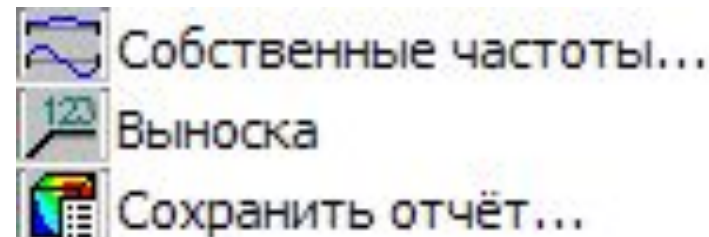
### Запуск



### Просмотр



### Задействованные команды:



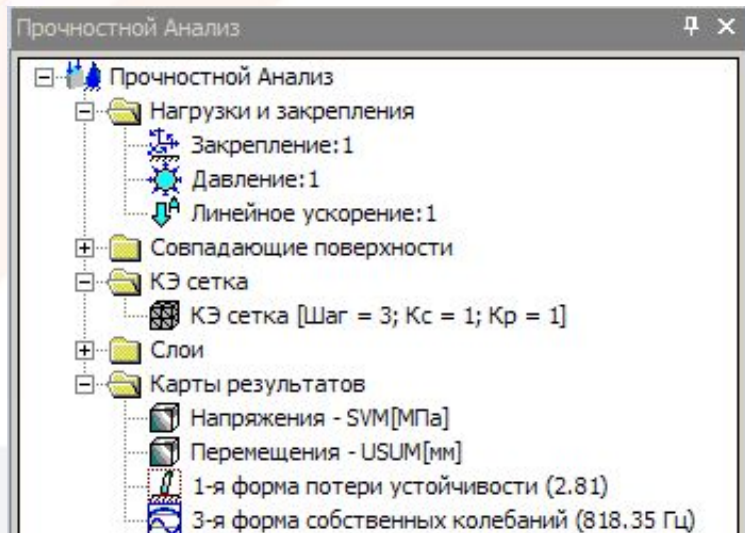
При использовании расчета собственных частот БЕЗ учета предварительного нагружения



# Основные возможности

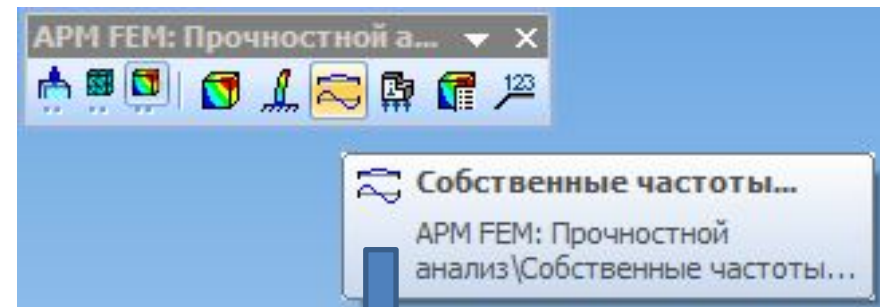
## Расчет собственных частот

## с предварительным нагружением. Результаты



Отображение  
карты в дереве

Просмотр  
результатов...

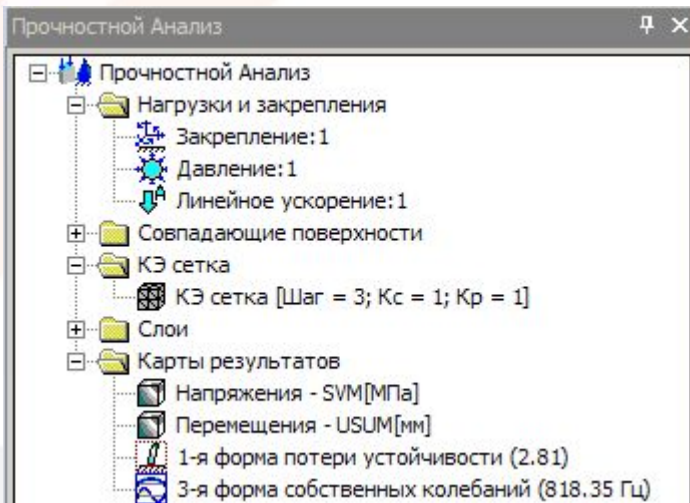


Собственные частоты				Модальные массы (м.м.) и суммы модальных масс (с.м.м.) по направлениям ГСК					
N	[рад/с]	[Гц]	[с]	м.м. X [%]	с.м.м. X [%]	м.м. Y [%]	с.м.м. Y [%]	м.м. Z [%]	с.м.м. Z [%]
1	1235.19	196.587	0.0050868	4.84e-007	4.84e-007	53.4	53.4	0.00015	0.00015
2	1976.35	314.546	0.00317...	0.256	0.256	0.000124	53.4	29	29
3	5141.83	818.348	0.00122...	6.25e-005	0.256	14.8	68.2	0.000348	29
4	6241.23	993.323	0.00100...	1.9	2.15	0.00128	68.3	18.6	47.6
5	7394.98	1176.95	0.00084...	4.08	6.23	0.183	68.4	4.49	52.1

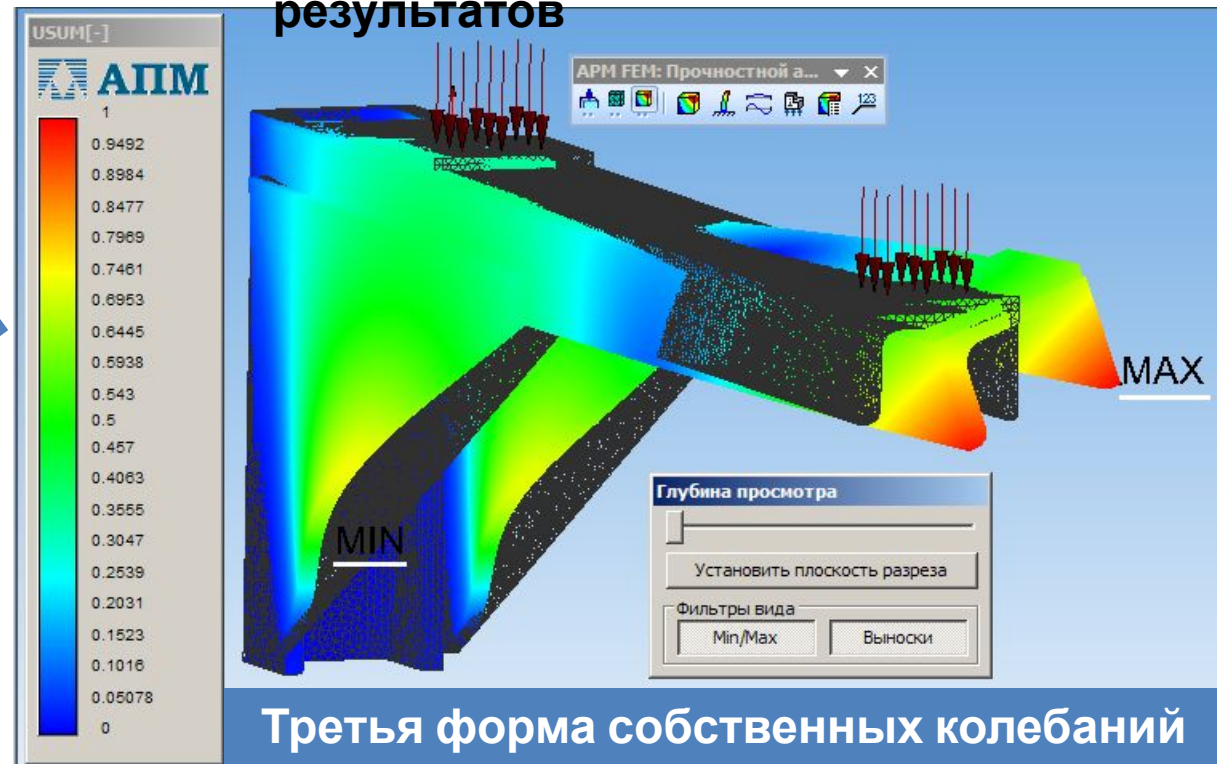
# Основные возможности

## Расчет собственных частот

## с предварительным нагружением. Результаты



Пример вывода карты результатов

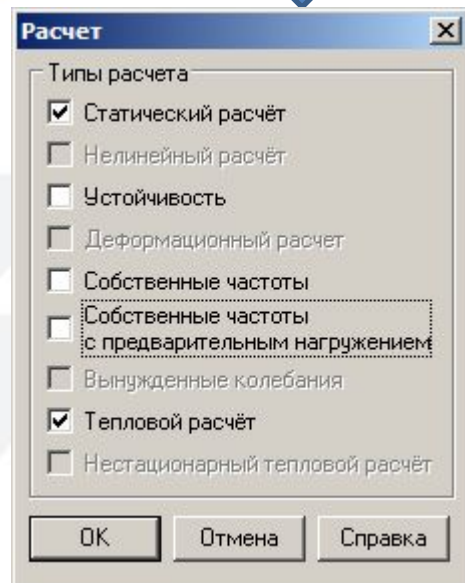
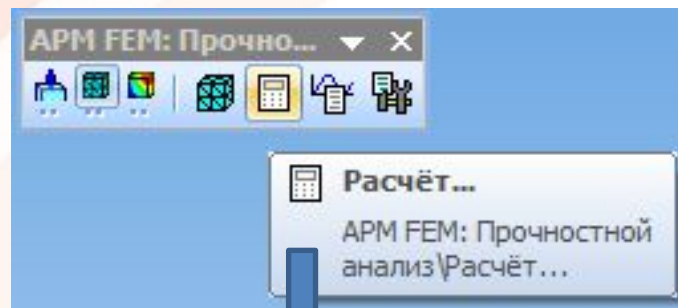


Третья форма собственных колебаний

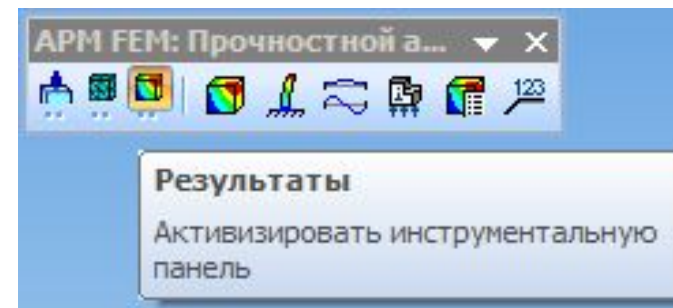
# ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

## Тепловой расчет. Задача термоупругости

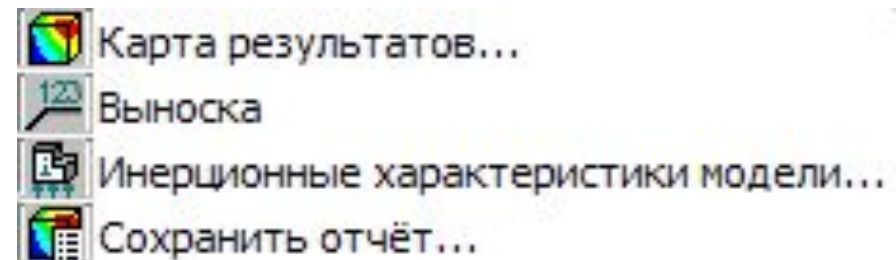
### Запуск



### Просмотр



### Задействованные команды:



**ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ** необходим для определения температурного поля модели при заданных значениях относительной температуры в условиях стационарной теплопроводности.

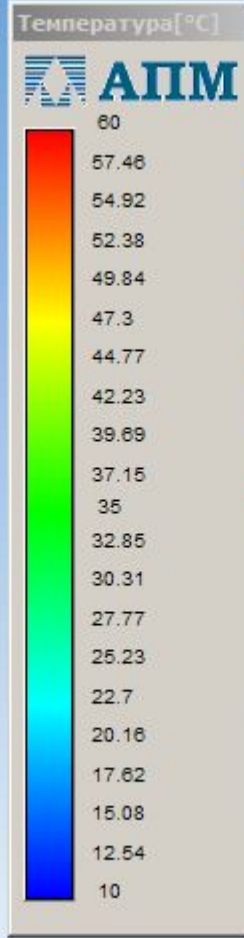
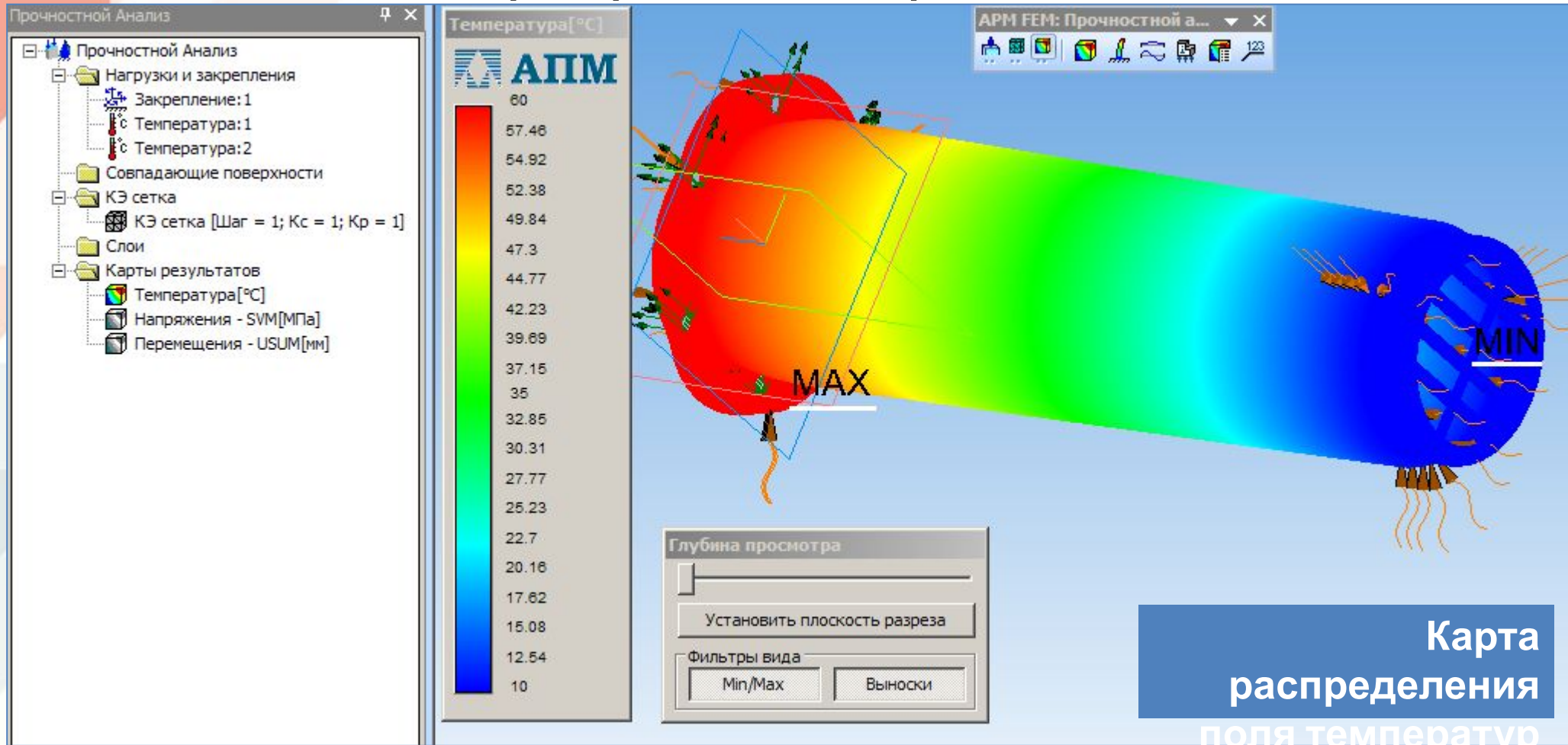
**ЗАДАЧА ТЕРМОУПРУГОСТИ** - это определение напряжений, перемещений и т. д., возникающих в конструкции под действием температурных нагрузок.



# ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

## Тепловой расчет. Задача термоупругости Результаты

Пример выполнения расчета...



Глубина просмотра

Установить плоскость разреза

Фильтры вида

Min/Max    Выноски

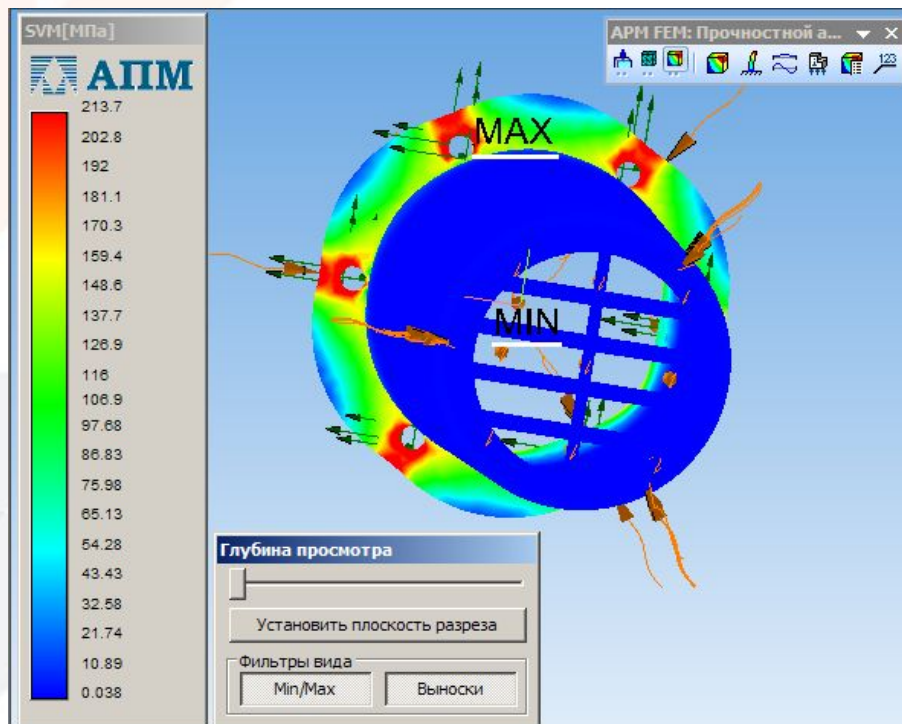
Карта  
распределения  
поля температур

# Основные возможности

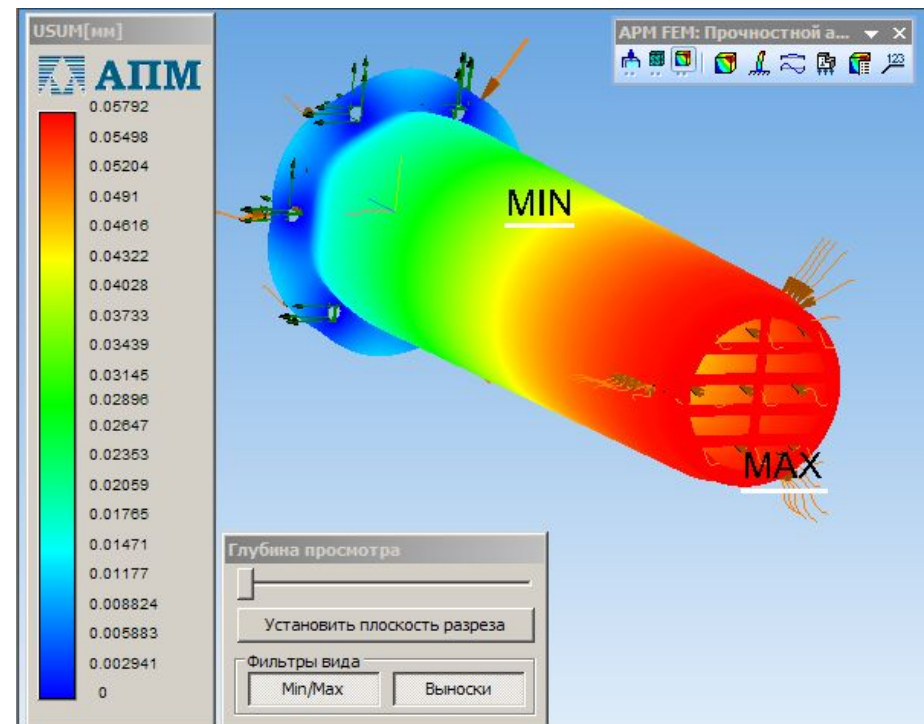
## Тепловой расчет. Задача термоупругости

### Результаты

Пример выполнения расчета(продолжение)...



Карта распределения

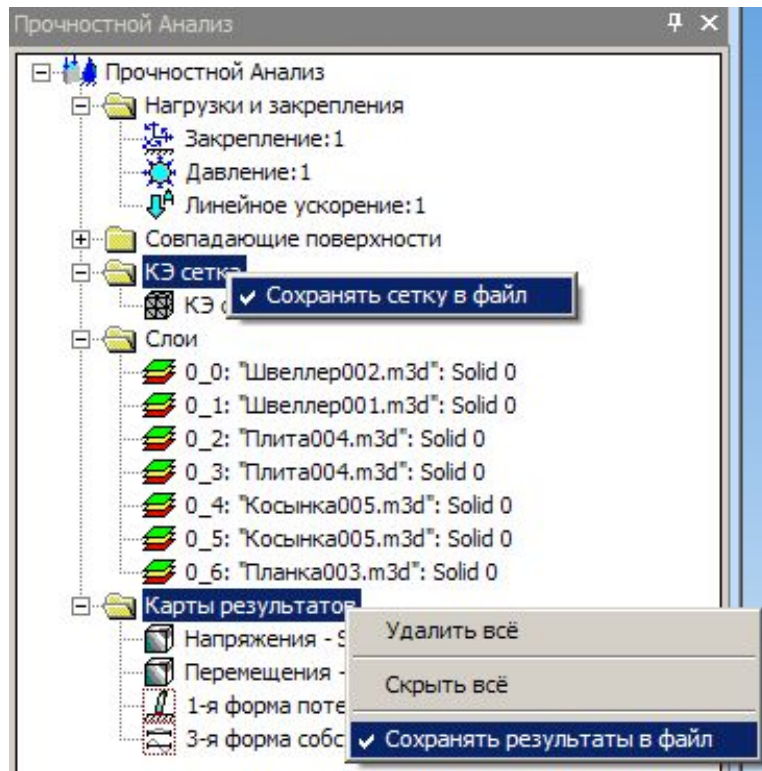


Карта распределения

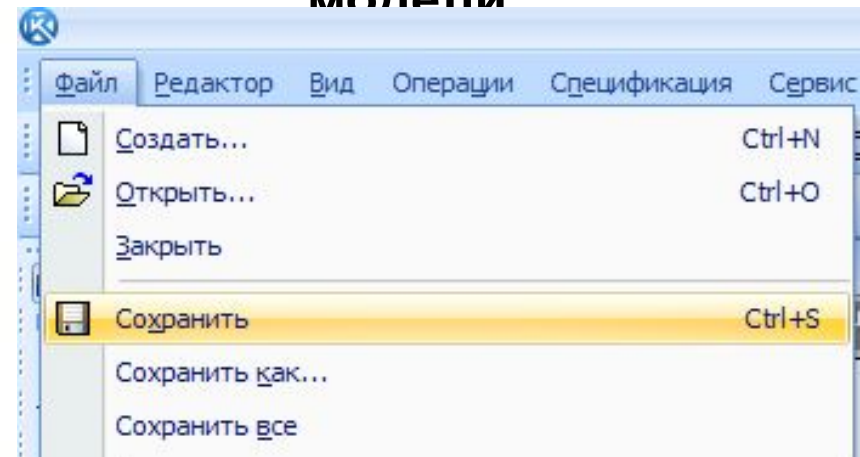
# Основные возможности

## Сохранения результатов расчетов в файл модели

Из контекстных меню в дереве выбираем соответствующие опции...



Сохраняем файл модели



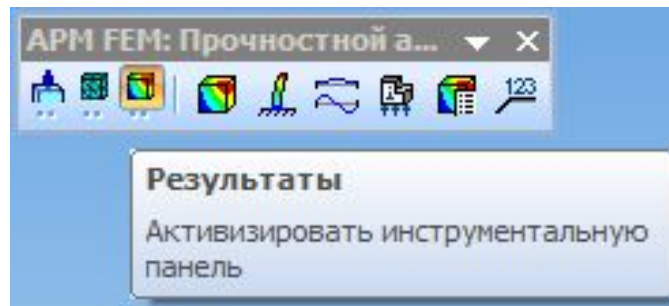
**ВАЖНО!**  
После сохранения результатов расчета в файл модели его размер многократно увеличивается!



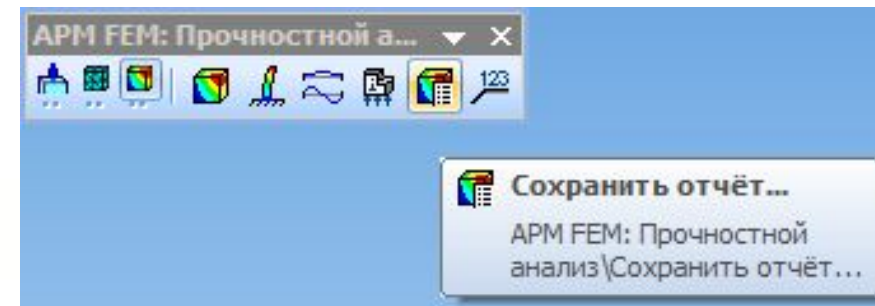
# Основные возможности

## Сохранение файла отчета

Активизируем режим просмотра результатов...



Выбираем соответствующую команду...



После сохранения получаем файл формата html, который можно открыть любым интернет браузером

# Основные возможности

## Сохранение файла отчета. Просмотр

Пример вывода файла отчета...

Свойства элементов (ID: 176, P2D: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100)

Параметры

Результаты расчета

# Основные возможности

## Интеграция с САЕ-системой APM WinMachine

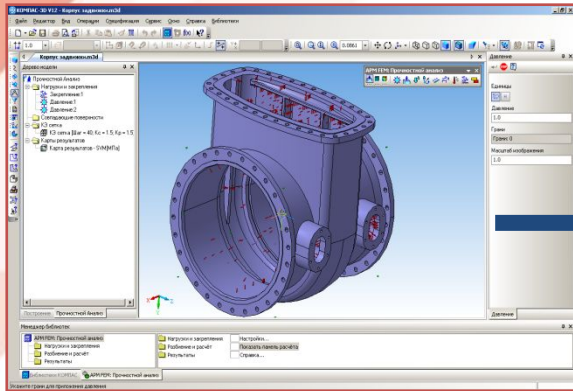
**Если описанных возможностей системы прочностного расчета APM FEM для КОМПАС-3D не хватает для решения Ваших задач, то продолжение расчетного анализа может быть осуществлено путем передачи расчетной модели из КОМПАС-3D в модуль прочностного анализа APM Structure3D, который является составной частью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



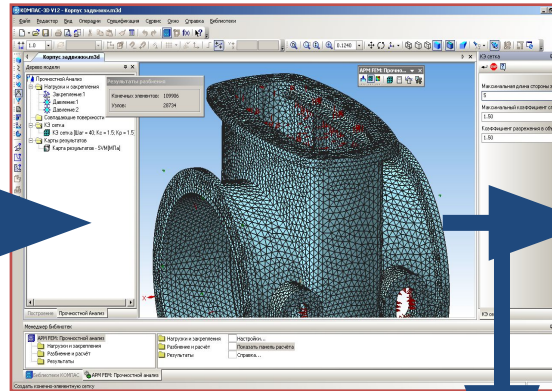
# Основные возможности

## Интеграция с САЕ-системой APM WinMachine

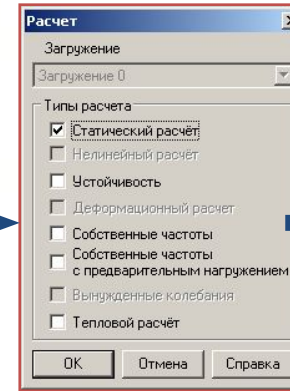
**Задание граничных условий**  
(закрепление, нагружение, указание  
совпадающих поверхностей)



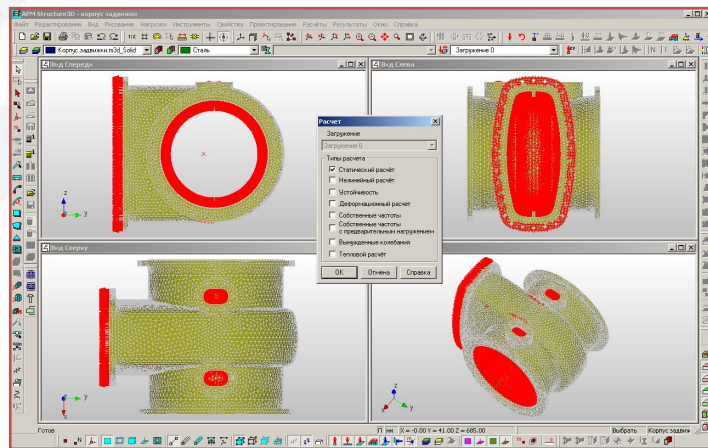
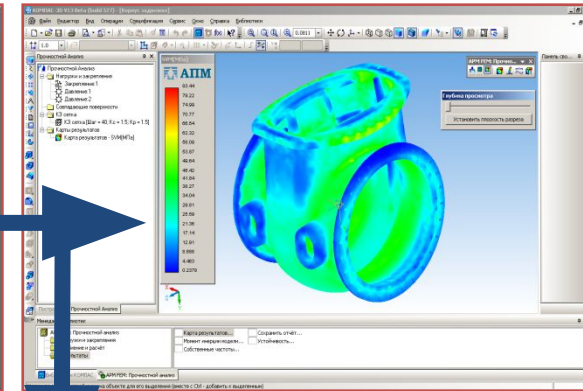
**Генерация конечно-  
элементной сетки**



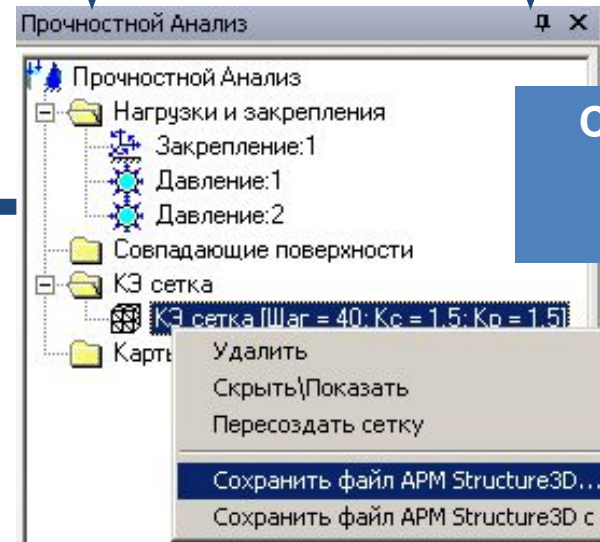
**Выбор типа  
расчета**



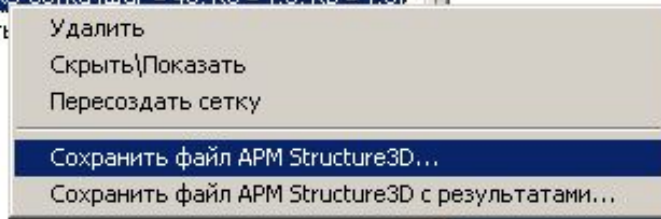
**Просмотр результатов  
расчета, генерация отчета**



**Рабочее окно модуля APM Structure3D**



**Сохранение файла  
для модуля  
APM Structure3D**



# Основные возможности

## Сравнение APM FEM и APM Structure3D по типам применяемых КЭ

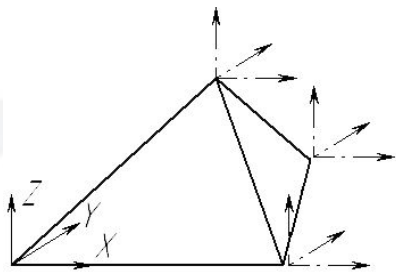
### APM FEM

Система прочностного анализа для КОМПАС-3D

Стержни -

нет  
Пластины -

нет  
Твердотельные  
элементы



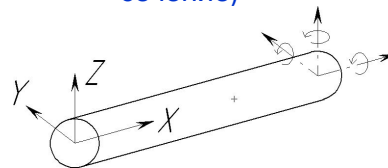
Специальные элементы -  
нет

### APM Structure3D

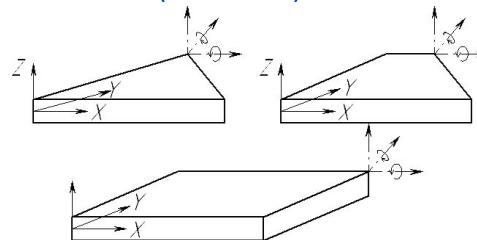
Модуль расчета напряженно-деформированного состояния, устойчивости, собственных и вынужденных колебаний деталей и конструкций

Стержни

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



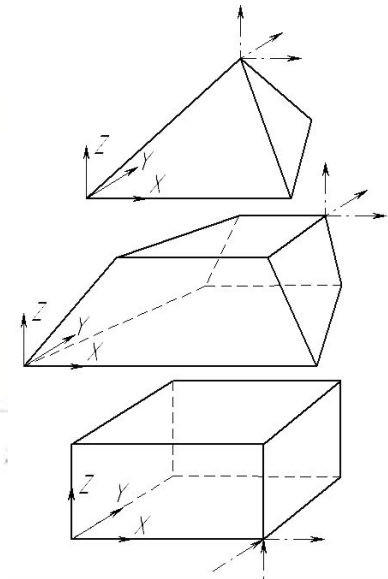
Пластины  
(оболочки)



Специальные элементы

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

Твердотельные  
элементы



APM Structure3D – предоставляет пользователю  
возможности

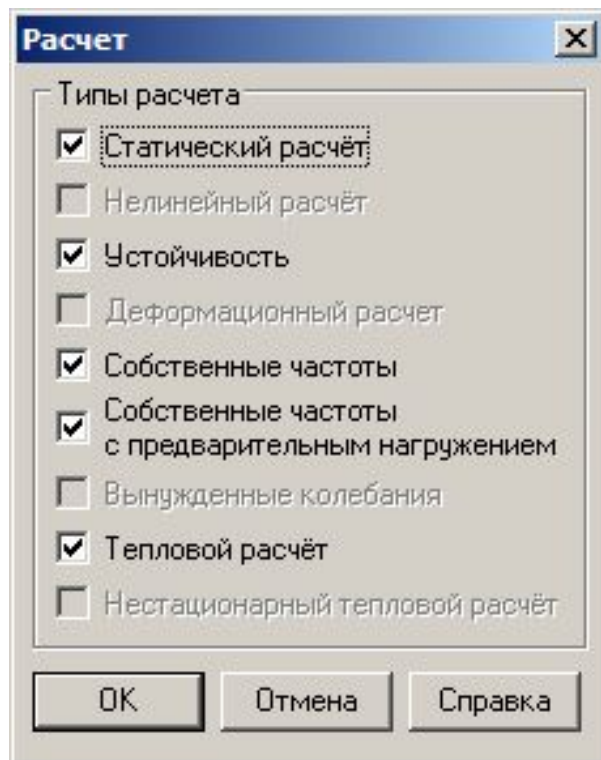
для углубленного и расширенного анализа

# Основные возможности

## Сравнение APM FEM и APM Structure3D по типам проводимых расчетов

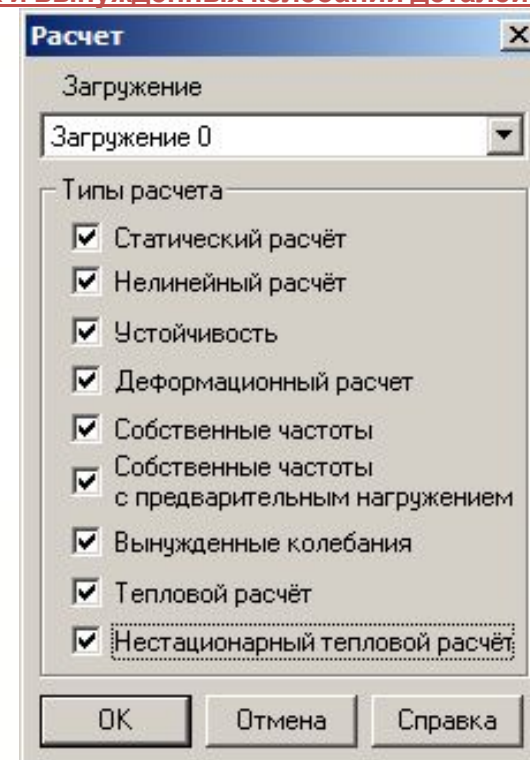
### APM FEM

Система прочностного анализа  
для КОМПАС-3D



### APM Structure3D

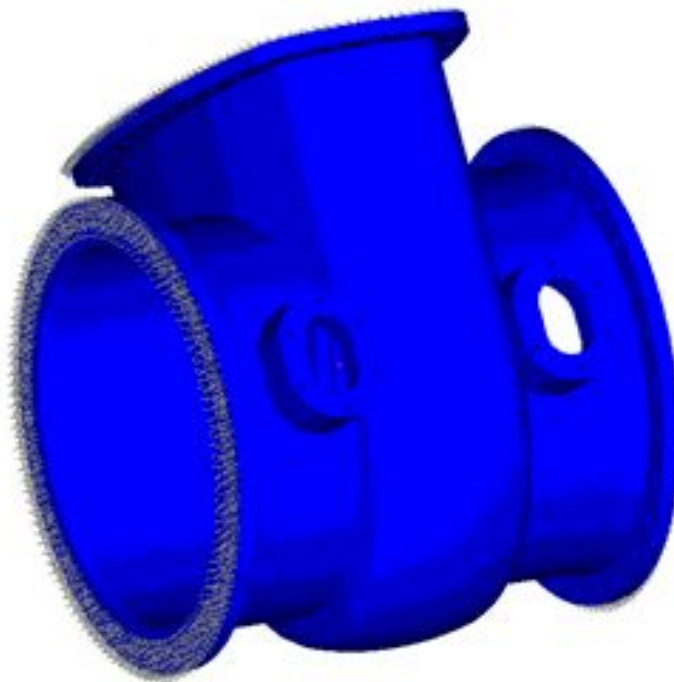
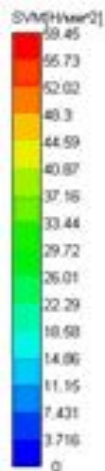
Модуль расчета напряженно-деформированного состояния,  
устойчивости,  
собственных и вынужденных колебаний деталей и конструкций



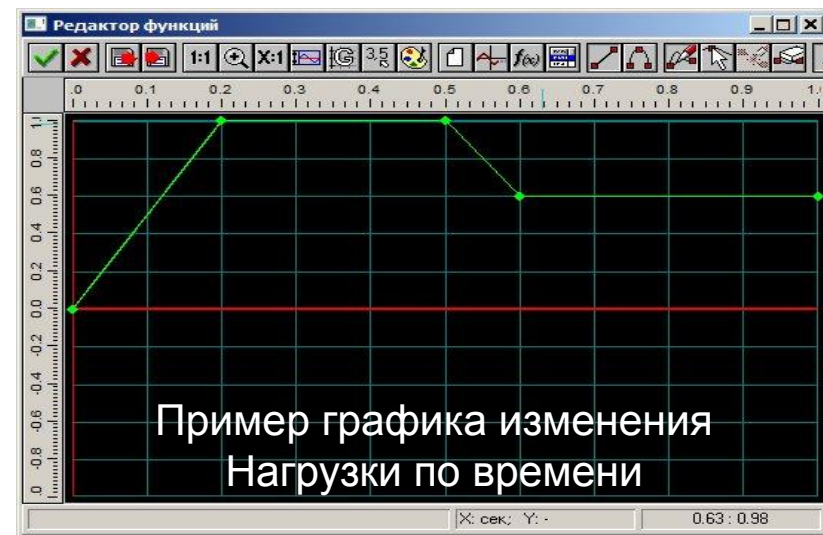


# Основные возможности Интеграция с САЕ-системой APM WinMachine

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



Анимация карты напряженного состояния после проведенного расчета на вынужденные колебания



# APM FEM для КОМПАС-3D

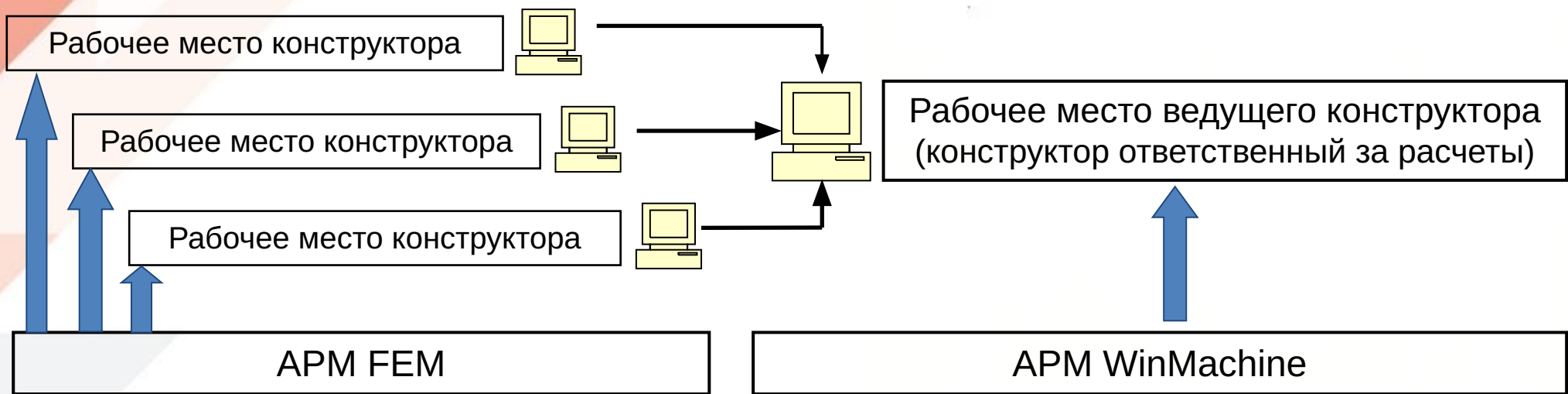
## Преимущества использования системы APM FEM

- **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**  
APM FEM – простое и недорогое решение, которое позволяет без приобретения «тяжелой» полнофункциональной CAE системы проводить оценку прочности элементов конструкции.
- **Интеграция с полнофункциональной CAE системой APM 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** (КЭ сетка с приложенными нагрузками и установленными опорами) **может быть передана в модуль прочностного анализа системы APM 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.



# Оснащение рабочего места конструктора

## Оптимальное оснащение рабочих мест КОМПАС-3D системами прочностного анализа APM FEM



- ✓ Интерфейс КОМПАС-3D
- ✓ Расчет твердотельных деталей и сборок
- ✓ Возможность передачи КЭ-сетки в APM Structure3D
- ✓ Простое и недорогое решение задач прочности

- ✓ Расчет и твердотельных и поверхностных деталей и сборок
- ✓ Расширенный функционал по работе с сетками, совпадающими гранями, нагрузками
- ✓ Расчет комплексных конструкций (из стержней, пластин и объемных КЭ) в APM Structure3D



# Спасибо за внимание!



Научно-технический центр «АПМ»

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

Тел./факс: +7(498) 600-25-10

Тел.: +7(495) 514-84-19

E-mail: [com@apm.ru](mailto:com@apm.ru)

Web: [www.apm.ru](http://www.apm.ru)