



Обзор текущих возможностей программных продуктов АРМ

(АРМ WinMachine, АРМ Civil Engineering, АРМ FEM для КОМПАС-3D)

Сергей Розинский

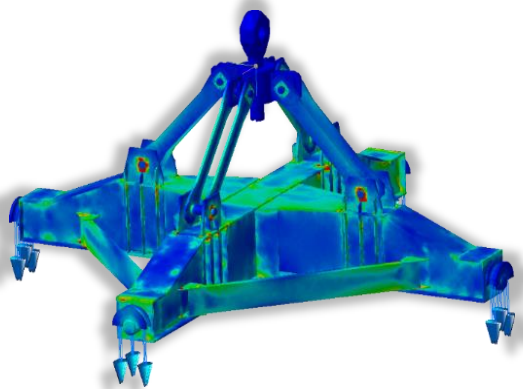


НТЦ «АРМ» - ведущий разработчик ПО для инженерных расчетов

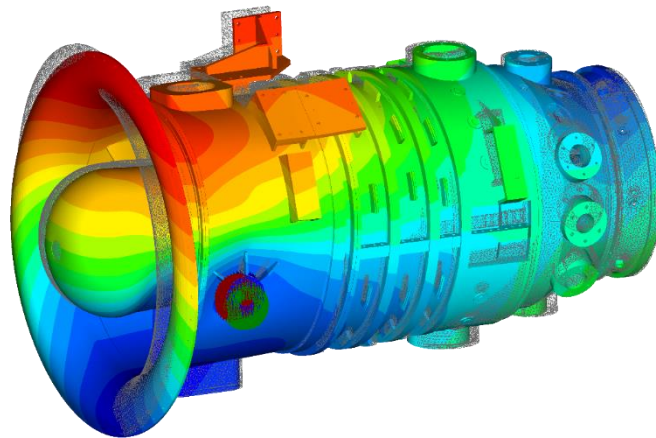




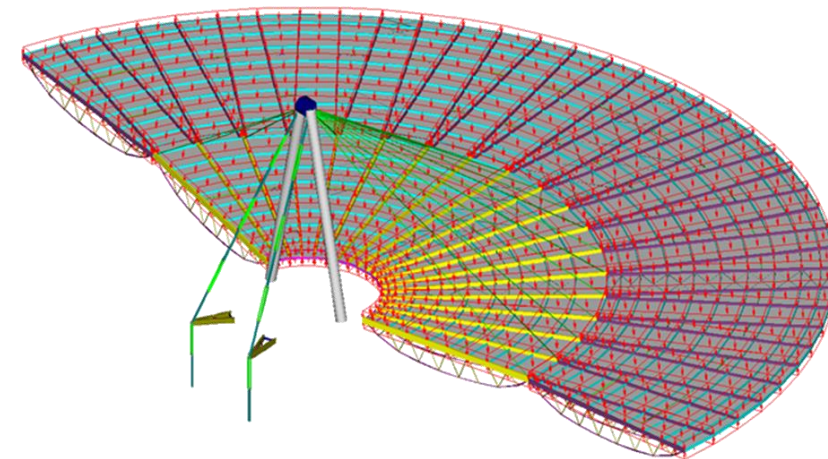
APM FEM
Прочностной анализ для КОМПАС-3D



APM WinMachine
Прочностной расчет и проектирование конструкций, деталей машин и механизмов



APM Civil Engineering
Расчет и проектирование конструкций для промышленного и гражданского строительства





Основные возможности АРМ FEM

СТАРТ

Типовой цикл расчета в АРМ FEM

ФИНИШ

Подключаем приложение АРМ FEM

Определяем совпадающие поверхности

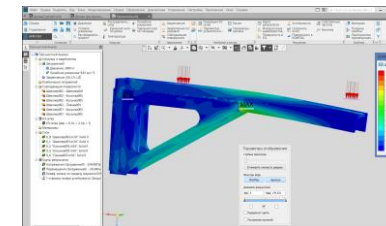
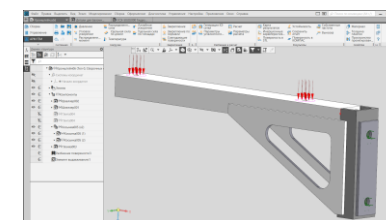
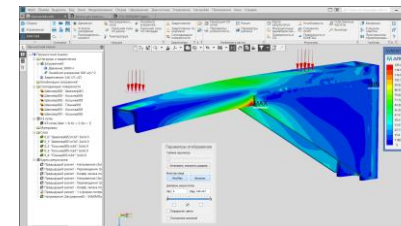
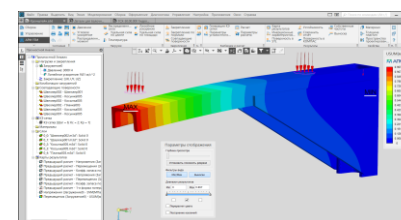
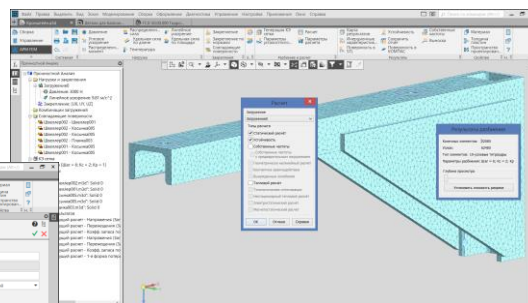
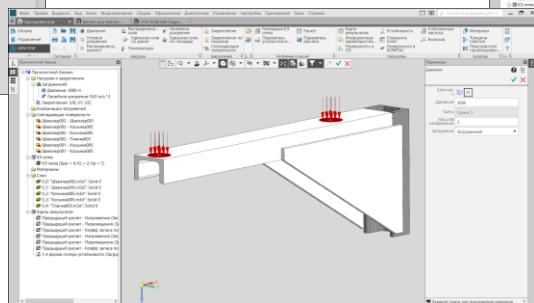
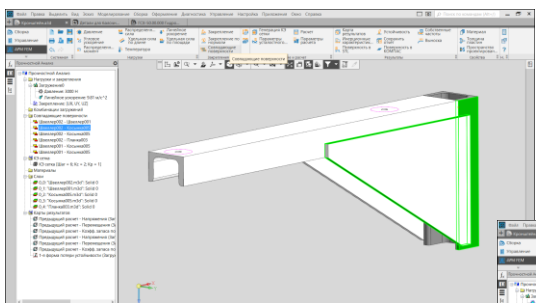
Вводим граничные условия

Генерируем КЭ-сетку

Запускаем необходимый расчет

Выводим, анализируем результаты

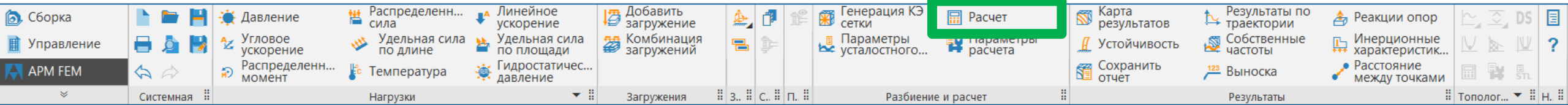
Меняем модель, делаем проверку новой конструкции





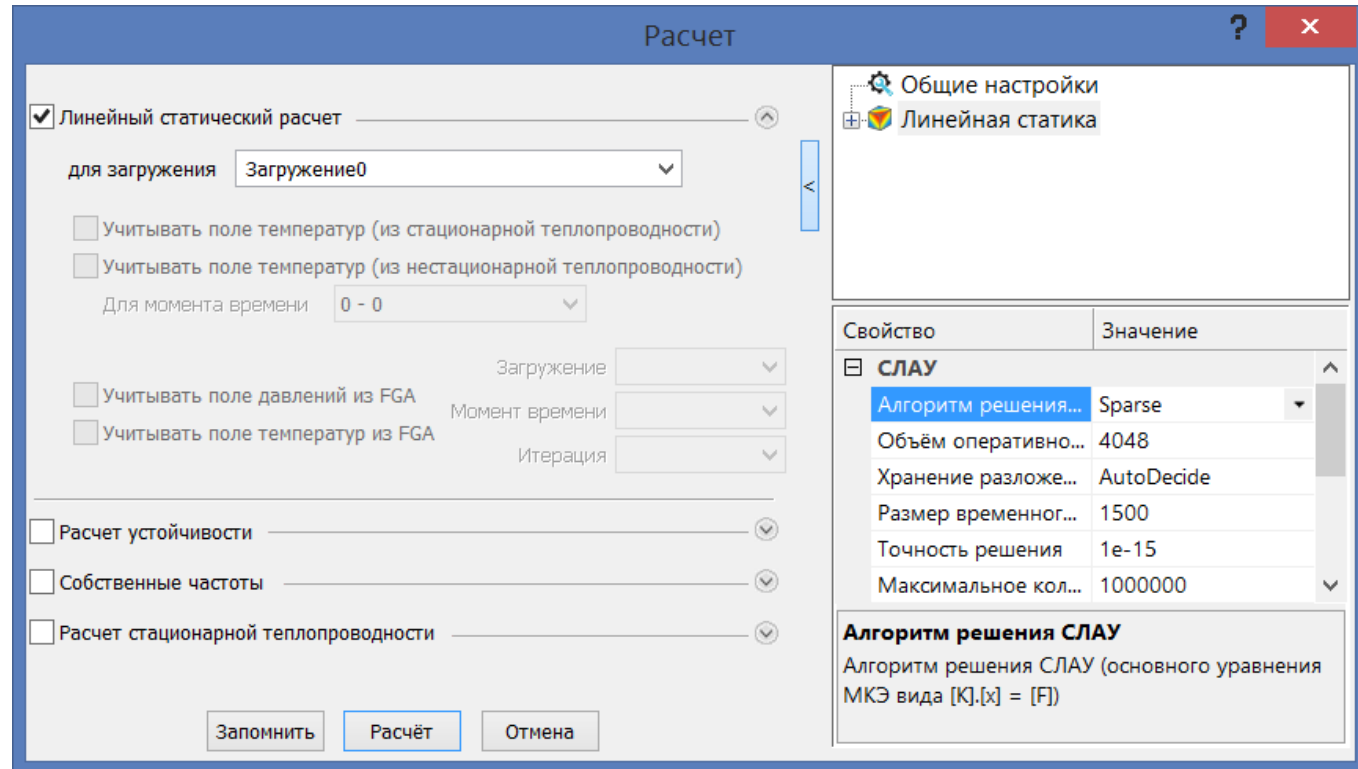
Основные возможности APM FEM

Выбор типа расчета



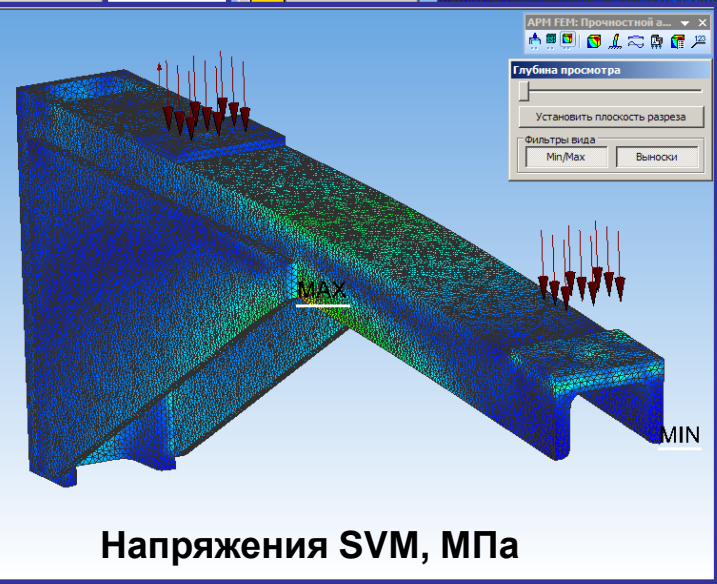
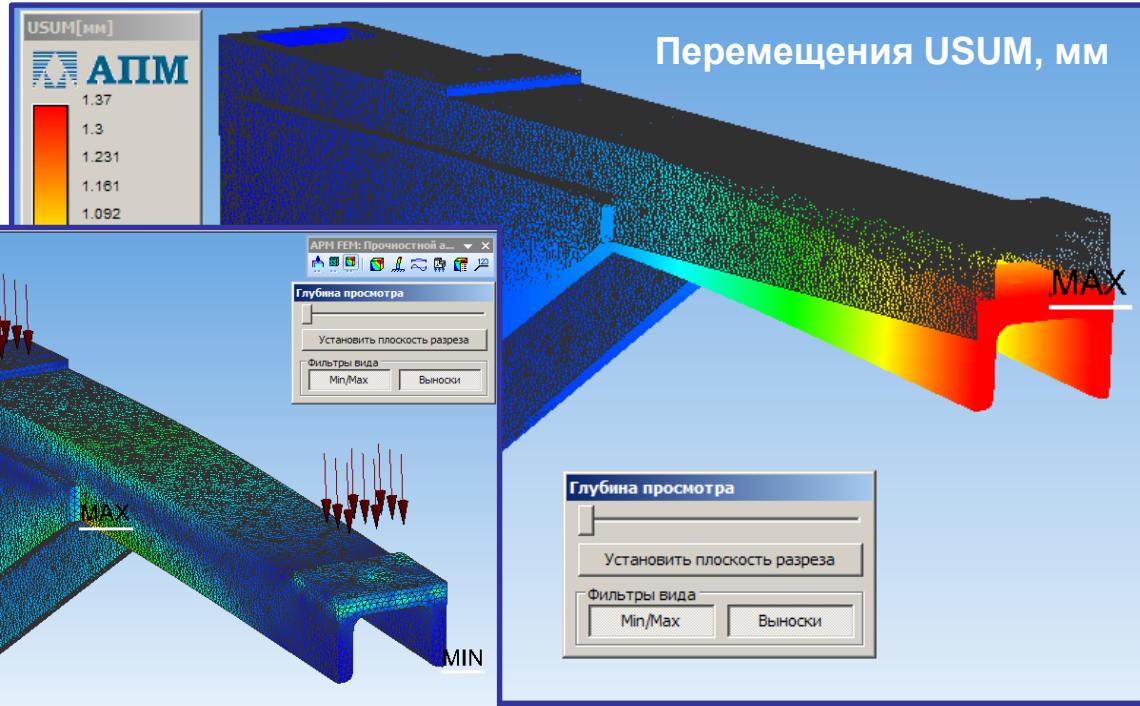
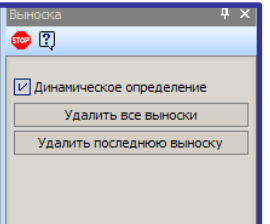
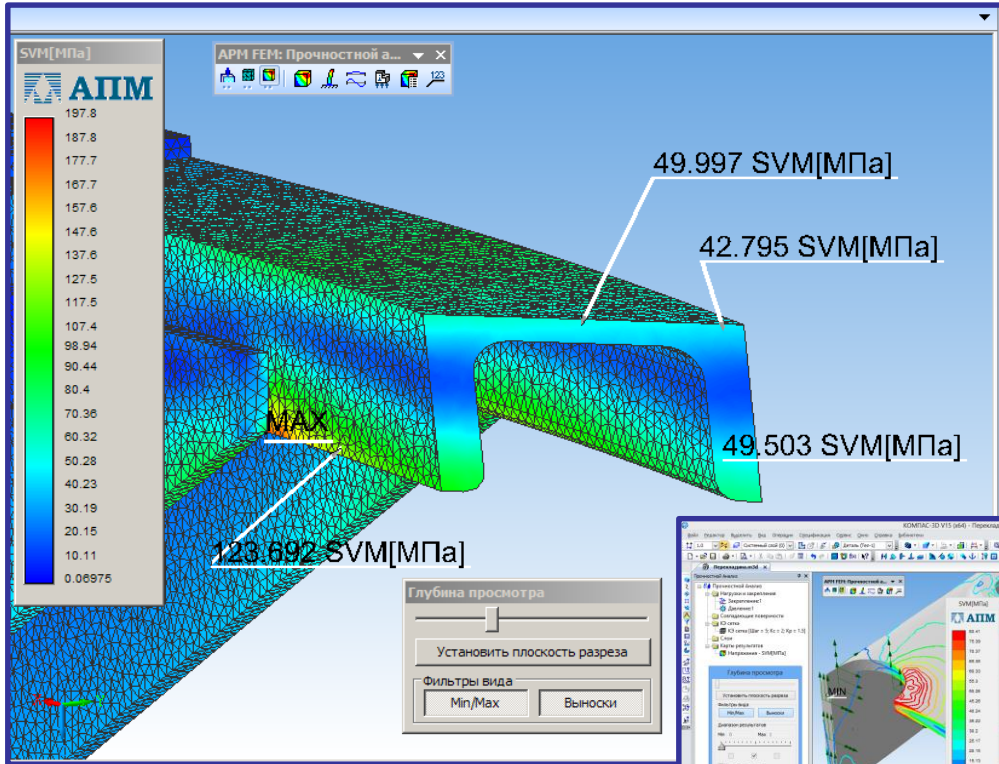
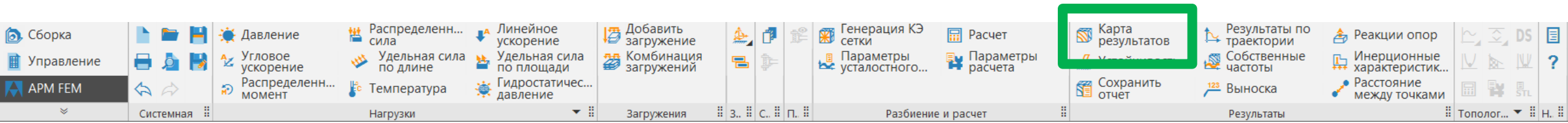
Расчеты доступные в APM FEM:

- ✓ 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





Основные возможности АРМ FEM



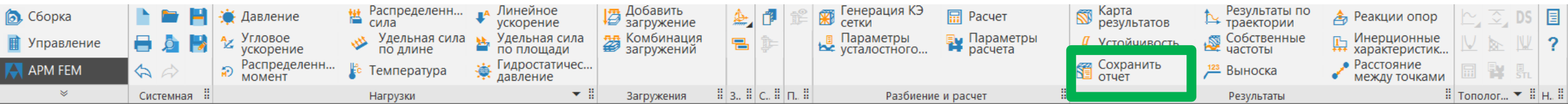
Напряжения SVM, МПа

Примеры вывода карт результатов



Основные возможности APM FEM

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



Bracket

Информация о проекте

Организация	
Автор	
Дата создания отчета	17.05.2016 10:56
Используемая программа	APM FEM для КОМПАС-3D
Путь к файлу	C:\Program Files\APM FEM\Sample Model\

Содержание

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

3) Информация о материалах

N	Имя материала
1	C:\Program Files\COMPAS-3D\Y16\Sample Model\Bracket.m3d

Наименование материала: Сталь

Предел текучести (MPa)	235
Модуль упругости (нормальный) (MPa)	200000
Коэффициент Пуассона	0.3
Плотность (кг/м³)	7800
Температурный коэффициент линейного расширения (LTC)	0.00012
Температурность (Вт/м²С)	55
Предел прочности при сжатии (MPa)	410
Предел пластичности при растяжении (MPa)	209
Предел пластичности при сжатии (MPa)	139

5) Информация о закреплениях

Наименование	Выборка объектов	X [мм]	Y [мм]	Z [мм]
Закрепление: Зафиксировано: 1	Группа: 2	Защита:	Защита:	Защита:

Закрепление по нормали

Наименование	Выборка объектов
Закрепление: Зафиксировано по нормали: 1	Группа: 4

6) Конечно-элементная сетка

Параметры результирующей сетки

Наименование	Значение
Тип элемента	10-уг. тетраэдр
Максимальная длина стороны элемента (мм)	4
Максимальный коэффициент искажения по деформации	1
Коэффициент сжатия в объеме	1
Количество конечных элементов	45391
Количество узлов	80554

7) Результаты

Результат расчета системы APM FEM для КОМПАС-3D является программно-матричным «Конечно-элементная программная система APM Explicit3D», являющаяся лицензионной версией №330 от 10.04.2013 г., заказной. Федеральной службой по интеллектуальной собственности и государственному изобретению (Роспатент), ФГУ «НИИ ИРЭ»

Информация о характеристиках модели

Наименование	Значение
Масса модели [кг]	1.84227
Центр тяжести модели [мм]	(0.02129; 0.013316; -0.000001)
Момент инерции модели относительно центра масс [кг*м²]	(0.014395; (0.45023; (-620.02430; 739.79611; 55.747539

Результаты статического расчета

Наименование	Тип	Минимальное значение
Эквивалентное напряжение по Мisesu	SVM (MPa)	0.019

1-я форма собственных частот

N	Коэффициент запаса по устойчивости
1	0.000305

Результаты расчета собственных частот

N	Частота [Гц/сек]
1	9746.387764
2	14811.744641
3	15696.947425
4	21072.455927
5	25968.401801

1-я форма собственных частот

2-я форма собственных частот

2-я форма собственных частот

Наименование	Тип	Минимальное значение
Коэффициент запаса по прочности		12.73188

2-я форма собственных частот

3-я форма собственных частот

4-я форма собственных частот

5-я форма собственных частот

4) Заключение

Сохранить отчет

Общие параметры

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

Результаты

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

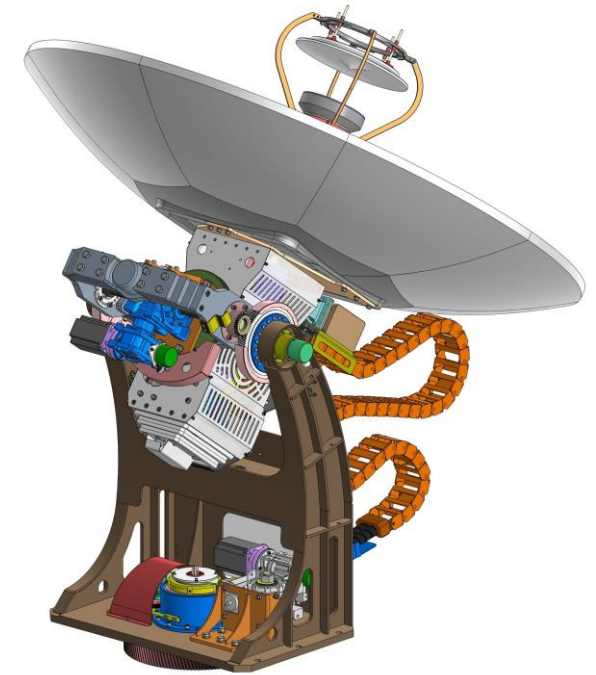
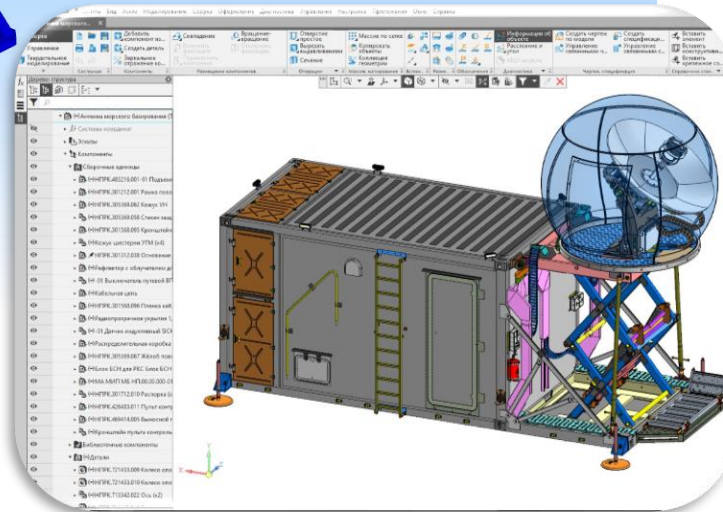
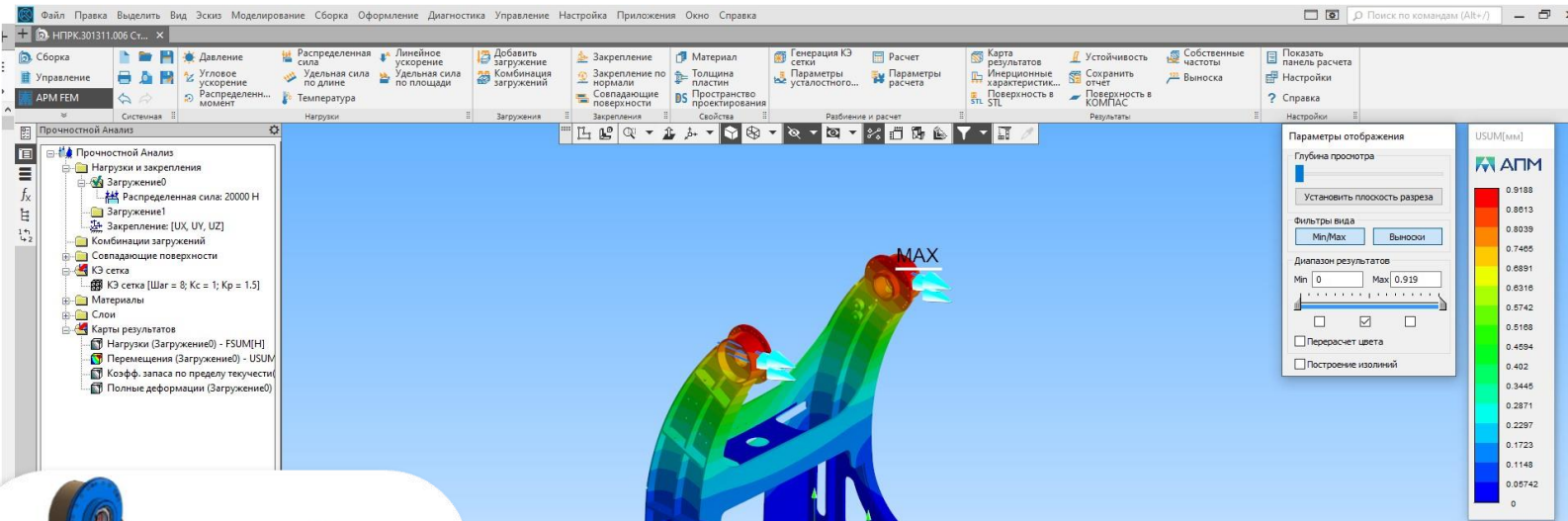
Запомнить | Выбрать все | По умолчанию | Ок | Отмена



Примеры применения АРМ FEM

ООО НПП «Инпроком»

Антенна
морского базирования

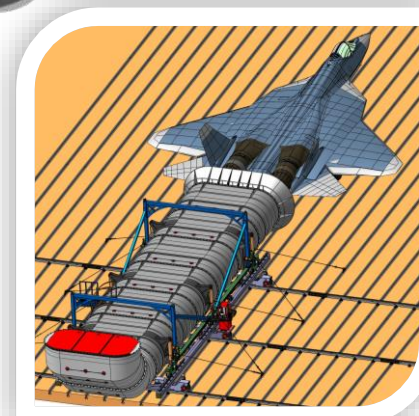
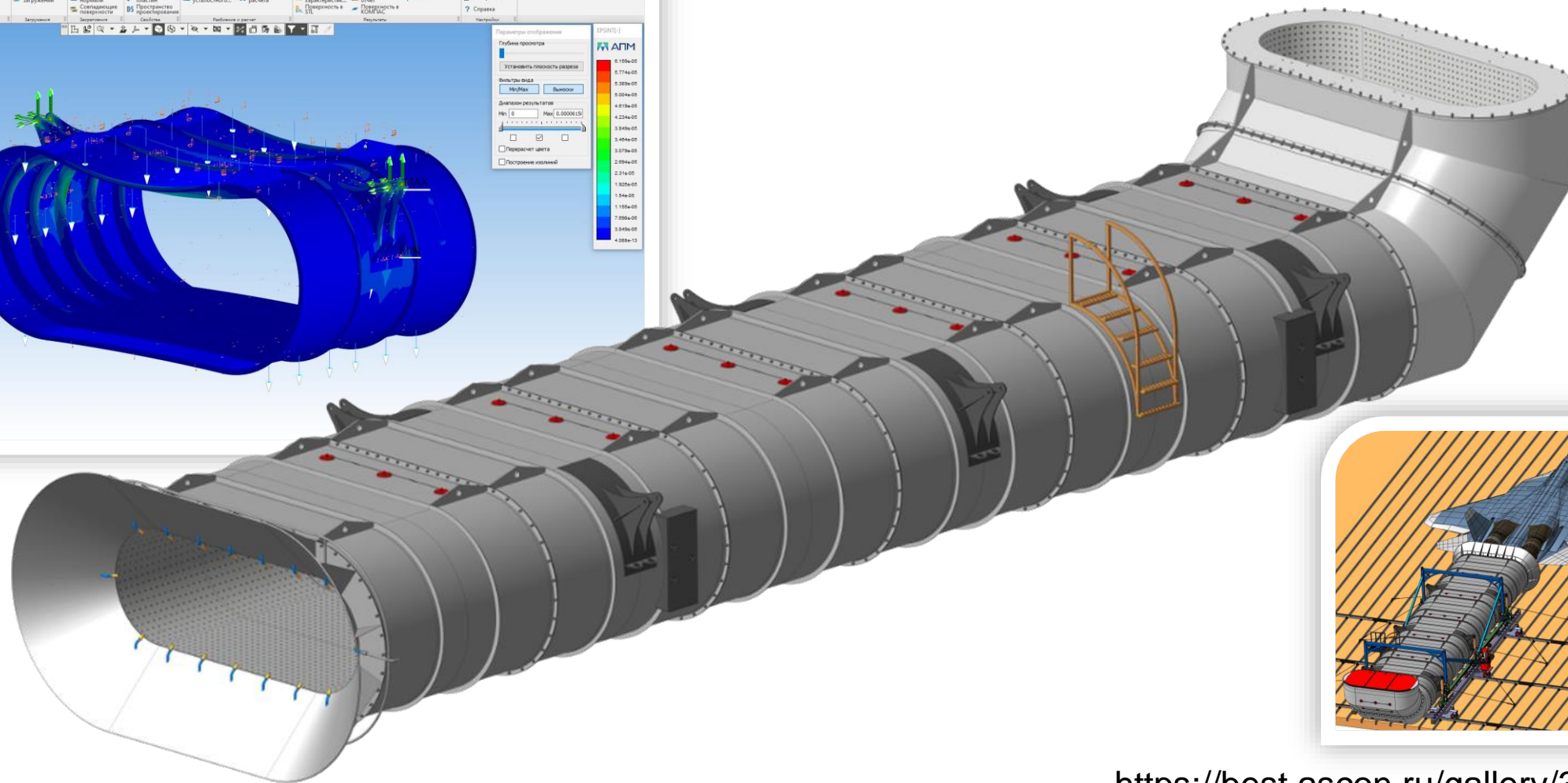
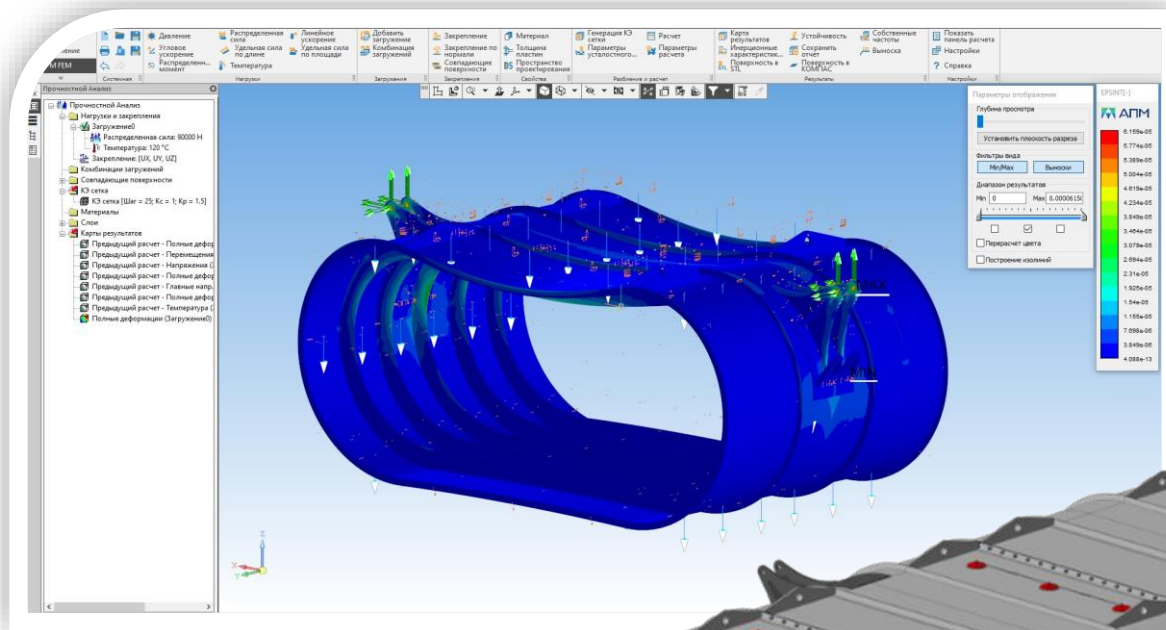




Примеры применения АРМ FEM

ООО НПП «Инпроком»

Глушитель



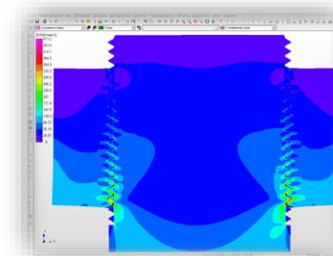
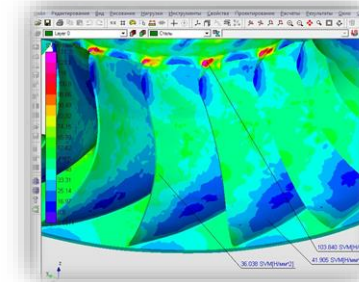
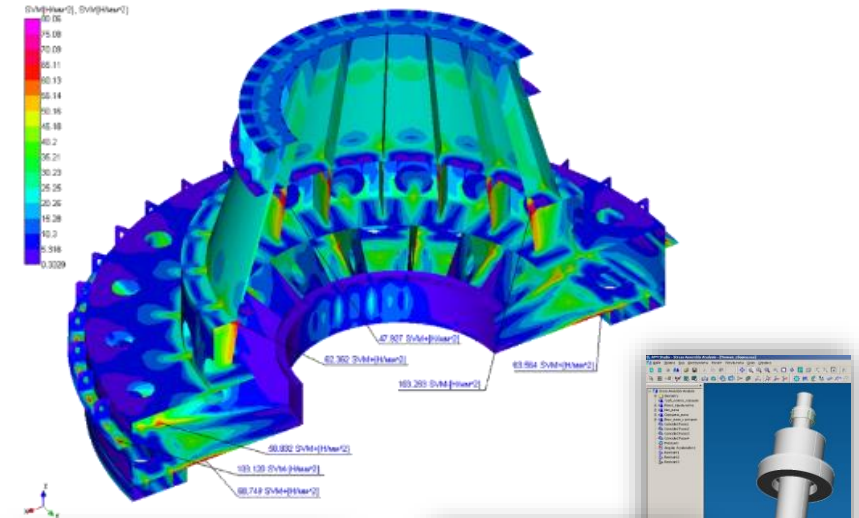


Основные возможности APM WinMachine

APM WinMachine – CAE-система автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и конструкций в области машиностроения

Основные решаемые задачи:

- ✓ Проектировочные и проверочные расчеты деталей машин;
- ✓ Кинематический и динамический анализ рычажных механизмов;
- ✓ Подготовка моделей к конечно-элементному анализу, генерация сеток конечных элементов;
- ✓ Анализ напряженно-деформированного состояния, устойчивости, собственной и вынужденной динамики, стационарной и нестационарной теплопроводности;
- ✓ Расчет соединений элементов конструкций.



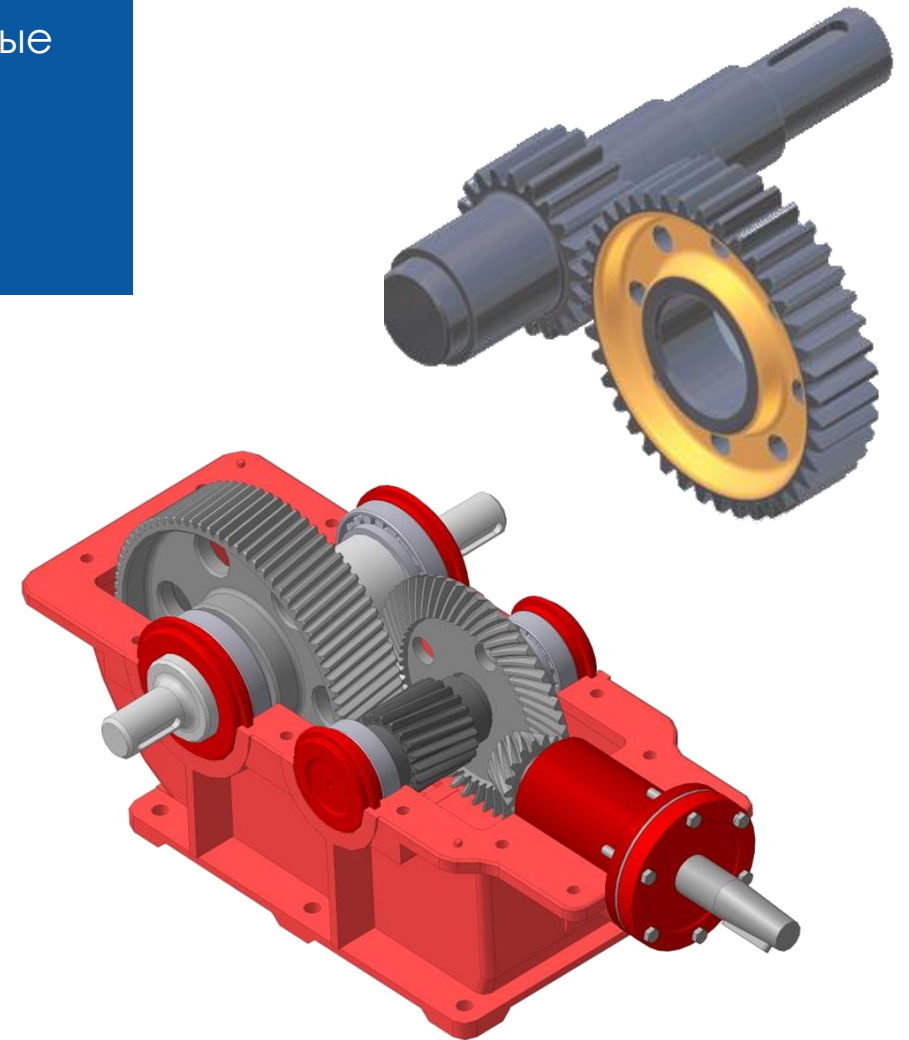


Основные возможности APM WinMachine

РАСЧЕТ и ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН и МЕХАНИЗМОВ
Позволяет конструкторам выполнять проектировочные и проверочные расчеты деталей машин и механизмов с использованием инженерных методик, а также создавать документацию в соответствии и ЕСКД с использованием баз данных стандартных изделий и материалов.

Состав расчетных модулей:

- APM Drive** - проектирование привода вращательного движения
- APM Trans** - расчет и проектирование механических передач вращения
- APM Shaft** - расчет и проектирование валов и осей
- APM Bear** - расчета и проектирования подшипниковых узлов качения
- APM Plain** - расчета и проектирования подшипников скольжения
- APM Spring** - расчета и проектирования упругих элементов машин
- APM Screw** - расчета неидеальных винтовых передач
- APM Cam** - расчета и проектирования кулачковых механизмов
- APM Joint** - расчета и проектирования соединений элементов машин
- APM Dynamics** - динамический анализ стержневых систем





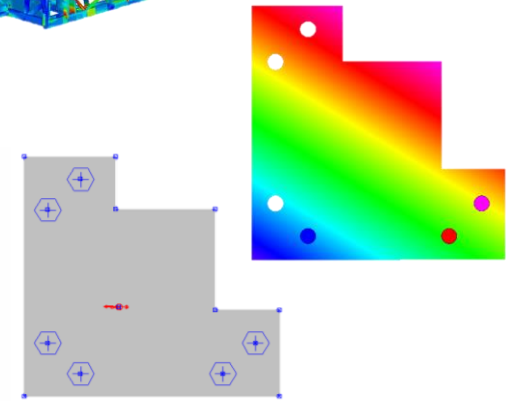
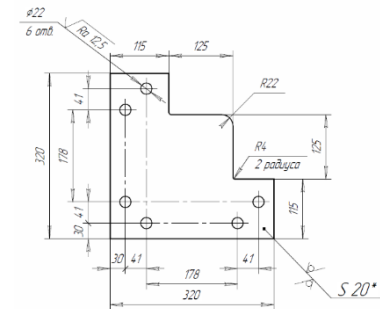
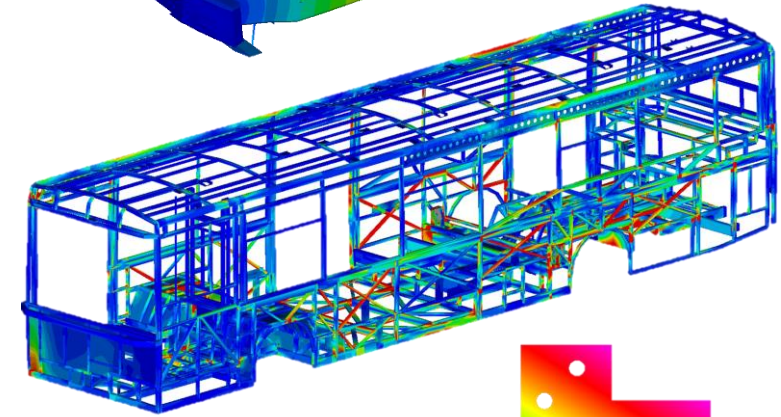
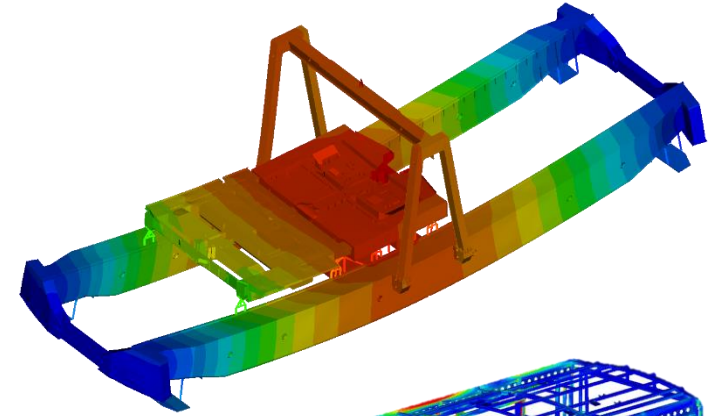
Основные возможности APM WinMachine

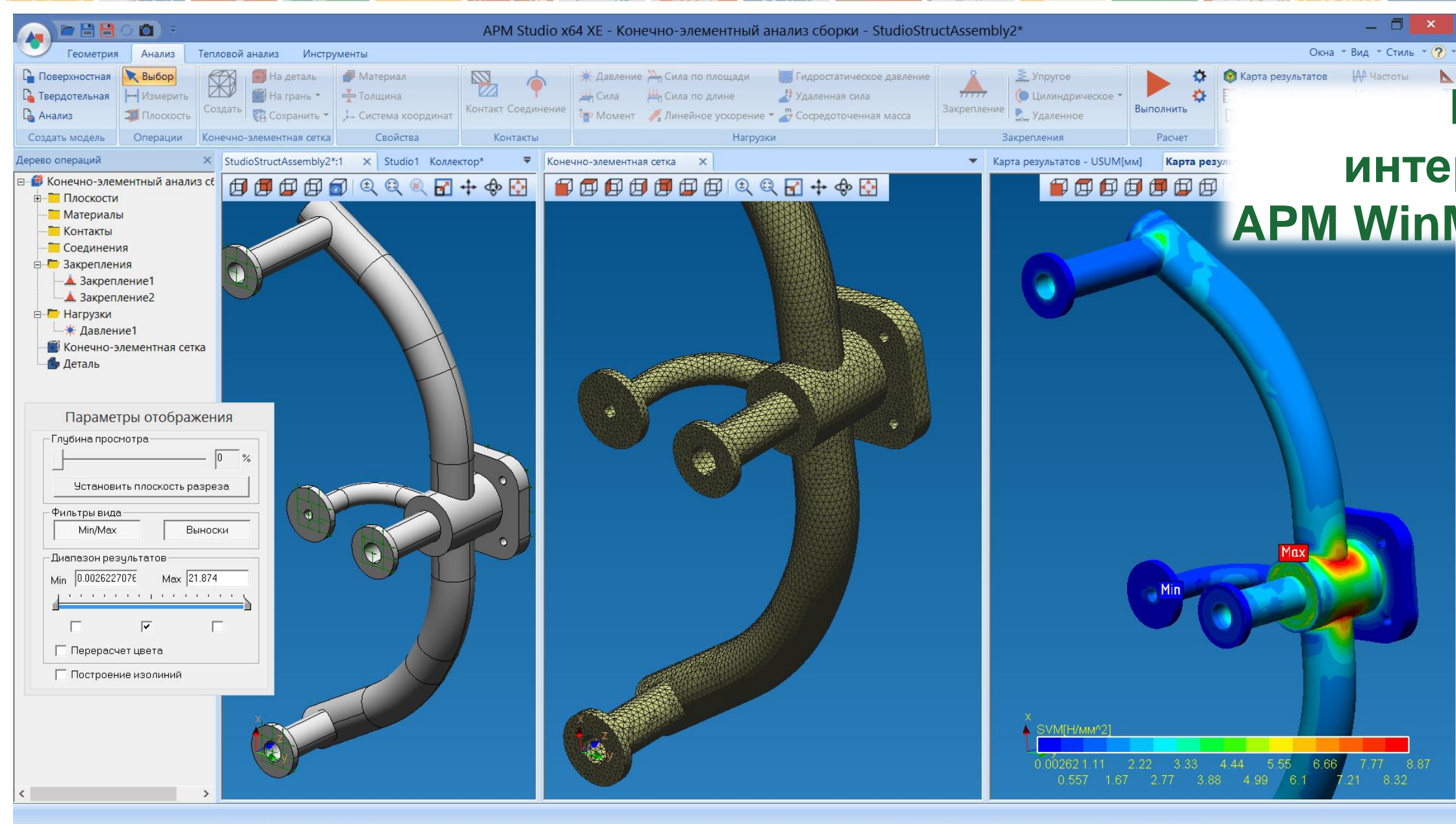
Анализ напряженно-деформированного состояния трехмерных объектов любой сложности.

Инструменты конечно-элементного анализа позволяют подготовить к расчету модель конструкции с использованием балочных, пластинчатых и твердотельных, а также специализированных типов конечных элементов.

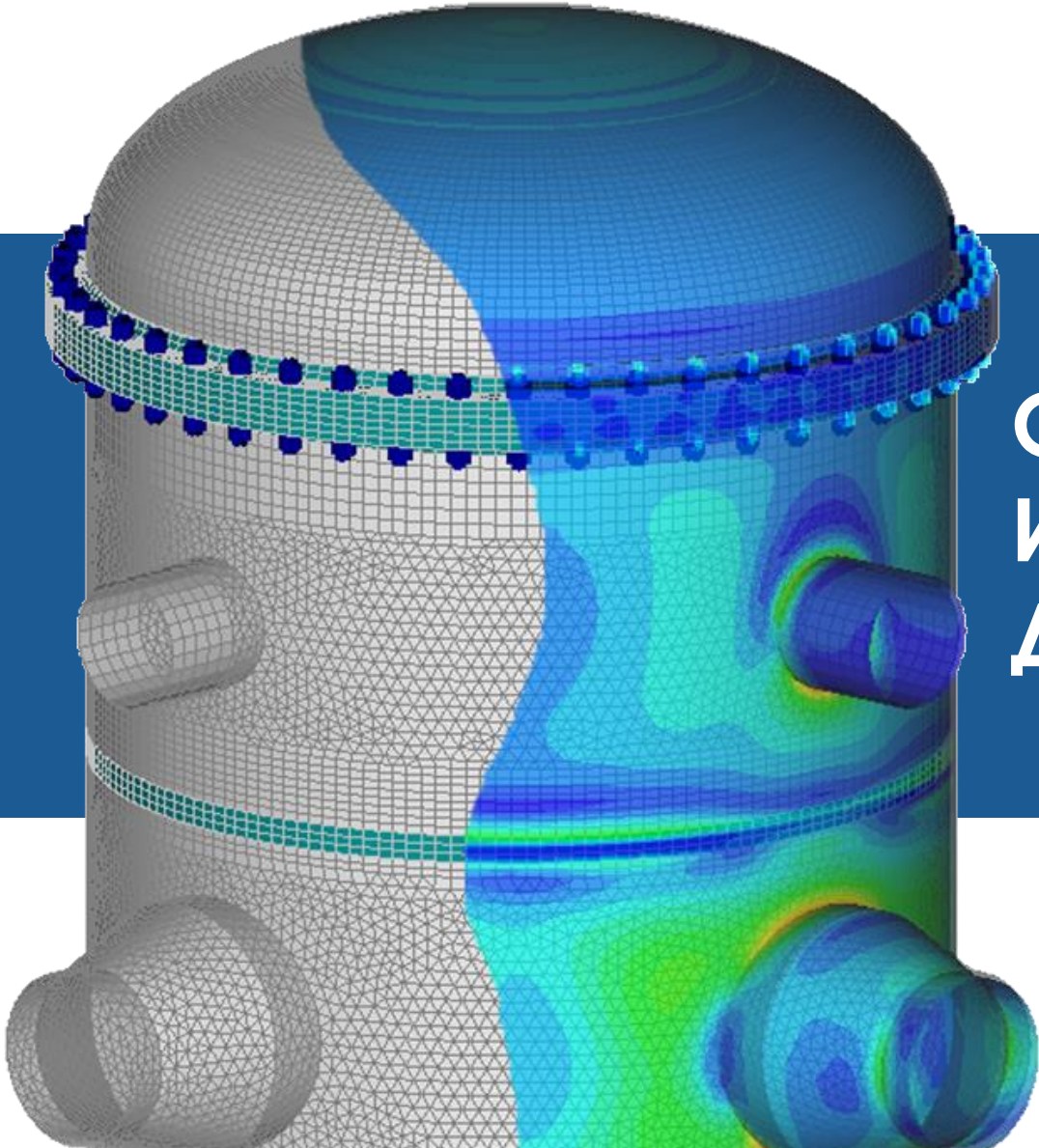
Основные возможности:

- Линейный статический расчет;
- Усталостный расчет;
- Расчет устойчивости (коэф. запаса и формы потери устойчивости);
- Расчет собственных частот (определение частот колебаний и собственных форм);
- Нелинейный анализ (физическая, геометрическая нелинейность, контактная задача);
- Тепловой анализ (стационарный и нестационарный);
- Расчет вынужденных колебаний (анимация колебательного процесса);
- Гармонический анализ; Расчет ШСВ;
- Проверка несущей способности, автоматический подбор поперечного сечения;
- Работа с материалами (изотропными, анизотропными и т.д.);
- Расчеты сварных, резьбовых, заклепочных соединений.





Пример
интерфейса
APM WinMachine



ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ПРОЧНОСТНОГО АНАЛИЗА



Основные возможности APM WinMachine

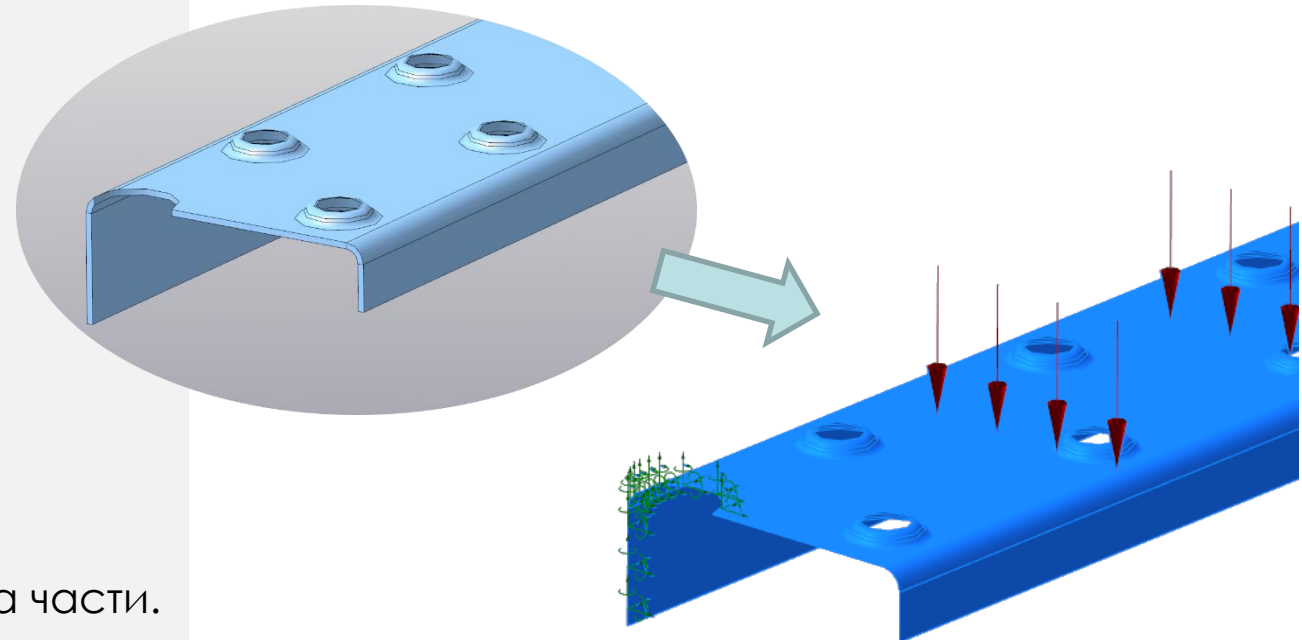
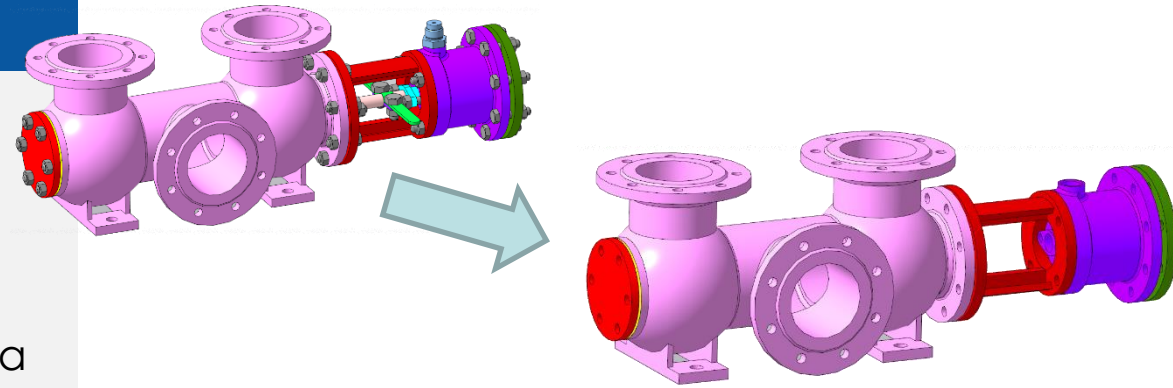
Подготовка расчетной модели

• Упрощение

- Исключение из расчета деталей крепления типа болты, заклепки, сварные швы и т.п.;
- Убираем незначительные геометрические примитивы типа фаски, скругления, отверстия и т.п.;
- Отсекаем симметричную часть модели.

• Преобразование

- Твердое тело → в оболочки;
- Твердое тело → в точечную массу;
- Твердое тело → в балки (в разработке);
- «Сращиваем» некоторые детали воедино;
- «Разрезаем» некоторые детали и/или поверхности на части.





Основные возможности APM WinMachine

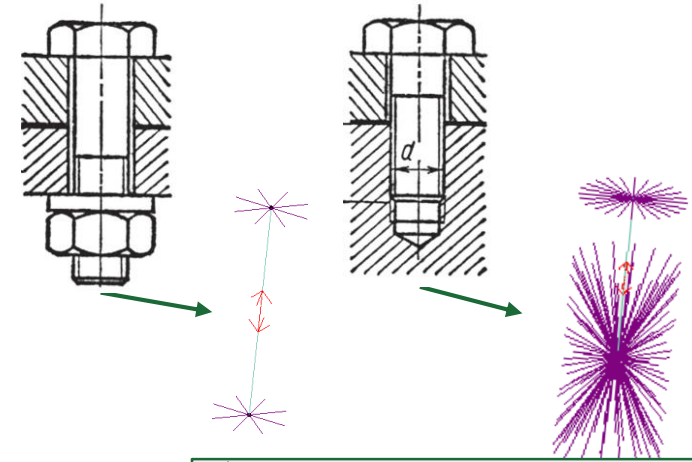
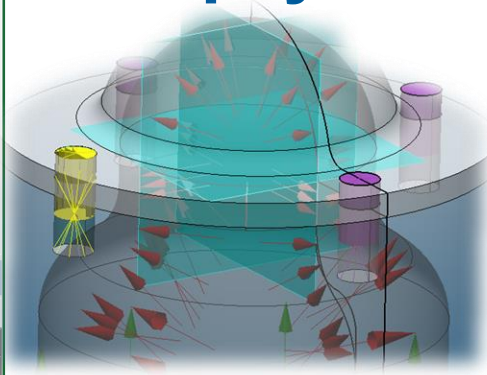
Виртуальные соединители. БОЛТЫ. ПРУЖИНЫ

Дерево операций

- Конечно-элементный анализ
 - Плоскости
 - Материалы
 - Геометрия
 - Контакты
 - Соединения
 - Болт1
 - Болт2
 - Болт3
 - Болт4

Свойства

Свойство	Значение
Свойства	
Материал	Сталь
Сечение	Круглое
Радиус, мм	8
Длина, мм	25.000000
Тип соединения	
Тип соединения	Деталь-Деталь
Деталь 1	
Объекты	Выбрать
Очистить	
Количество	1
Система координат	ГСК
Координата X начала	5.329070518e-15
Координата Y начала	10
Координата Z начала	80
Положение	Выбрать
Деталь 2	
Объекты	Выбрать
Очистить	
Количество	1
Система координат	ГСК
Координата X конца	2.220446049e-15
Координата Y конца	-15
Координата Z конца	80
Положение	Выбрать
Поведение соединения	
Поведение соединения	Жесткое
Предварительная затяжка	
Способ задания	Осевая сила
Значение, Н	300

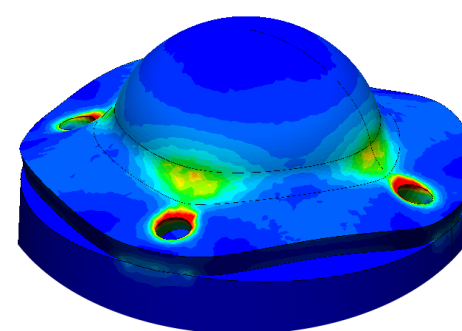
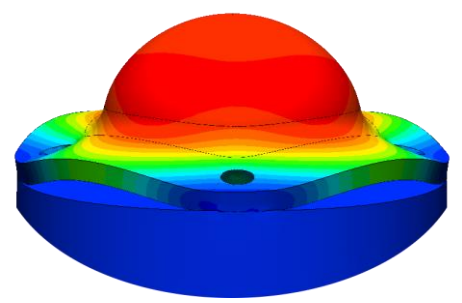


Соединение

Болт

Пружина

Контакты



ПКМ

Анализ

- Статический анализ
 - Закрепления
 - Нагрузки
 - Усилия в Болте1
 - Усилия в Болте2
 - Усилия в Болте3
 - Усилия в Болте4
 - Тепловой расчет
 - Нелинейный анализ

Свойства

Свойство	Значение
Свойства	
Болт	Болт3
Тип расчета	Контактное взаимодействие
Результаты	
Осевая сила, Н	-7639.562419
Крутящий момент, Нмм	140.5185453
Поперечная сила в узле 1, Н	1127.969118
Поперечная сила в узле 2, Н	1127.969118
Изгибающий момент в узле 1, Н...	23891.44205
Изгибающий момент в узле 2, Н...	4506.960034

Тип

соединения

Деталь-Деталь

Деталь-Земля

Поведение

соединения

Жесткое

Деформируемое

Балочное

Предварительная

затяжка

Осевая сила

Момент затяжки

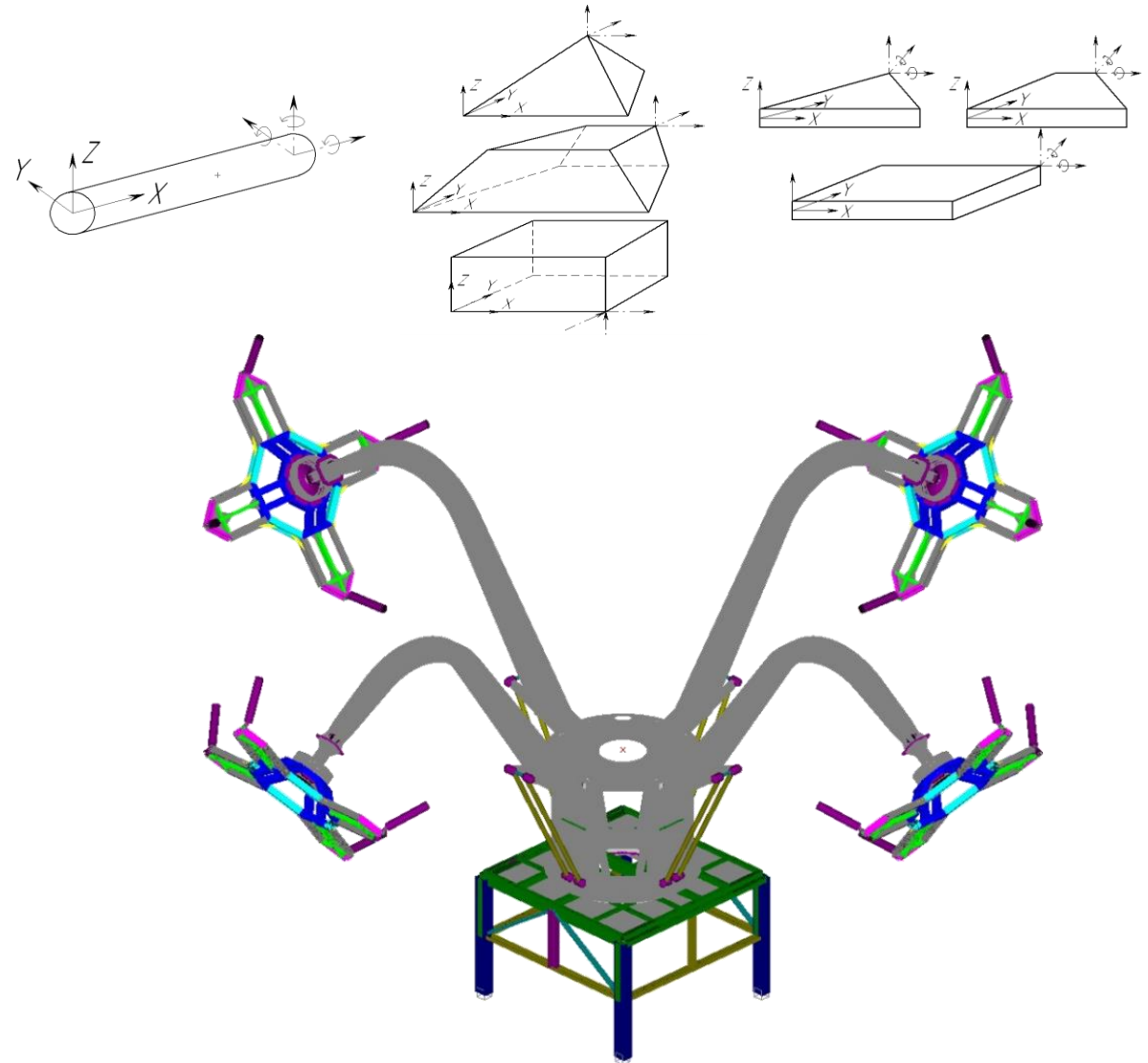
Смещение



Основные возможности APM WinMachine

Применяемые типы конечных элементов

- **Стержневые**
(произвольных поперечных сечений, в том числе по типам - балки, фермы, канаты);
- **Пластинчатые** (оболочки)
(треугольные и четырехугольные);
- **Твердотельные**
(изопараметрические первого порядка (четырёх-, шести- и восьмиузловые) и высших порядков (десяти- и двадцатиузловые));
- **Специальные элементы**
(PIPE, RBE, упругие связи, упругие опоры, контактные элементы, сосредоточенные массы и моменты инерции и т.д.).





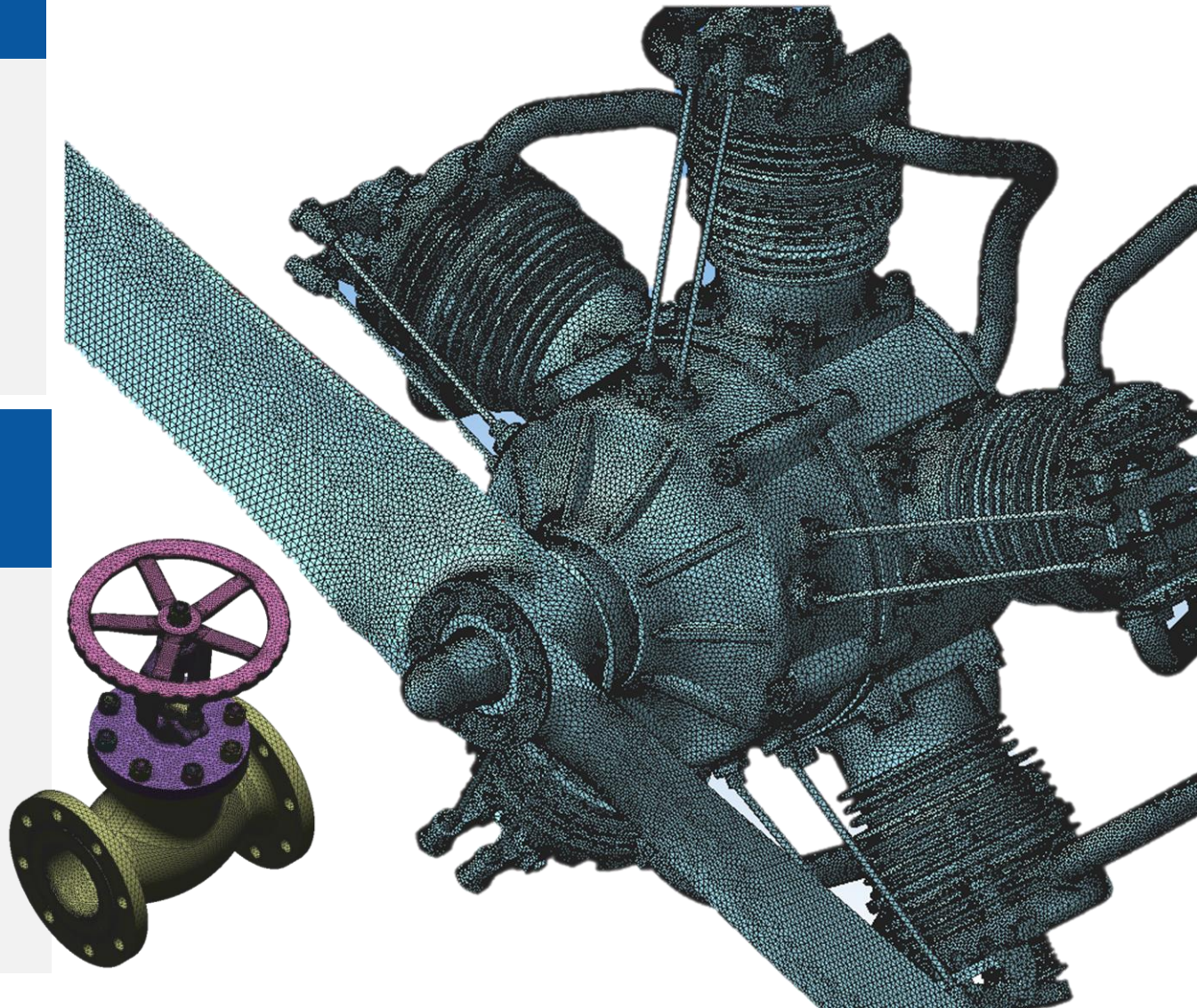
Основные возможности APM WinMachine

Построение расчетной модели

- Набор специализированных инструментов для построения КЭ модели;
- Импорт 3D-геометрии из обменных форматов наиболее распространенных типов, включая C3D;
- Импорт КЭ-сеток.

Основные возможности генератора сеток

- Разбиение поверхностных и твердотельных трехмерных моделей;
- Автоматическое создание сеток как с постоянным, так и с адаптивным шагом разбиения;
- Принудительное разбиение отдельных ребер, граней, деталей (до создания основной сетки).

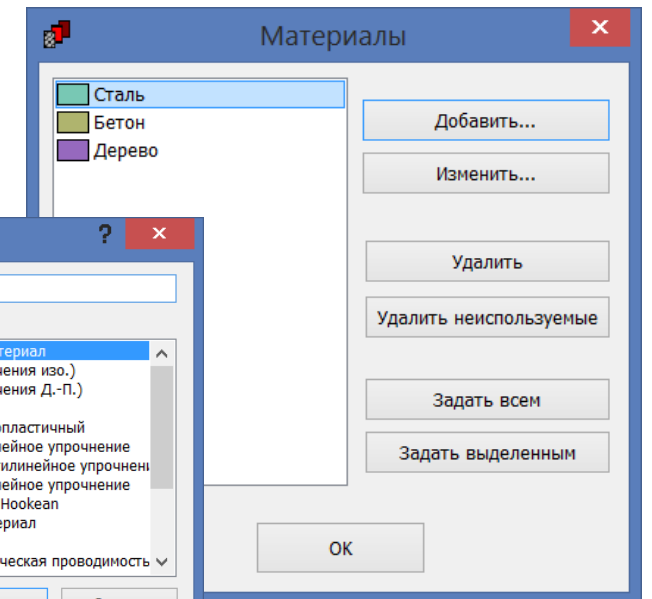
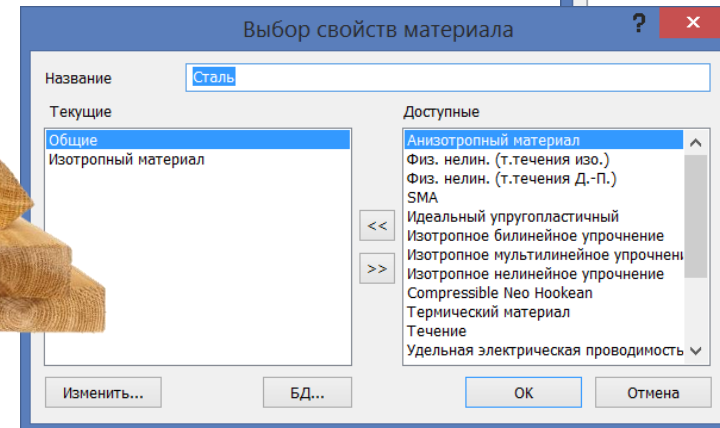
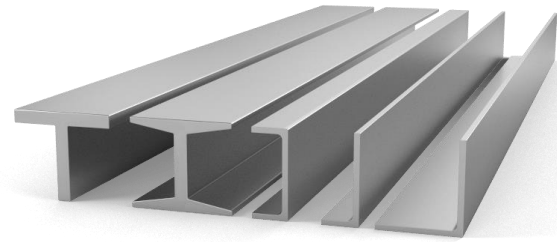
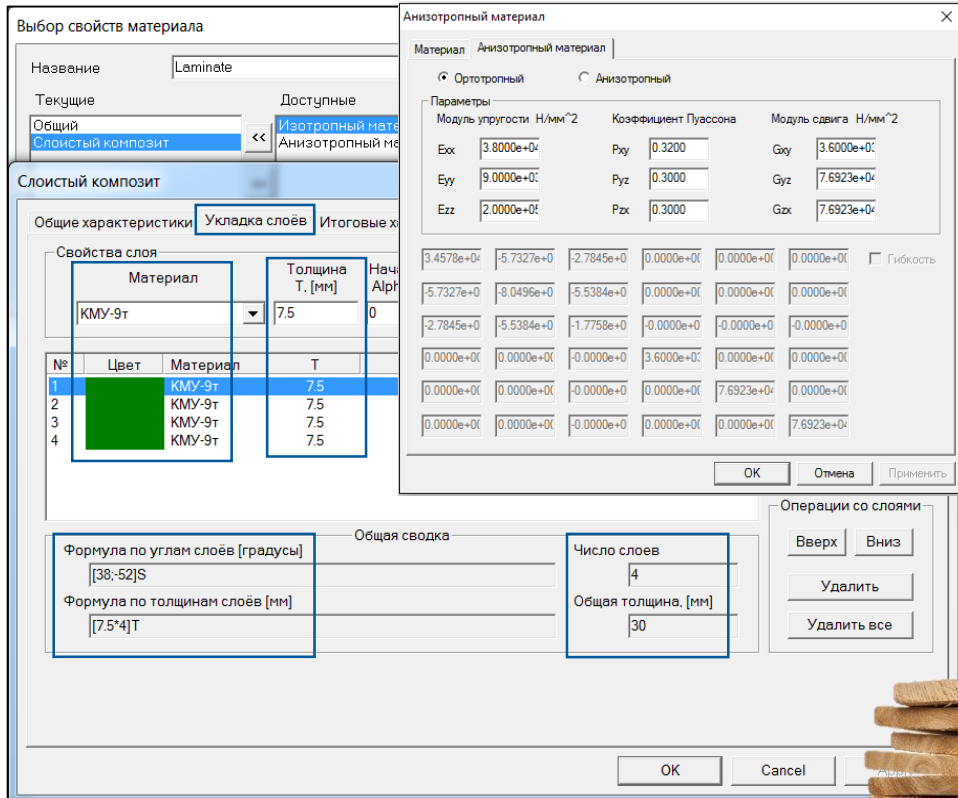




Основные возможности APM WinMachine

Типы материалов

- Изотропные;
- Ортоотропные;
- Анизотропные;
- Композиционные (ламинаты).



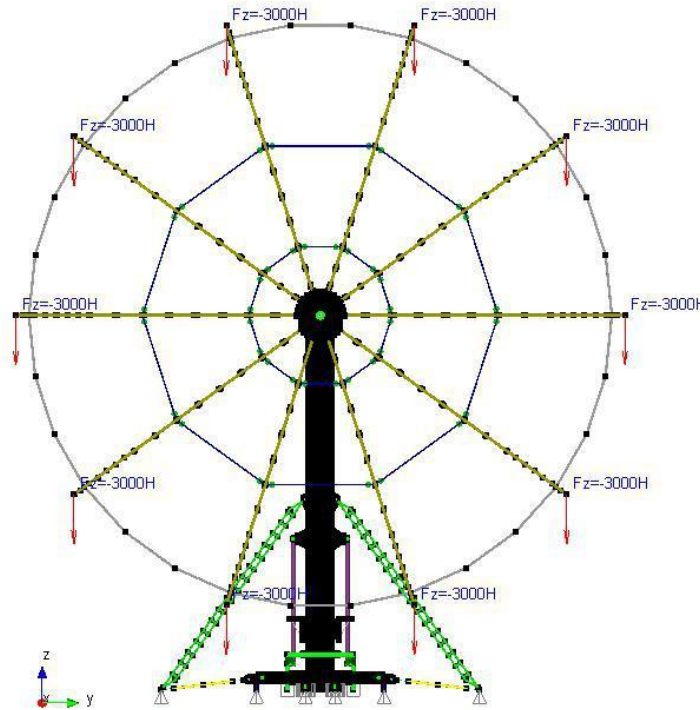
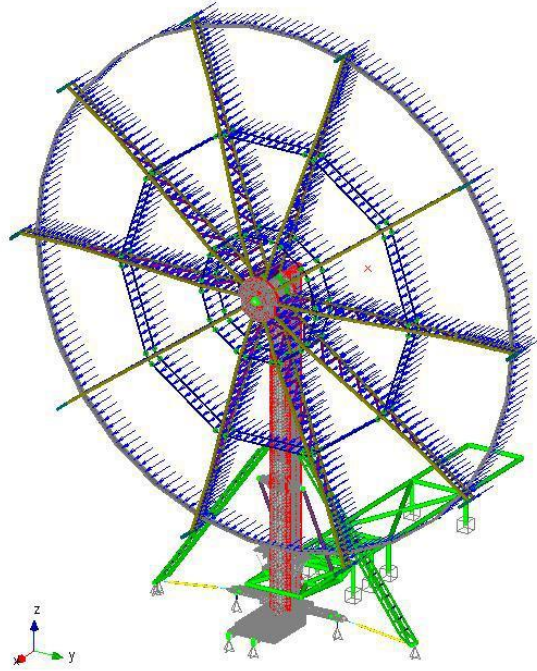


Основные возможности APM WinMachine

Граничные условия (нагрузки и закрепления)

Нагрузки

- Сила к узлу
- Момент к узлу
- Перемещение в узле
- Температура в узле
- Предварительная деформация
- Распределенная на стержень в ЛСК
- Распределенная на стержень в ГСК
- Температура на стержень
- Удалить нагрузки на стержень
- Тип нагрузки на стержень
- Распределенная нагрузка на пластину
- Линейная распределенная нагрузка на пластину
- Снеговая нагрузка
- Ветровая нагрузка
- Температура на пластину
- Линейная температура на пластину
- Давление на объёмный элемент
- Ускорение
- Загружения...
 - Динамические загрузки...
 - Комбинация загрузок...
 - Статические нагрузки в массы...
 - Случайные загрузки...
- График нагрузки...
 - Линейная нагрузка на плиту
 - Собственный вес



Установка односторонней опоры

Запрет перемещений по

<input type="checkbox"/> X+	<input type="checkbox"/> X-
d [мм] k [Н/мм]	d [мм] k [Н/мм]
<input type="checkbox"/> Y+	<input type="checkbox"/> Y-
d [мм] k [Н/мм]	d [мм] k [Н/мм]
<input type="checkbox"/> Z+	<input type="checkbox"/> Z-
d [мм] k [Н/мм]	d [мм] k [Н/мм]

Запрет поворота вокруг

<input type="checkbox"/> RotX+	<input type="checkbox"/> RotX-
d [градус] k [Н*мм/градус]	d [градус] k [Н*мм/градус]
<input type="checkbox"/> RotY+	<input type="checkbox"/> RotY-
d [градус] k [Н*мм/градус]	d [градус] k [Н*мм/градус]
<input type="checkbox"/> RotZ+	<input type="checkbox"/> RotZ-
d [градус] k [Н*мм/градус]	d [градус] k [Н*мм/градус]

При наличии заданной системы координат в узле используются оси ЛСК. В противном случае используются оси ГСК.

Тип опоры:

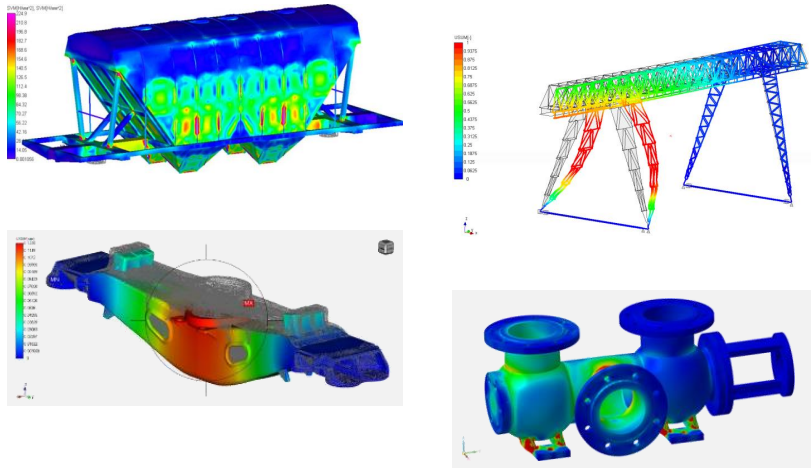
Способ задания: Добавить Заменить

OK Отмена Удалить Справка

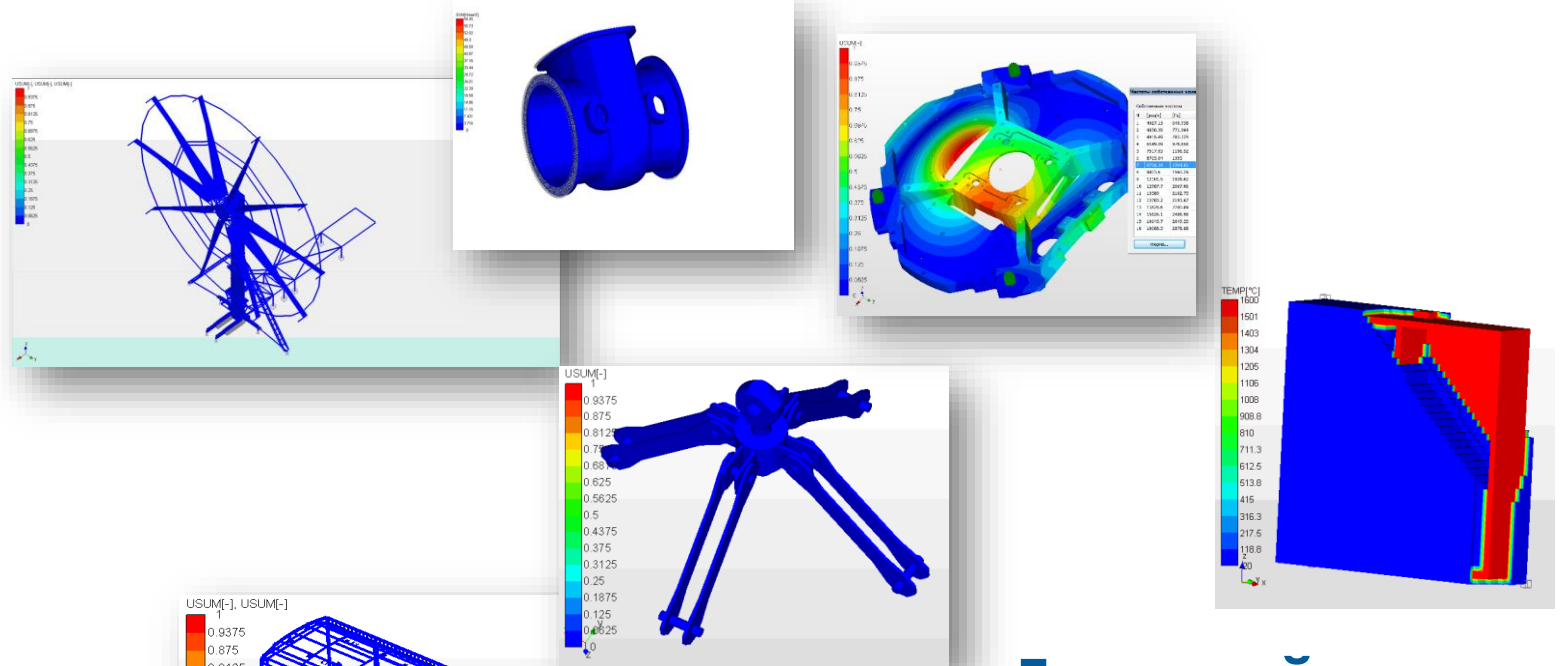


Основные возможности APM WinMachine

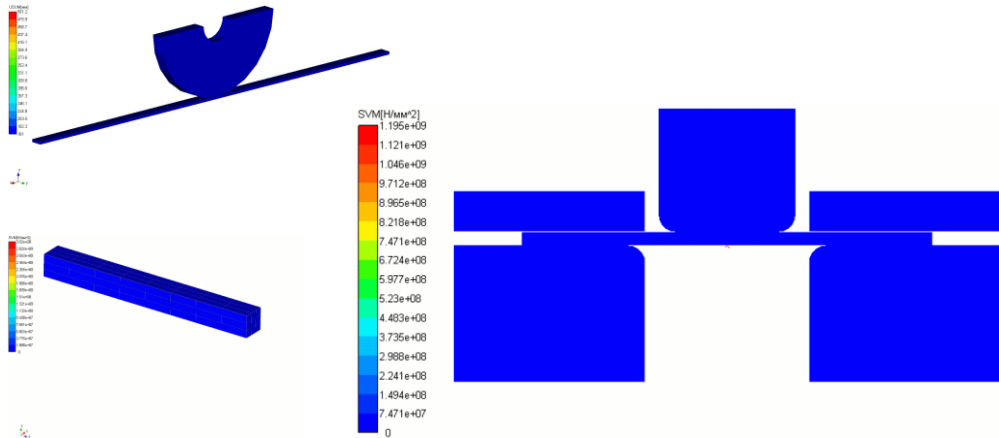
Линейные решения



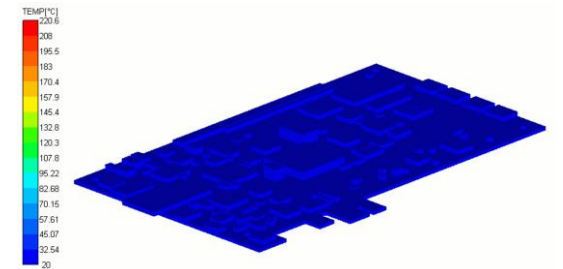
Динамический анализ



Нелинейные решения



Тепловой анализ

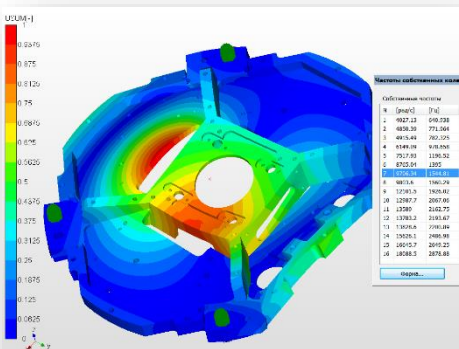
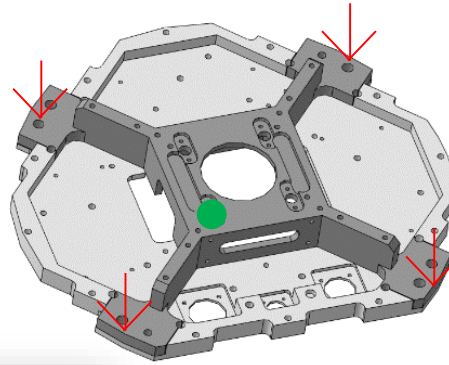
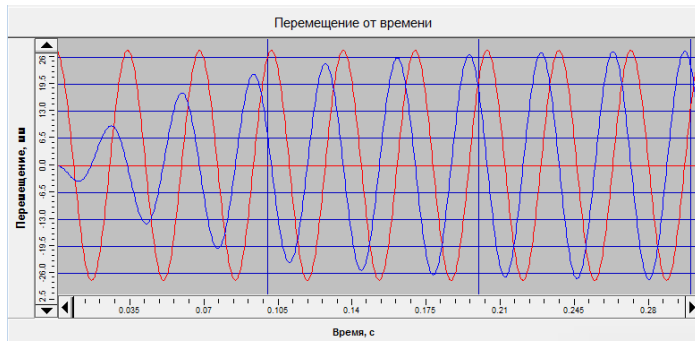




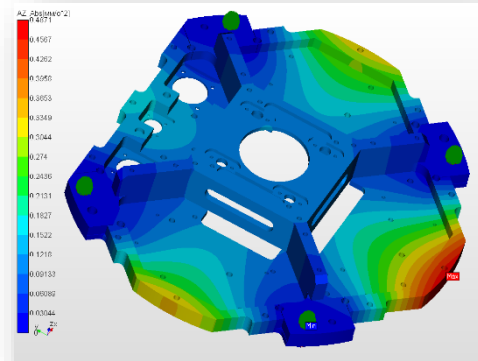
Основные возможности APM WinMachine

Гармонический анализ

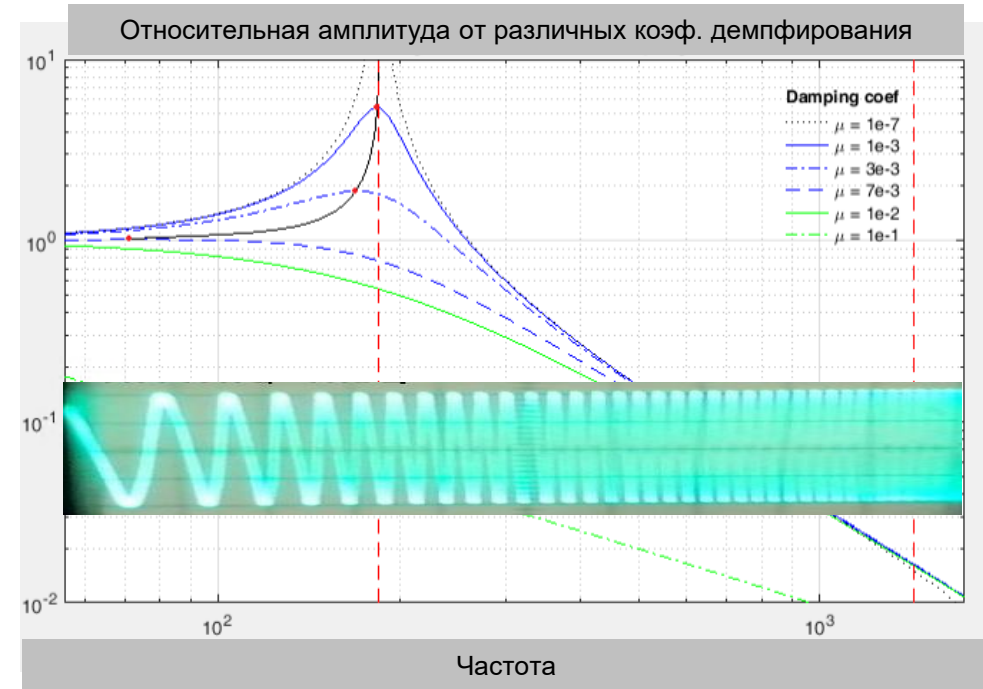
При гармоническом анализе находится решение для установившихся вынужденных колебаний для заданного пользователем диапазона частот



Форма собственных колебаний



Абсолютная амплитуда колебаний

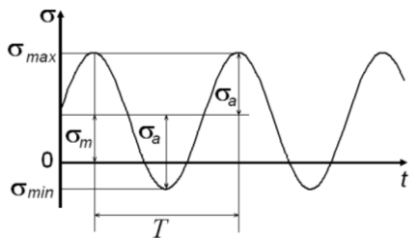
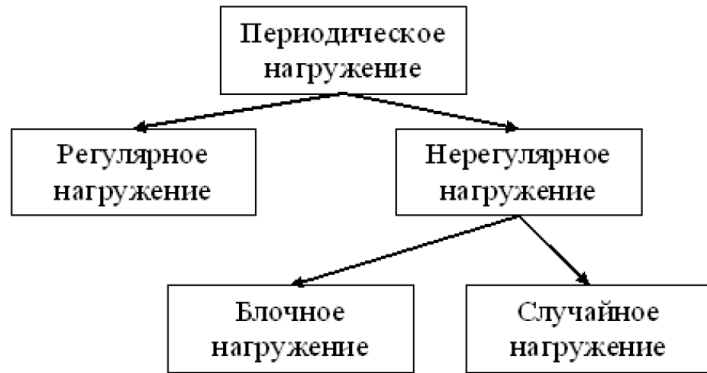




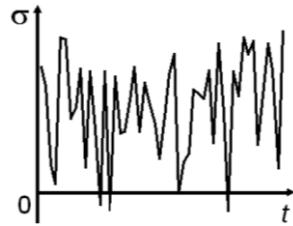
Основные возможности APM WinMachine

Выносливость

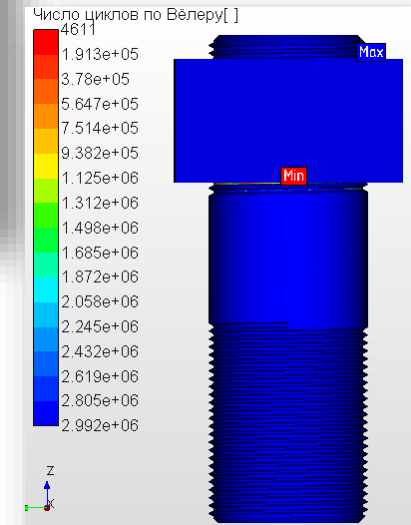
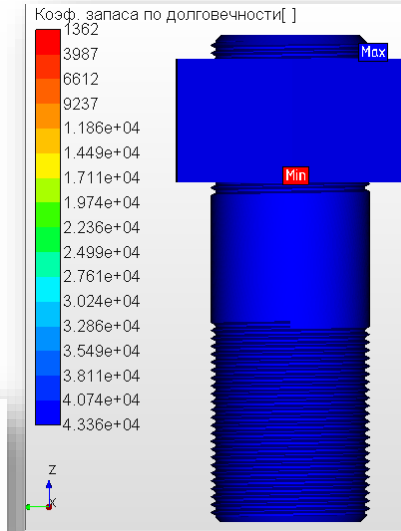
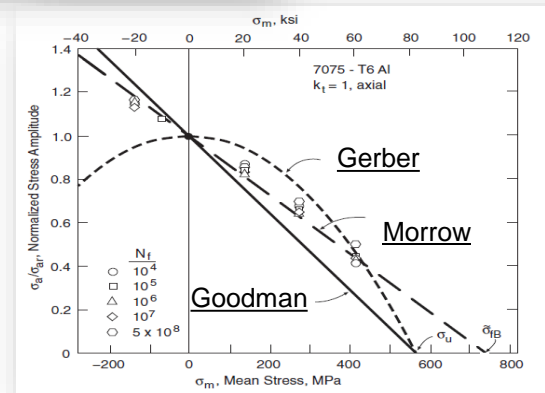
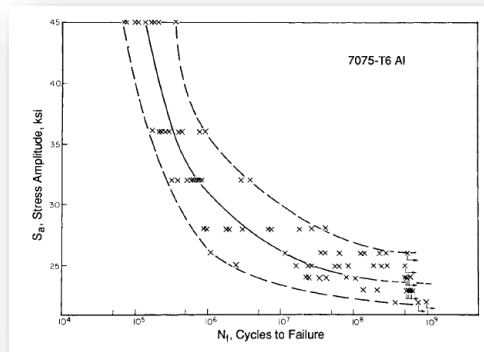
Усталостные расчеты проводятся по нескольким методикам приведения к симметричному циклу



Регулярное нагружение



Случайной нагружение

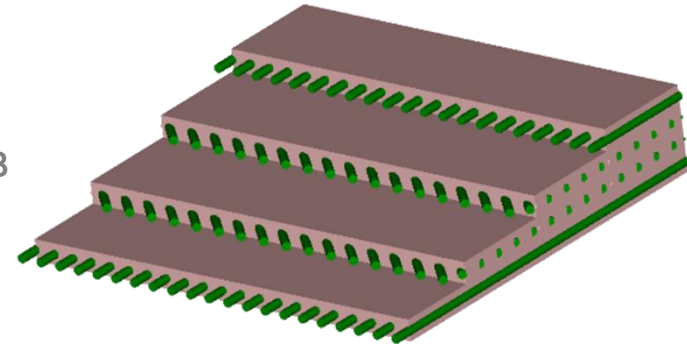




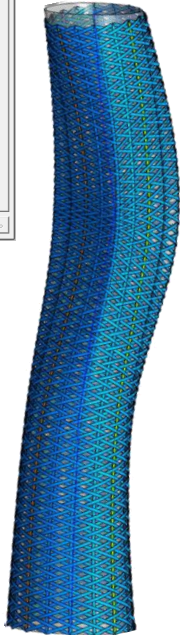
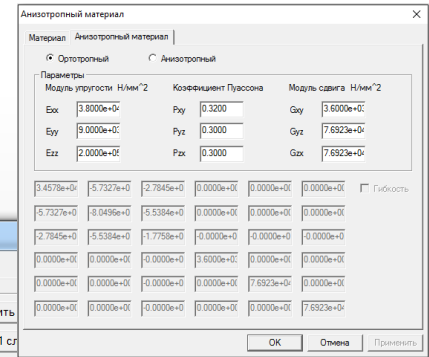
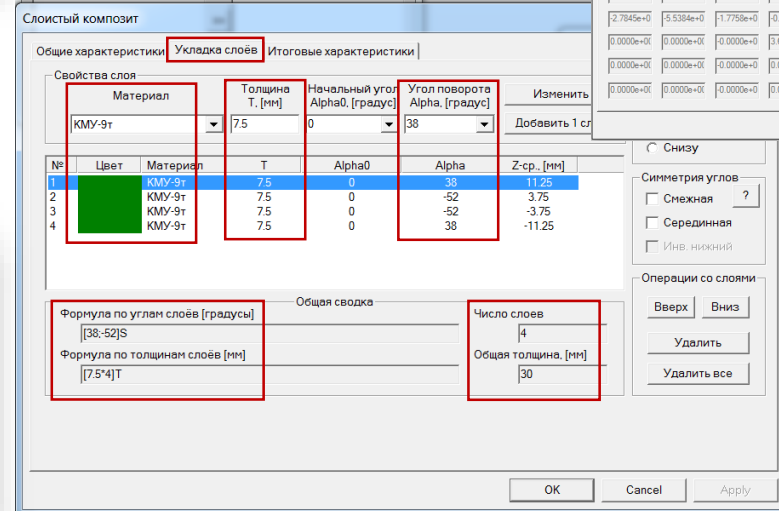
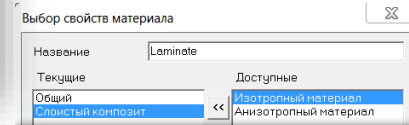
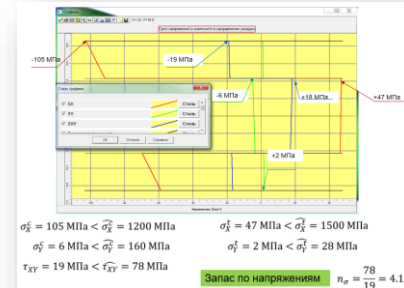
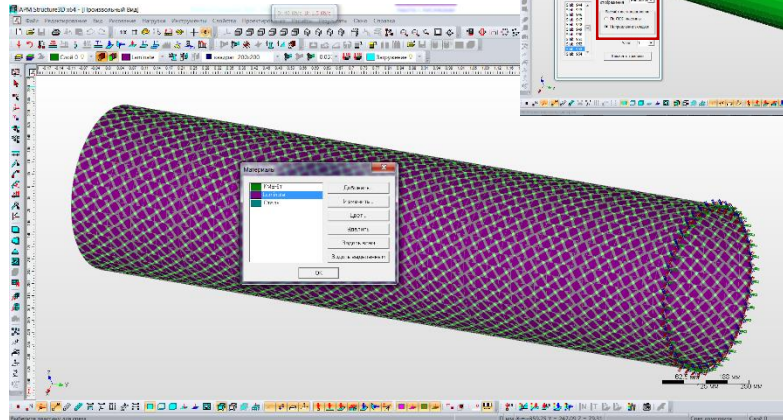
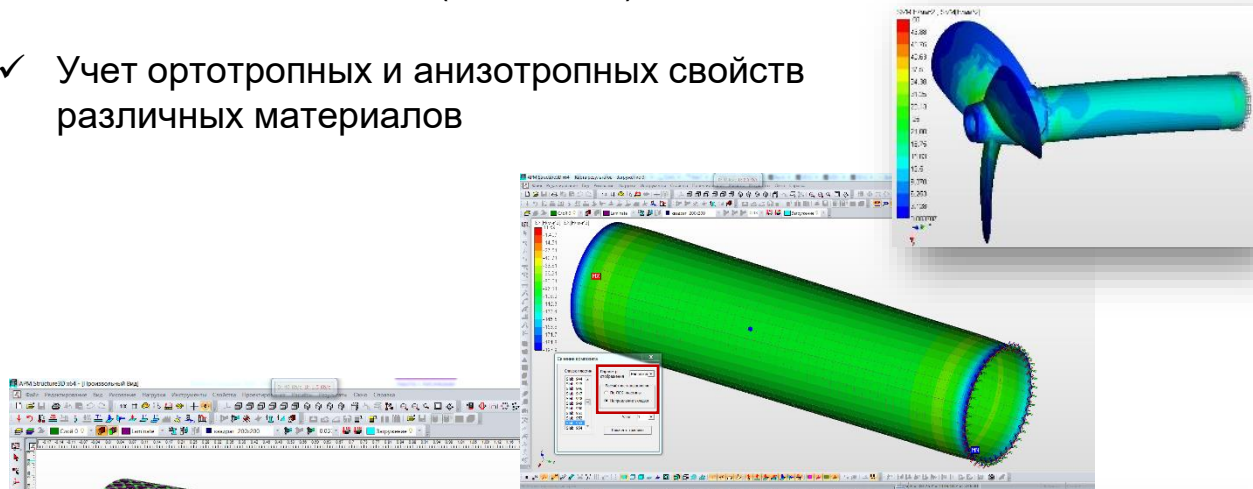
Основные возможности APM WinMachine

Композиты

Расчет конструкций из композиционных материалов



- ✓ Слоистые композиты (ламинаты)
- ✓ Учет ортотропных и анизотропных свойств различных материалов





Основные возможности APM WinMachine

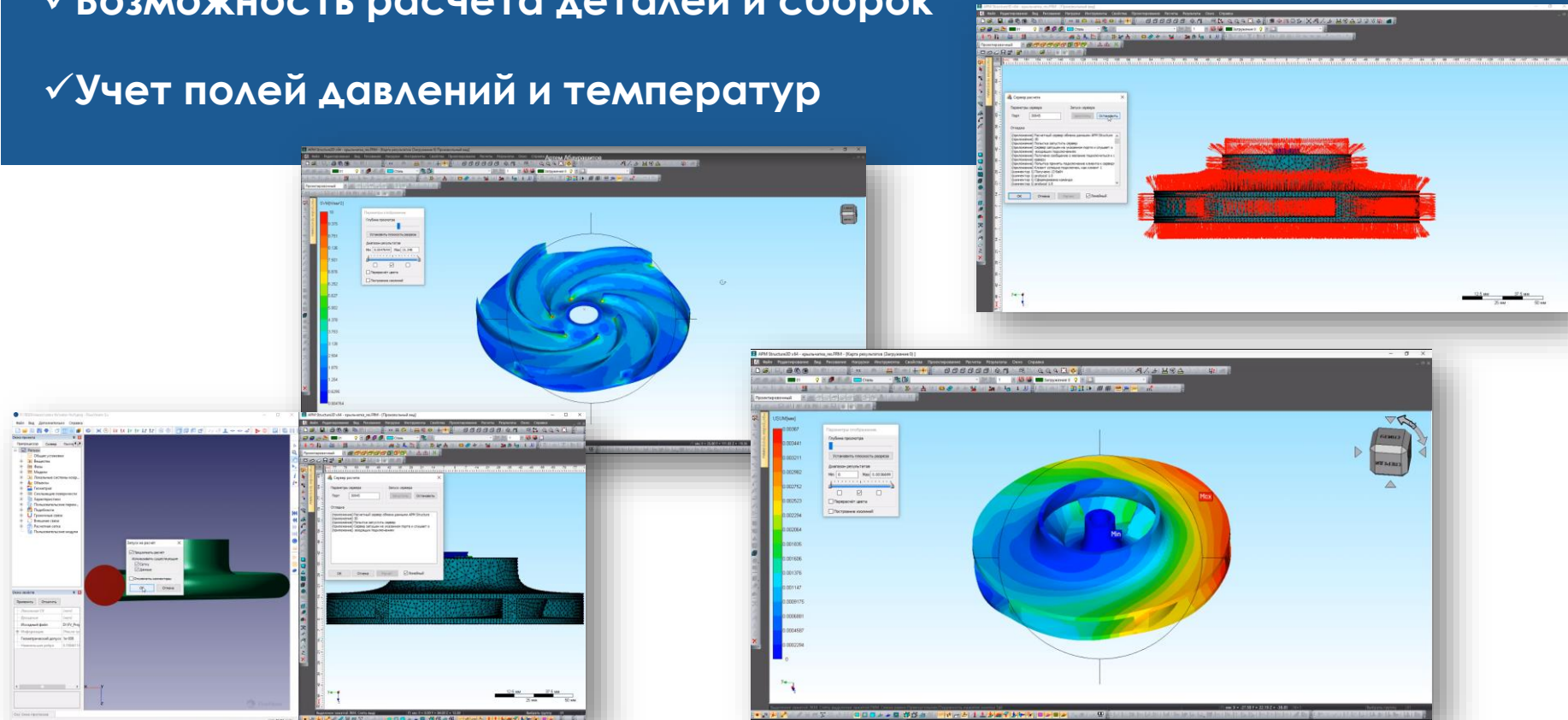
Решение смешанных задач аэро- гидродинамики и прочности конструкций (Расчет FSI)

APM WinMachine
Прочностной,
модальный
и динамический
анализ

- ✓ Возможность расчета деталей и сборок
- ✓ Учет полей давлений и температур



FlowVision
Расчет обтекания
лопатки,
нестационарный
тепловой анализ





Основные возможности APM WinMachine

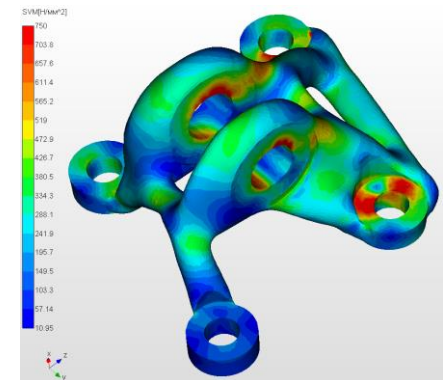
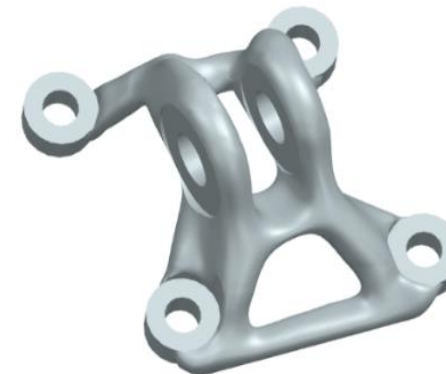
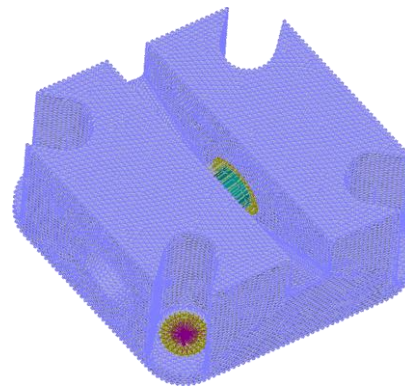
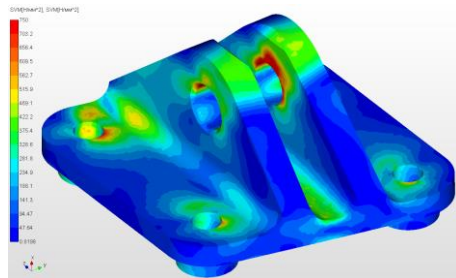
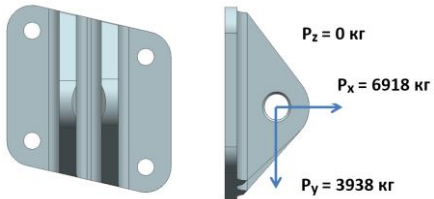
Топологическая оптимизация конструкций

(+ использование КОМПАС-3D с приложением «Свободная форма»)

- ✓ Синтез формы новых конструкций;
- ✓ Оптимизация существующих конструкций;
- ✓ Формирования оптимизационной задачи;
- ✓ Учет технологических ограничений;
- ✓ Экспорт результатов расчета в STL.

Выдающиеся результаты работ дают

- 30-40% снижения массы несущих конструкций без снижения прочности и жесткости;
- От 2 до 5 раз повышение жесткости и прочности без увеличения массы;
- Изменение низших собственных частот в разы (эффективная отстройка от резонанса).



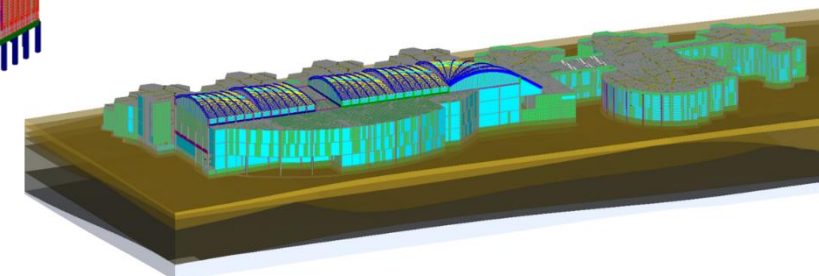
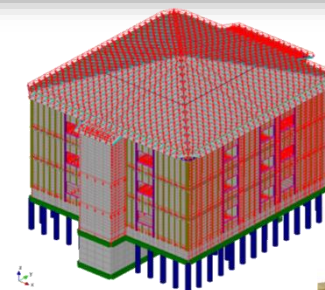
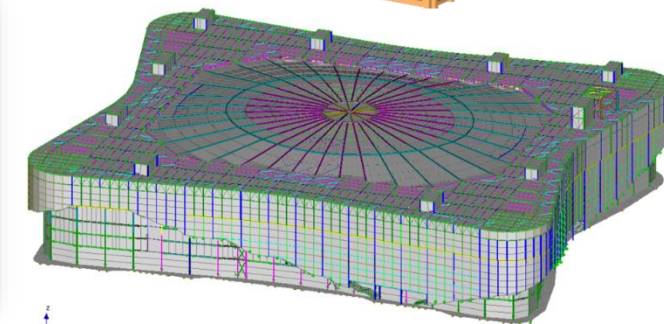
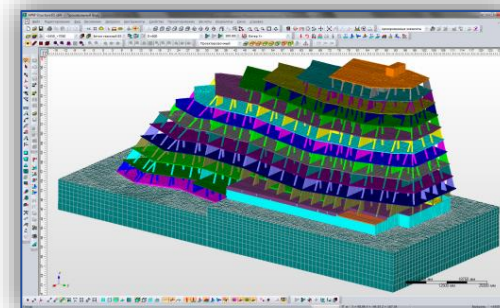
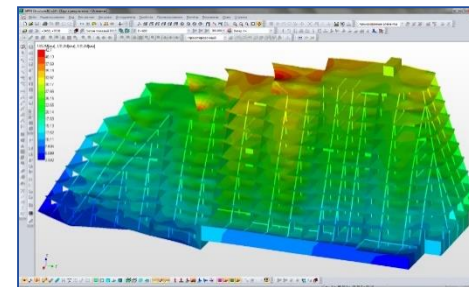


Расчет и проектирование конструкций для промышленного и гражданского строительства

APM Civil Engineering – САЕ-система автоматизированного расчета и проектирования строительных объектов гражданского и промышленного назначения.

Основные решаемые задачи:

- ✓ Моделирование и расчеты металлоконструкций;
- ✓ Моделирование и расчеты железобетонных и каменных конструкций;
- ✓ Моделирование и расчеты деревянных конструкций;
- ✓ Моделирование и расчеты оснований и фундаментов;
- ✓ Моделирование и расчеты узлов соединений.





Пример интерфейса APM Civil Engineering

APM Structure3D x64 - Ангар без результатов

Файл Редактирование Вид Рисование Нагрузки Инструменты Свойства Проектирование Расчеты Результаты Окно Справка

ТЕНТ ткань Гнутый швеллер 80x40x3 1 вес

Объекты

- Расчетная модель
 - Материалы
 - Сталь
 - Бетон
 - Ст3сп
 - ткань
 - Инженерно-геологические данные
 - Соединения
 - Нагрузки
 - Механические нагрузки
 - Тепловые нагрузки
 - Электрические нагрузки
 - Магнитные нагрузки
 - Высокочастотные нагрузки
 - FGA ГУ/НУ
 - Сечения
 - Кв. труба 40x2 ГОСТ 8639-82
 - Гнутый швеллер 70x40x3
 - Гнутый швеллер 80x40x3
 - Труба 76x2 ГОСТ 10704-91
 - Труба 80x40x4 ГОСТ 12336-66
 - Свойства трубопроводов

Свойство Значение

Свойство	Значение
Общие	
Имя	Ст3сп
Цвет	
Предел текучести по сжатию	
Значение[Н/мм ²]	0
Предел текучести по растяжению	
Значение[Н/мм ²]	380
Предел текучести по сдвигу	
Значение[Н/мм ²]	255
Предел прочности по сжатию	
Значение[Н/мм ²]	380

Произвольный вид

Карта результатов (Комбинация загрузений)

SVM[Н/мм²], SVM[Н/мм²]

338.2
317.1
295.9
274.8
253.7
232.5
211.4
190.3
169.1
148
126.9
105.7
84.58
63.45
42.32
21.18
0.04935

Min Max

625 мм 1.88e+03 мм
1.25e+03 мм 2.5e+03 мм

Выделение зажатой ЛКМ. Снять выделение зажатой ПКМ. Смена рамки Прямоугольник/Окружность-нажатие кнопки Tab

П мм X = -1839.42 Y = 5233.78 Z = 777.80

Выбрать группу тент

Общий лог



Расчет и проектирование конструкций для промышленного и гражданского строительства

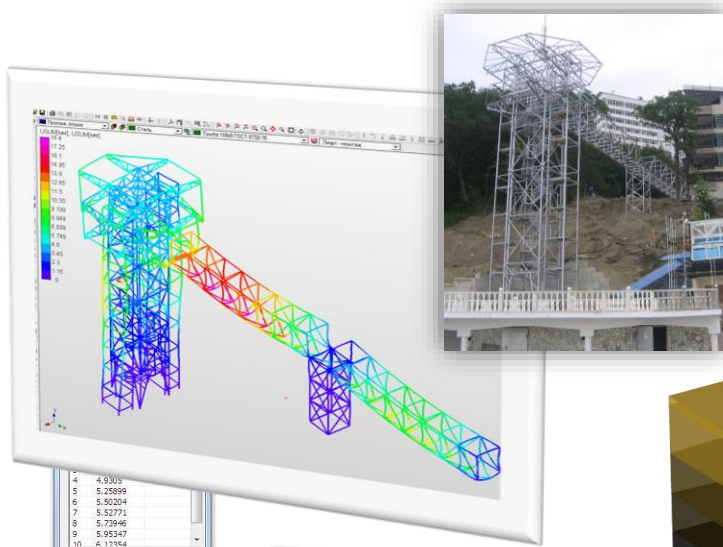
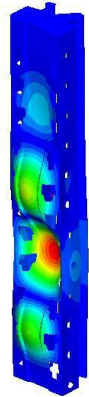
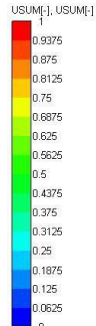


Расчет металлоконструкций

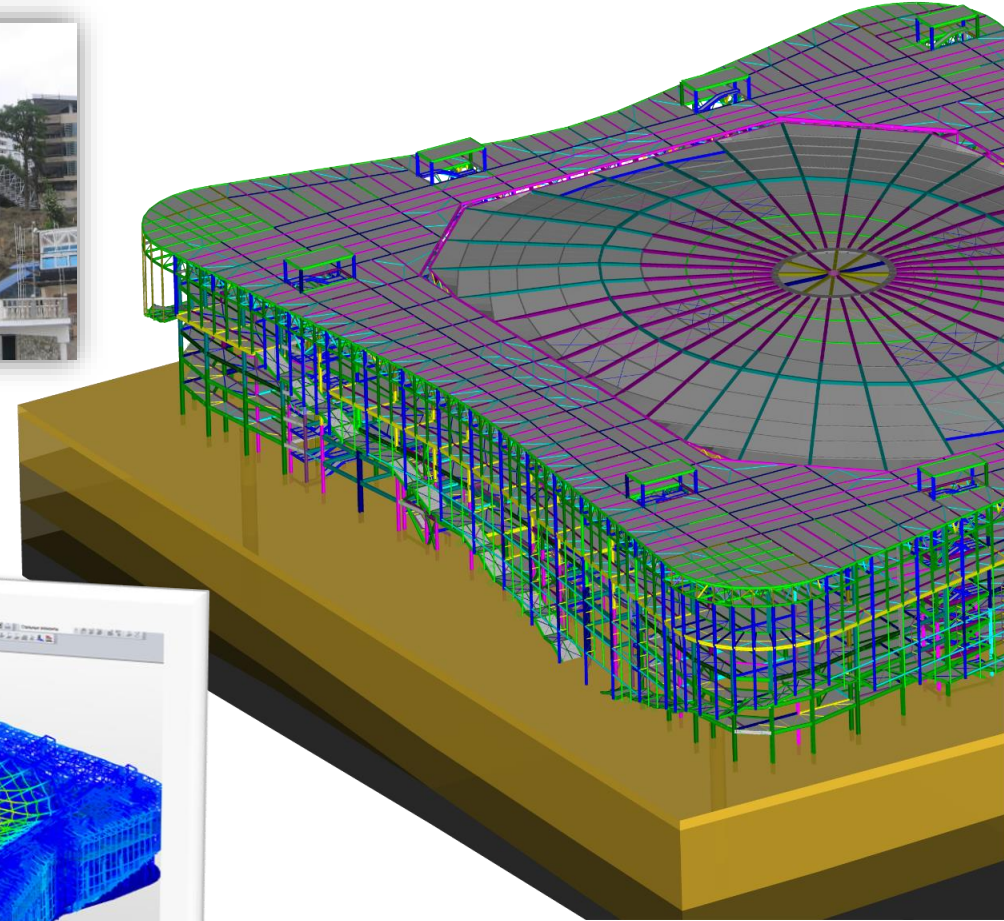
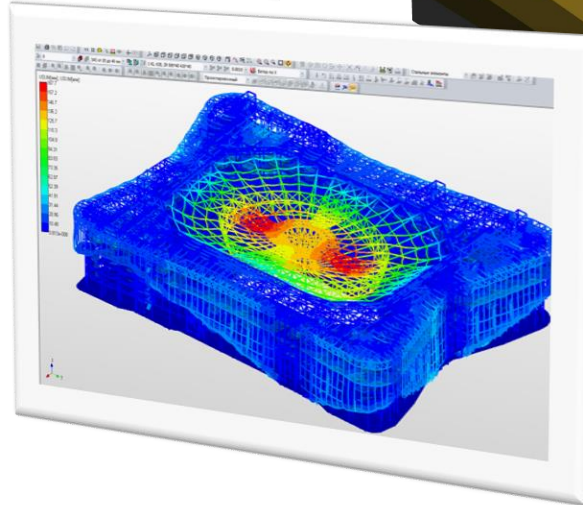
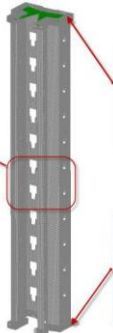
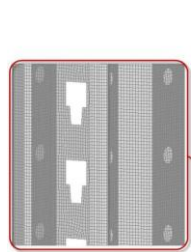
Программа обладает необходимым функционалом для выполнения проекторочных и проверочных расчётов стальных конструкций.

Проекторочный расчёт металлоконструкции в АРМ позволяет осуществить подбор поперечных сечений стержневых элементов, толщин листового металла (пластины и оболочки), удовлетворяющих условиям прочности, жёсткости и устойчивости.

Проверочный расчёт позволяет выполнить проверки заданных сечений на соответствие необходимым критериям.

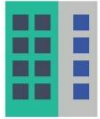


4	4.9310
5	5.25999
6	5.50204
7	5.52771
8	5.73946
9	5.95347
10	6.17444





Расчет и проектирование конструкций для промышленного и гражданского строительства

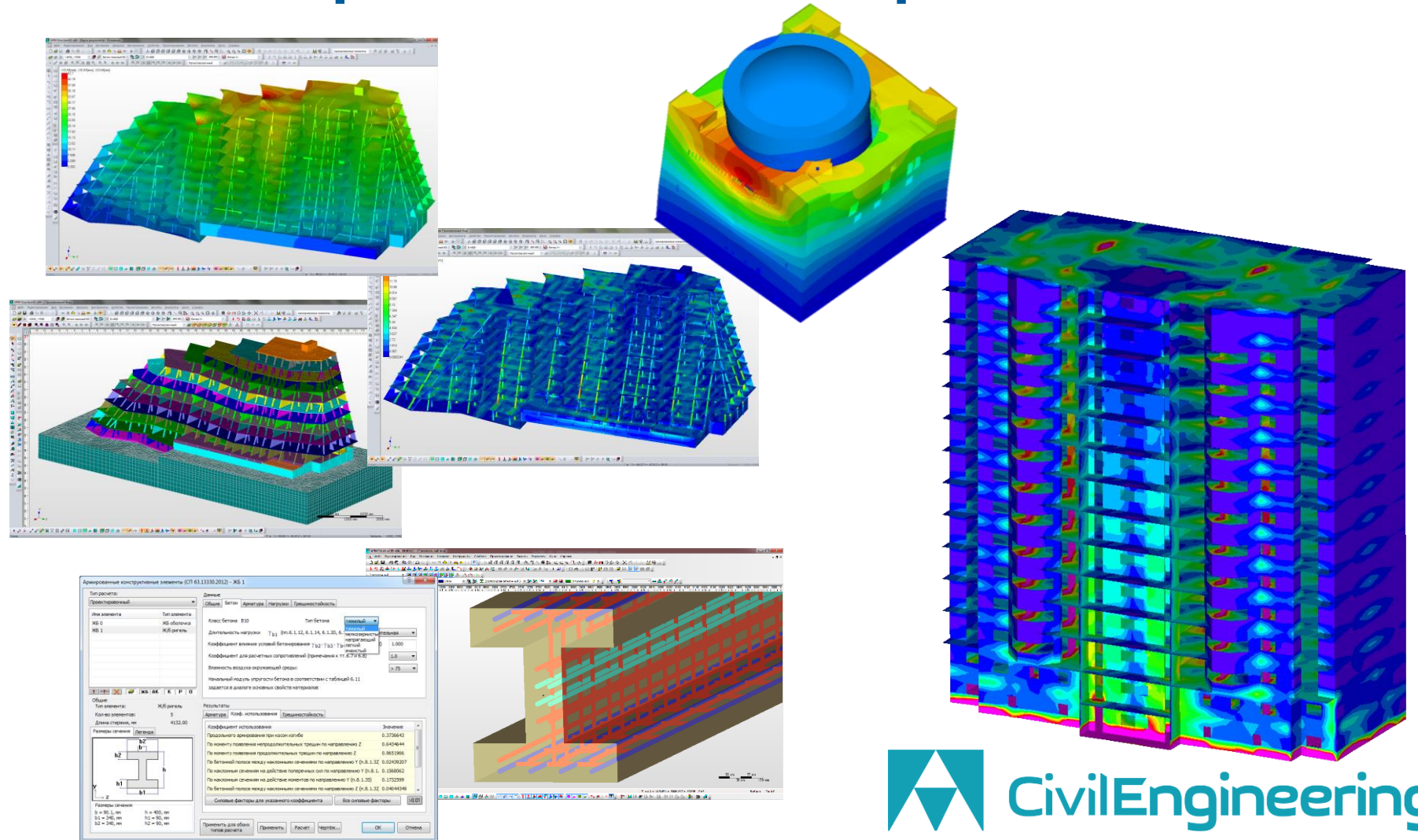


Расчет железобетонных конструкций

Функционал программы ARM позволяет рассчитывать железобетонные здания и сооружения различного назначения по первой и второй группе предельных состояний. В программе реализовано два типа расчета: проектировочный и проверочный.

Проектировочный расчет в ARM позволяет подобрать оптимальные размеры поперечных сечений стержневых и плоских элементов, моделируемых пластинами (оболочками) и удовлетворяющих условиям прочности, жёсткости и трещиностойкости.

Проверочный расчет основывается на проверке заданных пользователем сечений, с целью обеспечения их прочности, жёсткости и трещиностойкости в соответствии основными, предъявляемыми к ним критериями.





Расчет и проектирование конструкций для промышленного и гражданского строительства

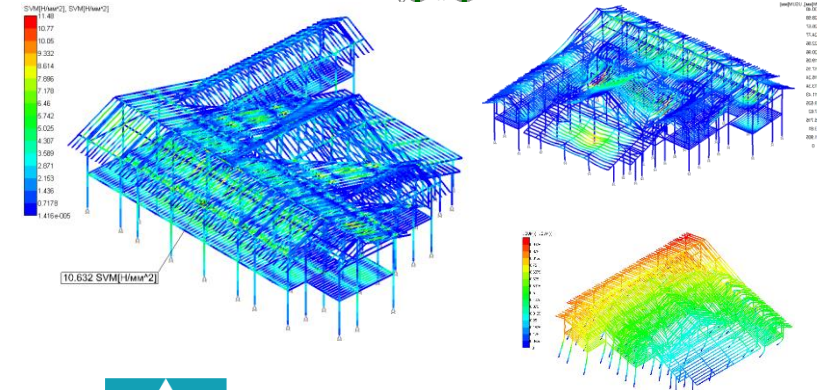
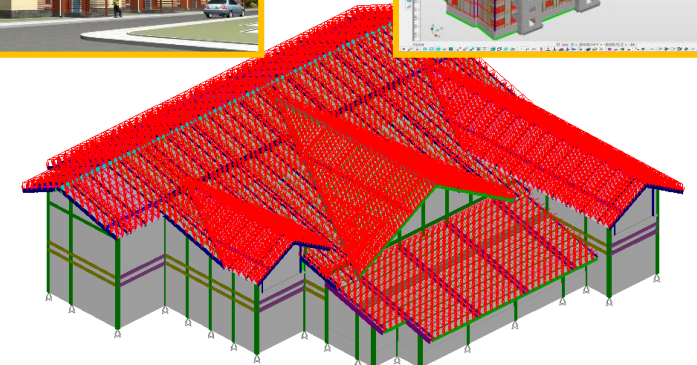
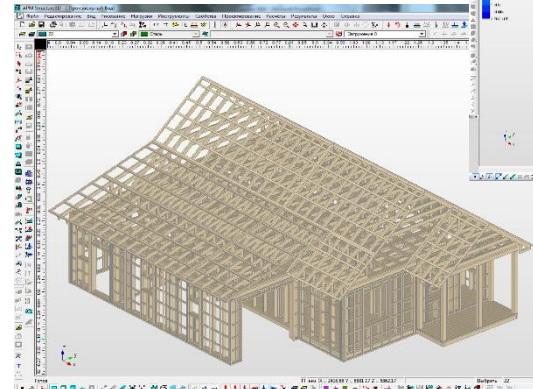
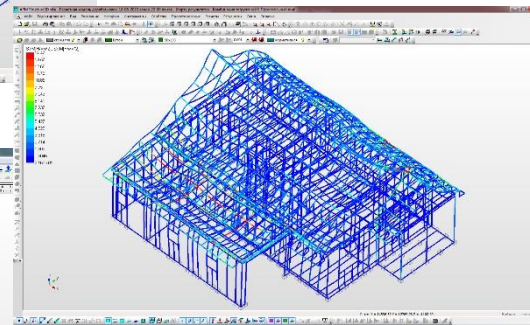
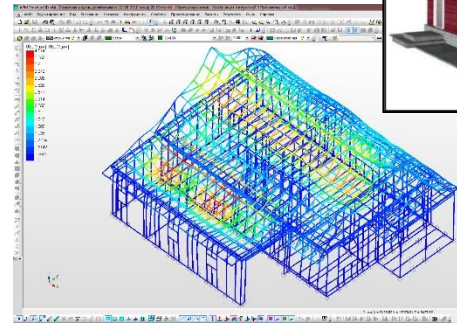
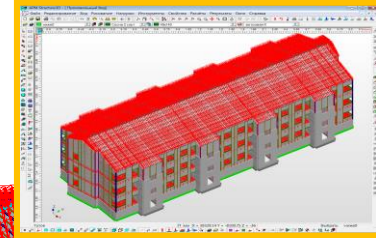


Расчет деревянных конструкций

Функциональные возможности программы ARM позволяют выполнить проектировочные и проверочные расчёты деревянных конструкций.

Проектировочный расчёт предполагает подбор поперечных сечений деревянных элементов, удовлетворяющих требованиям прочности, жесткости и устойчивости в соответствии с заданными внешними силовыми воздействиями.

Проверочный расчёт, являясь обратной задачей, позволяет инженеру сформировать заключение о пригодности к использованию поперечных сечений и надёжности узлов соединения элементов деревянных конструкций.





Расчет и проектирование конструкций для промышленного и гражданского строительства

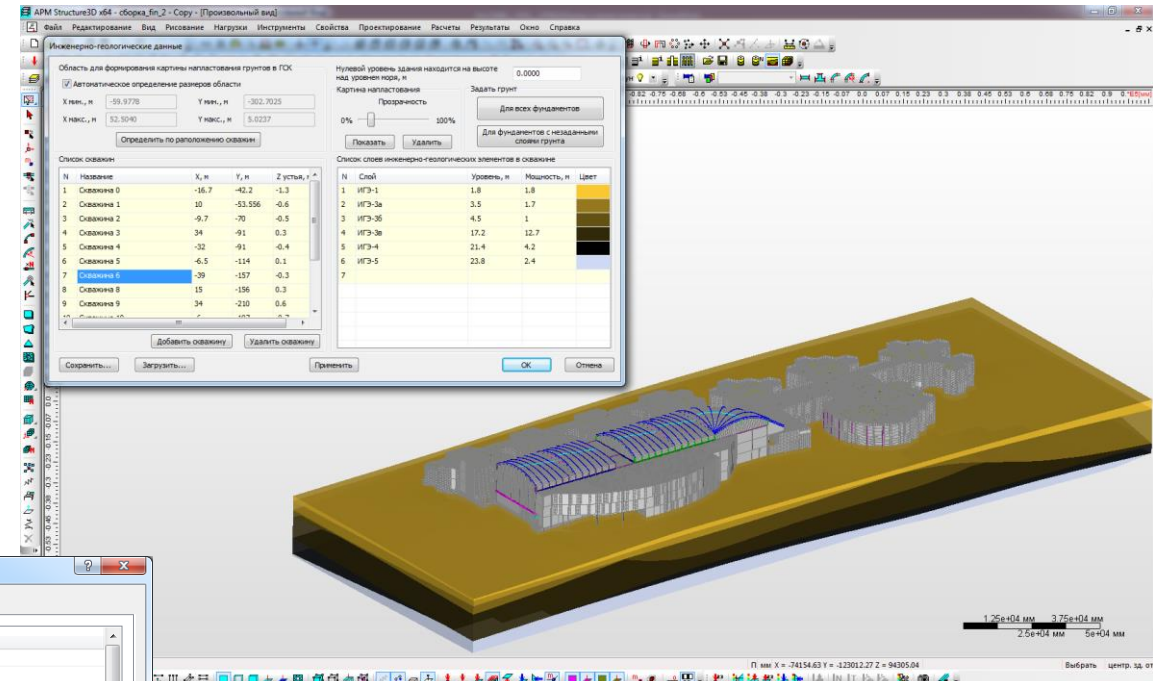
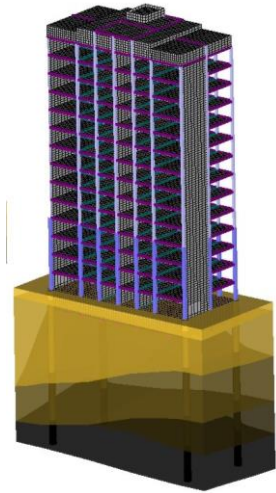


Расчет фундаментов

Расчёт фундаментов предполагает выполнение расчётов, на основании инженерно-геологических условиях строительной площадки и внешних термосиловых воздействиях на сооружение.

Выполнение проекровочного расчёта фундаментов в АРМ предполагает получение в качестве результатов габаритов фундаментов (геометрических размеров), требуемое армирование, значения осадок и давления под подошвой фундамента.

Проверочный расчёт позволяет сформулировать выводы о соответствии применяемого фундамента и его конструктивных особенностей требованиям нормативных документов по прочности, трещиностойкости, деформациям и пр.



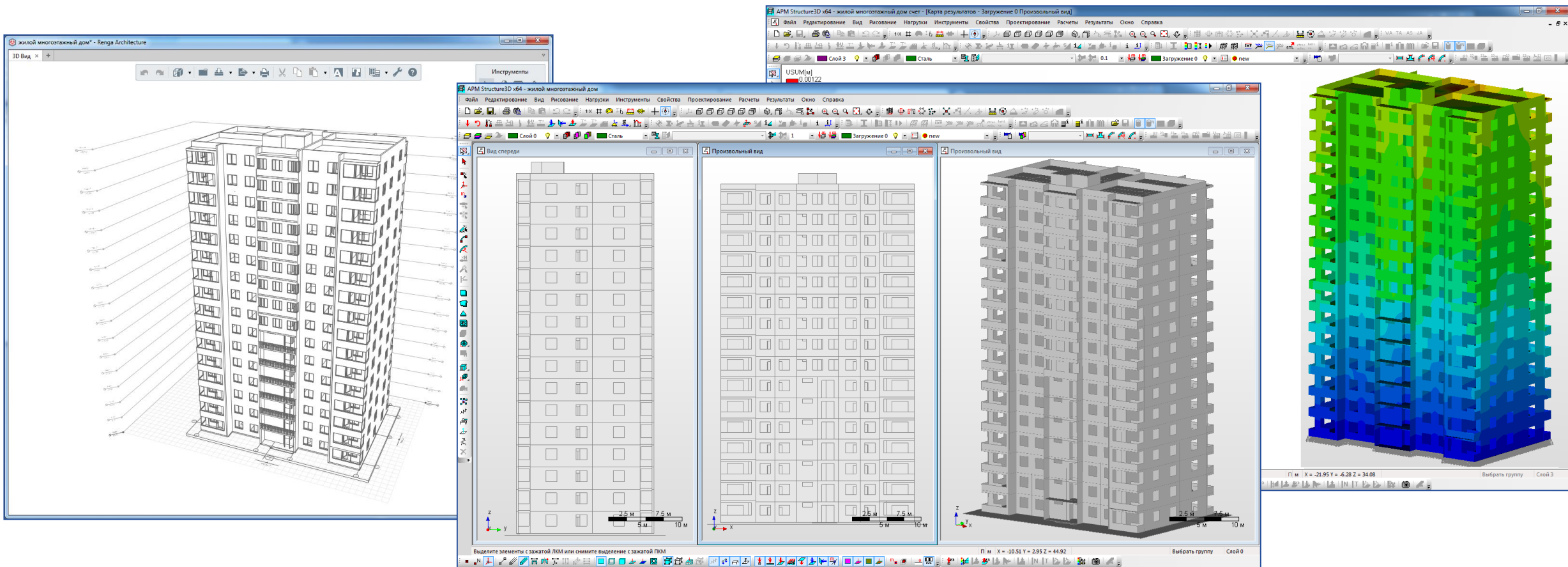
Фундаменты (СП 50-102-2003, СП 50-101-2004, СНиП 2.02.03-85, СНиП 2.02.01-83*)

N	Название	Конфигурация	Слой грунта	Нагрузки и расчет	Результаты
0	сплошной 0				
1	сплошной 1				
2	сплошной 2				
3	сплошной 3				
4	сплошной 4				
5	сплошной 5				
6	сплошной 6				
7	сплошной 7				
8	сплошной 8				

Название	Значение
Коэффициент постели K1, тс/м ³	2.746e-07
Минимальный Максимальный	2.563e-05
Осадка фундамента, мм	
Минимальная	2.771e-07
Максимальная	0.01288
Максимальная разница осадок, мм	0.01288
Толщина продавливания грунта, мм	
Минимальная	98.7
Максимальная	8918
Давление под подошвой фундамента, Н/м ²	
Минимальное	0.3822
Максимальное	3065
Максимальная разница осадок фундаментов, мм	21.97



Расчет и проектирование конструкций для промышленного и гражданского строительства



Renga

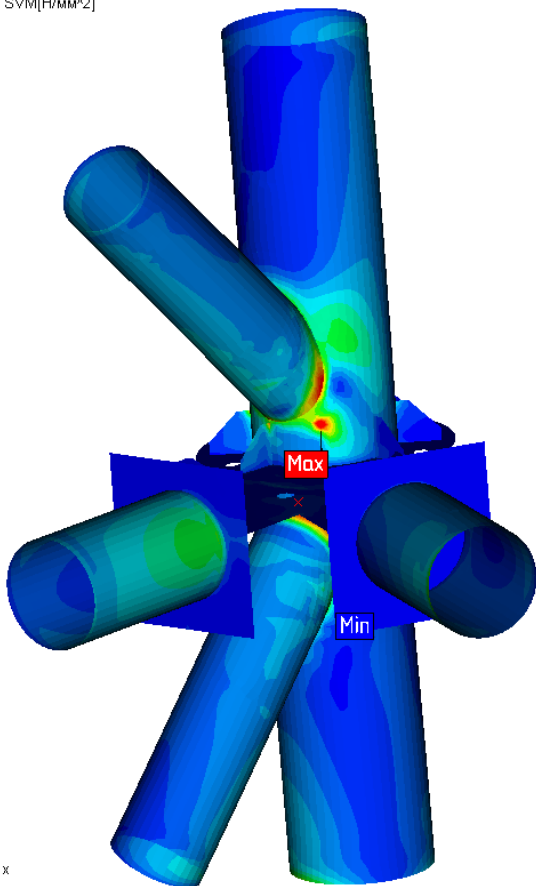
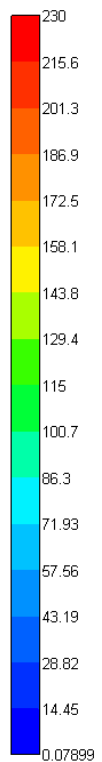


CivilEngineering

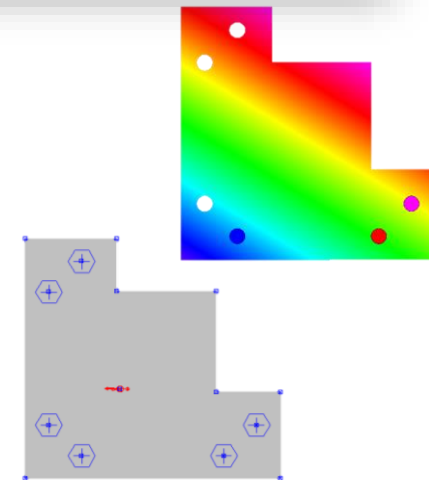
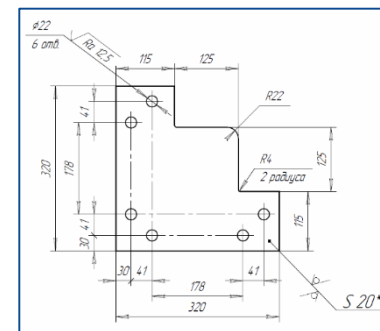
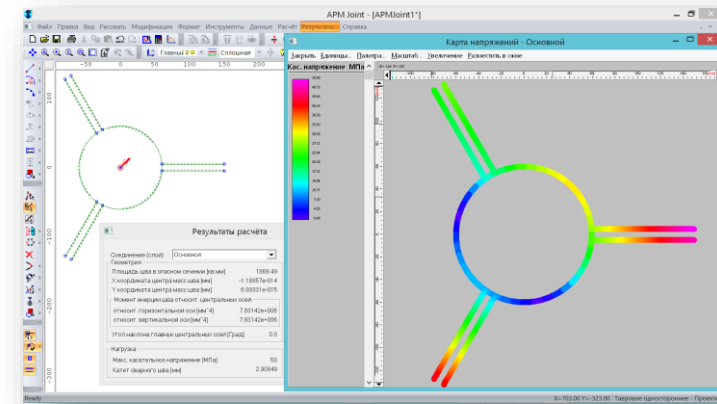
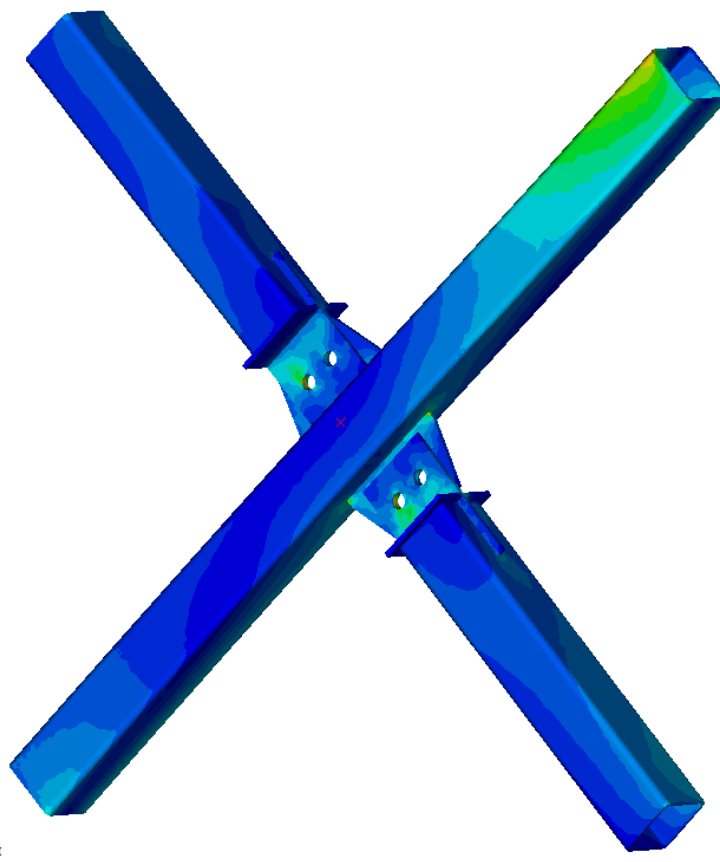
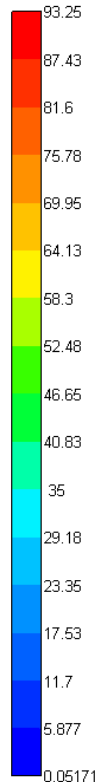


Расчет и проектирование конструкций для промышленного и гражданского строительства

SVM[H/мм²], SVM[H/мм²]



SVM[H/мм²]





Качественное сравнение представленных программных продуктов линейки АРМ



Сравнение по типам конечных элементов и свойствам материалов

Типы КЭ	APM FEM	APM WinMachine	APM Civil Engineering
Стержневые (балка, ферма, канат)		●	●
Пластинчатые (3-угольные, 4-угольные)	●	●	●
Твердотельные (4-х, 5-ти, 6-ти, 8-ми, 10-ти, 13-ти, 15-ти, 20-ти узловые)	●/○	●	●
Специальные (типа RBE, PIPE, контактные эл-ты и т.п.)	●/○	●	●
Возможность ручного построения/модификации КЭ-модели		●	●
Свойства материалов			
Изотропный материал	●	●	●
Анизотропный материал		●	●
Идеальный упругопластический		●	●
Изотропное билинейное, мультилинейное, нелинейное упрочнение		●	●
Гиперупругий сжимаемый Нео-Гуковский		●	●
Термический материал	●	●	●
Слоистый композит		●	●
Усталость	●/○	●	●



Сравнение продуктов по типам проводимых расчетов

Типы расчетов	APM FEM	APM WinMachine	APM Civil Engeneering
Линейный статический анализ	●	●	●
Линейный анализ устойчивости	●	●	●
Стационарная и нестационарная теплопроводность	●/○	●	●
Линейный термостатический и термодинамический анализ	●/○	●	●
Нелинейный статический анализ		●	●
Нелинейный динамический анализ		●	●
Модальный анализ (частоты и формы собственных колебаний)	●	●	●
Анализ вынужденных колебаний		●	●
Гармонический анализ		●	●
Расчет ШСВ (широкополосная случайная вибрация)		●	●
Расчет усталостной прочности	●	●	●
Усталостный расчет для случайных нагрузок		●	●
Оптимизация конструкций	●	●	●



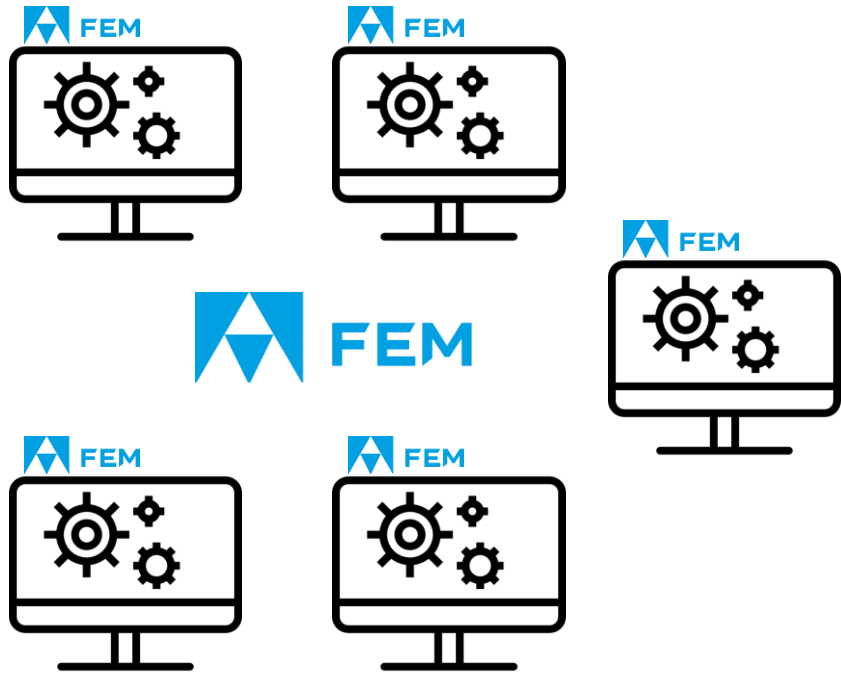
Сравнение по техническим и отраслевым особенностям

Наименование	APM FEM	APM WinMachine	APM Civil Engeneering
Автономная работа продукта		•	•
Расчеты деталей машин и механизмов (механические передачи, валы, пружины и т.п.)		•	
Расчеты соединений конструкций (болтовые, сварные, заклепочные, соединения тел вращения)		•	•
Расчеты строительных конструкций и их элементов в соответствии с СП (металлоконструкции, железобетонные, армокаменные, деревянные конструкции, фундаменты)			•
Мультифизический анализ (решение задач FSI)		•	•
Чтение КЭ-моделей из внешних файлов (*.BDF)		•	•
Использование собственных баз данных параметров материалов		•	•
Использование данных о материалах из ПОЛИНОМ:MDM	•	•	•
Специализированная сертификация		•	•
Продукт в Реестре российских программ для ЭВМ...	•	•	•



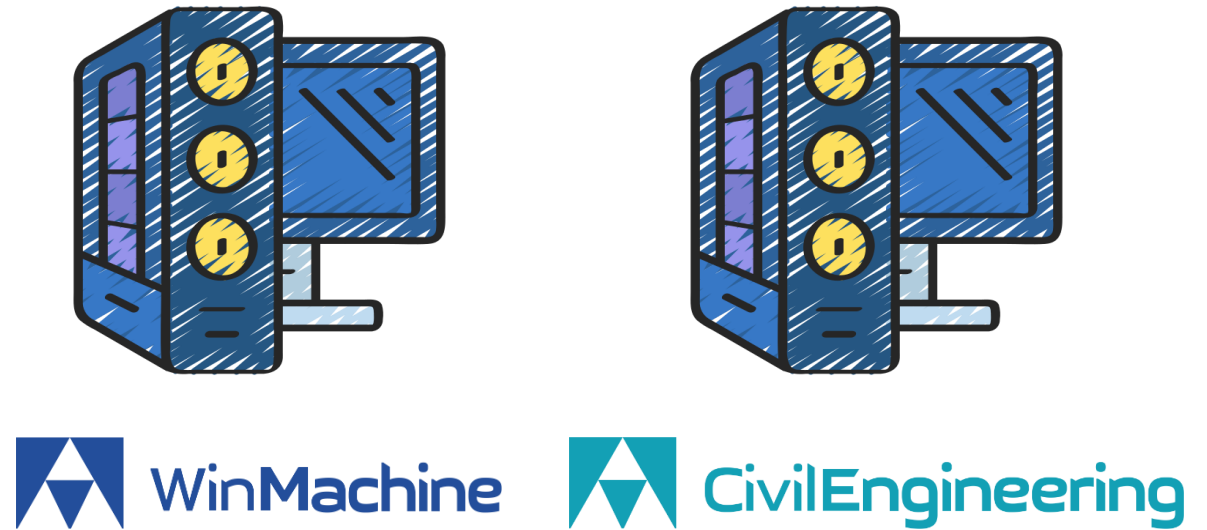
Позиционирование продуктов

Конструкторский отдел



Файл.FRM

Расчетный отдел



Спасибо
за внимание!

Научно-технический центр
«АПМ»

Московская область, г. Королев,
Октябрьский бульвар, д. 14, офис 6

Тел.: (495) 120-58-10

Internet: www.apm.ru

E-mail: com@apm.ru

