



Обзор системы инженерного анализа прочности CAE Fidesys. Примеры решенных промышленных задач

Вершинин Анатолий Викторович,
Технический директор ООО “Фидесис”,
Д.ф.-м.н., профессор кафедры “Вычислительная механика”
Механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,



О компании



Ассоциация Разработчиков Программных Продуктов

Отечественный
софт

Компания «Фидесис» - российский разработчик универсального программного комплекса нового поколения для высокоточных прочностных инженерных расчетов (CAE, computer-aided engineering).

Компания Фидесис основана в 2009 году сотрудниками и выпускниками кафедры вычислительной механики МГУ имени М.В. Ломоносова. Компания имеет статус резидента технологической долины МГУ имени М.В. Ломоносова.

Фидесис является членом NAFEMS – международного агентства по методам конечных элементов и стандартизации. Тестирование CAE Fidesys выполнено в строгом соответствии со стандартами NAFEMS. Компания является членом российской Ассоциации разработчиков программных продуктов (АРПП).

CAE Fidesys входит в реестр Минсвязи программ для ЭВМ (#2570).





Команда

Работу над продуктом ведут 25 программистов – выпускников, студентов аспирантов МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Баумана, МФТИ и других ведущих российских вузов.

Консультирование по ключевым теоретическим и научным вопросам осуществляют 11 профессоров, представляющих МГУ им. М.В. Ломоносова, МИФИ, МФТИ, Российскую Академию Наук.

Команда компании обладает широкими профессиональными связями и может оперативно привлекать эксклюзивных специалистов к решению поставленных заказчиком задач.





Направления деятельности





Структура CAE Fidesys

Дополнительные модули (приобретаются отдельно)

Fidesys Standard

Базовая версия

- Линейные статические и динамические задачи прочности
- Анализ собственных частот и форм колебаний
- Анализ критических нагрузок и форм потери устойчивости

Fidesys Professional

Нелинейные задачи

- Анализ прочности с учетом конечных деформаций и перемещений
- Нелинейный МКЭ-решатель
- Контактные задачи
- Физически нелинейные модели материалов (Мурнаган, Муни-Ривлин)
- Упругопластичность (Мизес, Друкер-Прагер)
- Термомеханический анализ упругих тел
- Расчет температурных полей (стац. и нестац. теплопроводность)

Fidesys Dynamics

Метод спектральных элементов.
Нестационарные задачи с высокой точностью

- Нестационарные задачи с быстропротекающими процессами
- Моделирование неразрушающего контроля
- Распространение упругих колебаний в твердых телах
- Высокоточное описание волновых процессов

Fidesys Composite

Оценка эффективных свойств композитов

- Расчет эффективных свойств композитов
- Расчет пористых материалов при малых и конечных деформациях
- Определение упругих свойств монослоя

Fidesys HPC

Ускорение расчетов
(распараллеливание вычислительных процессов)

- Распараллеливание всех основных этапов решения задачи
- Ускорение расчетов и сокращение времени анализа
- Технологии OpenMP/MPI

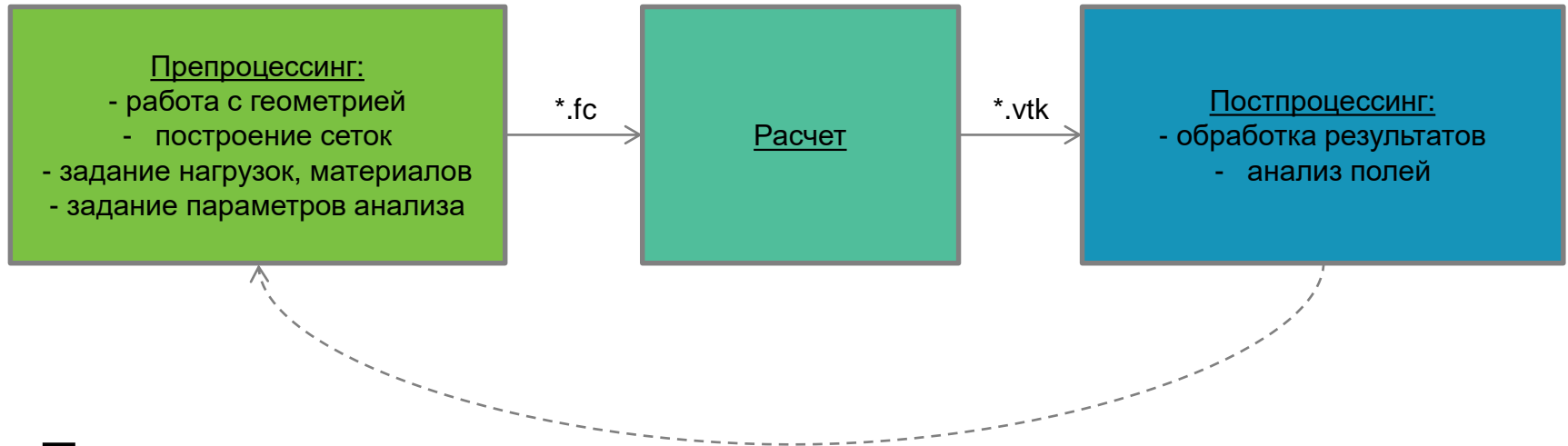
Fidesys Online

Расчеты в облаке

- Доступность из любого браузера при наличии Интернета
- Вся работа с моделью и расчеты производятся в облаке
- Совместная многопользовательская онлайн работа над задачей



Процесс анализа



- **Препроцессор**
 - графический интерфейс
 - консольный интерфейс с возможностью автоматизации
- **Расчет**
 - консольное приложение
- **Постпроцессор (Fidesys Viewer)**
 - графический интерфейс
 - возможность автоматизации

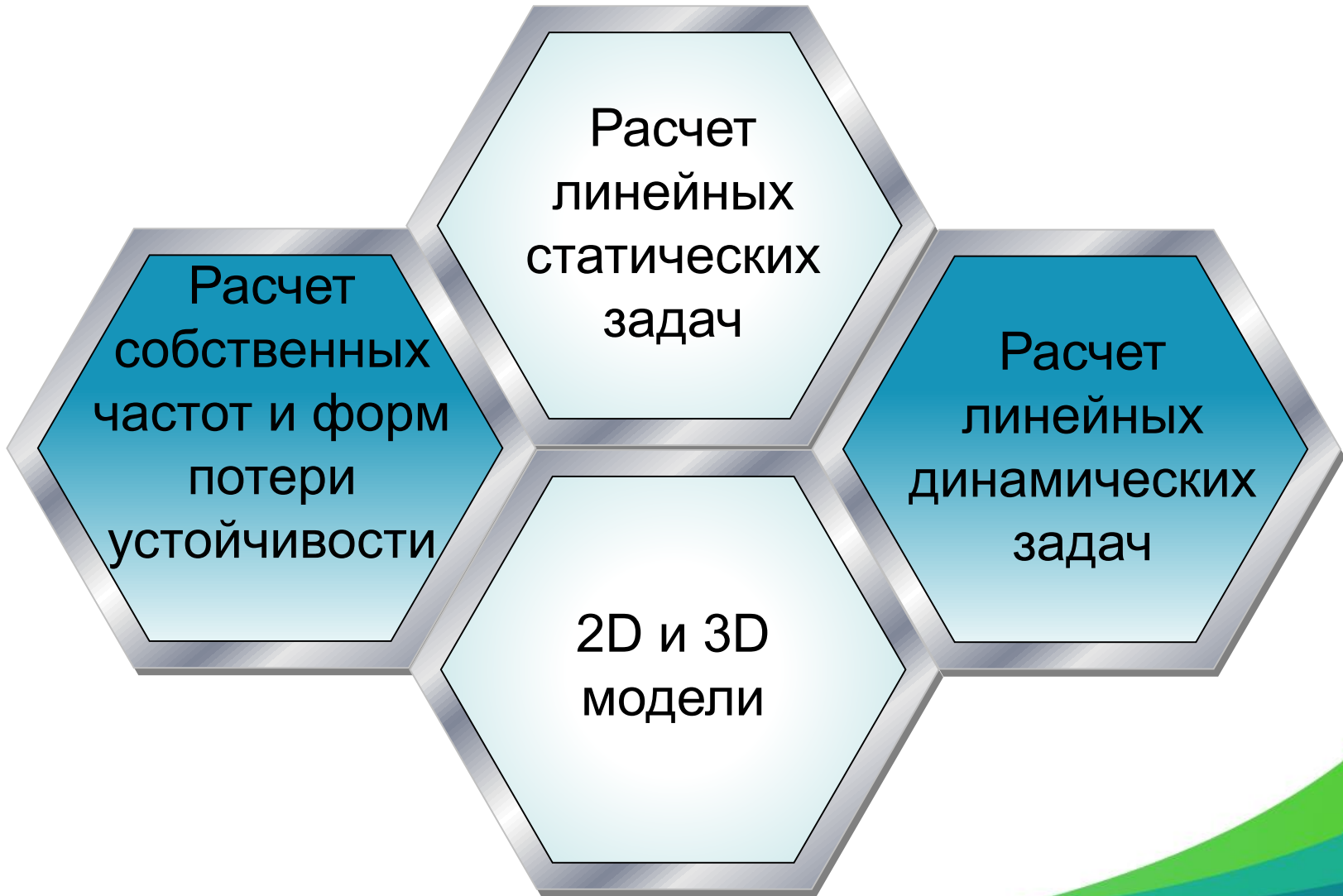


Fidesys Standard

(базовый продукт)



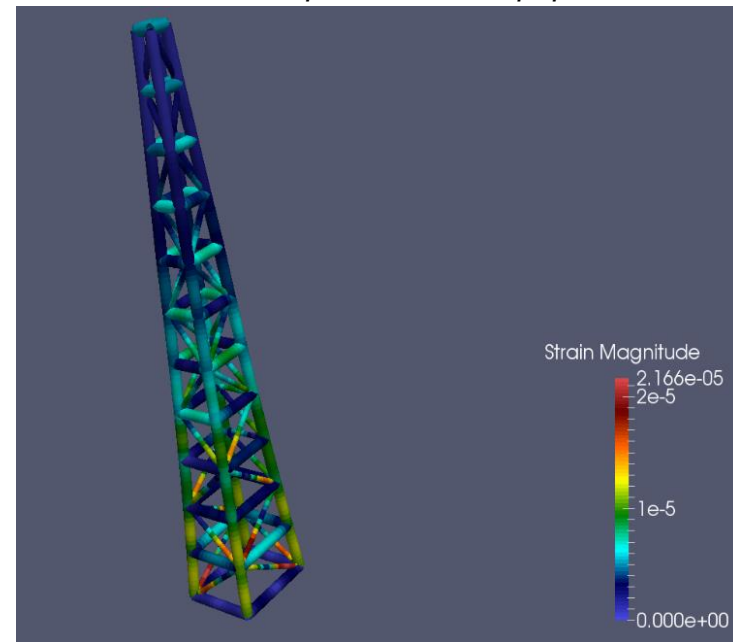
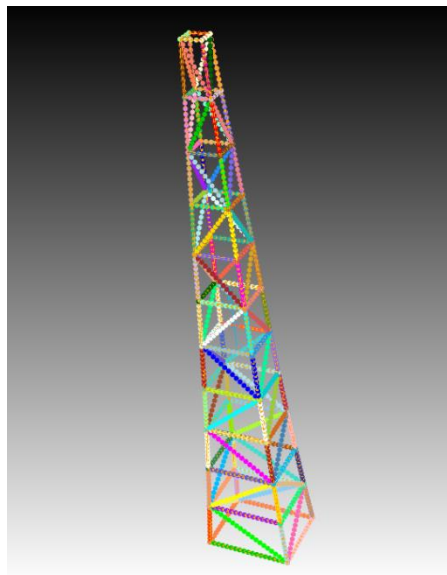
CAE Fidesys Standard



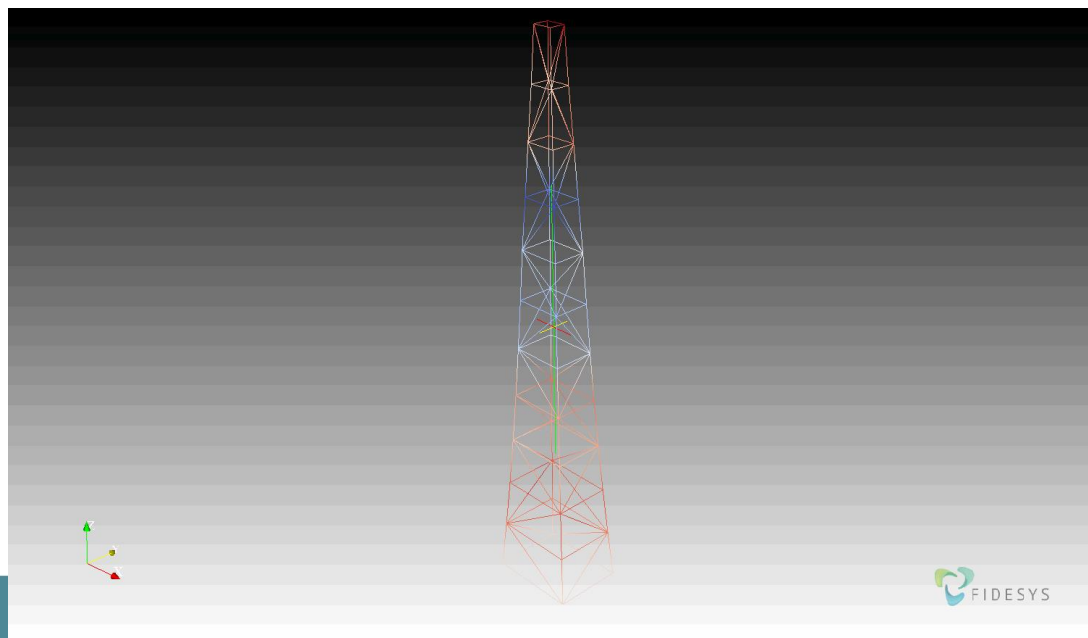
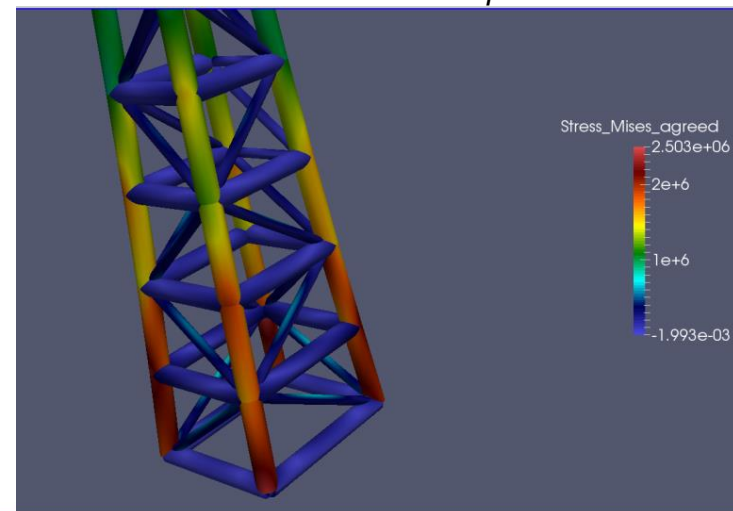


Расчет металлоконструкции

Распределение деформаций

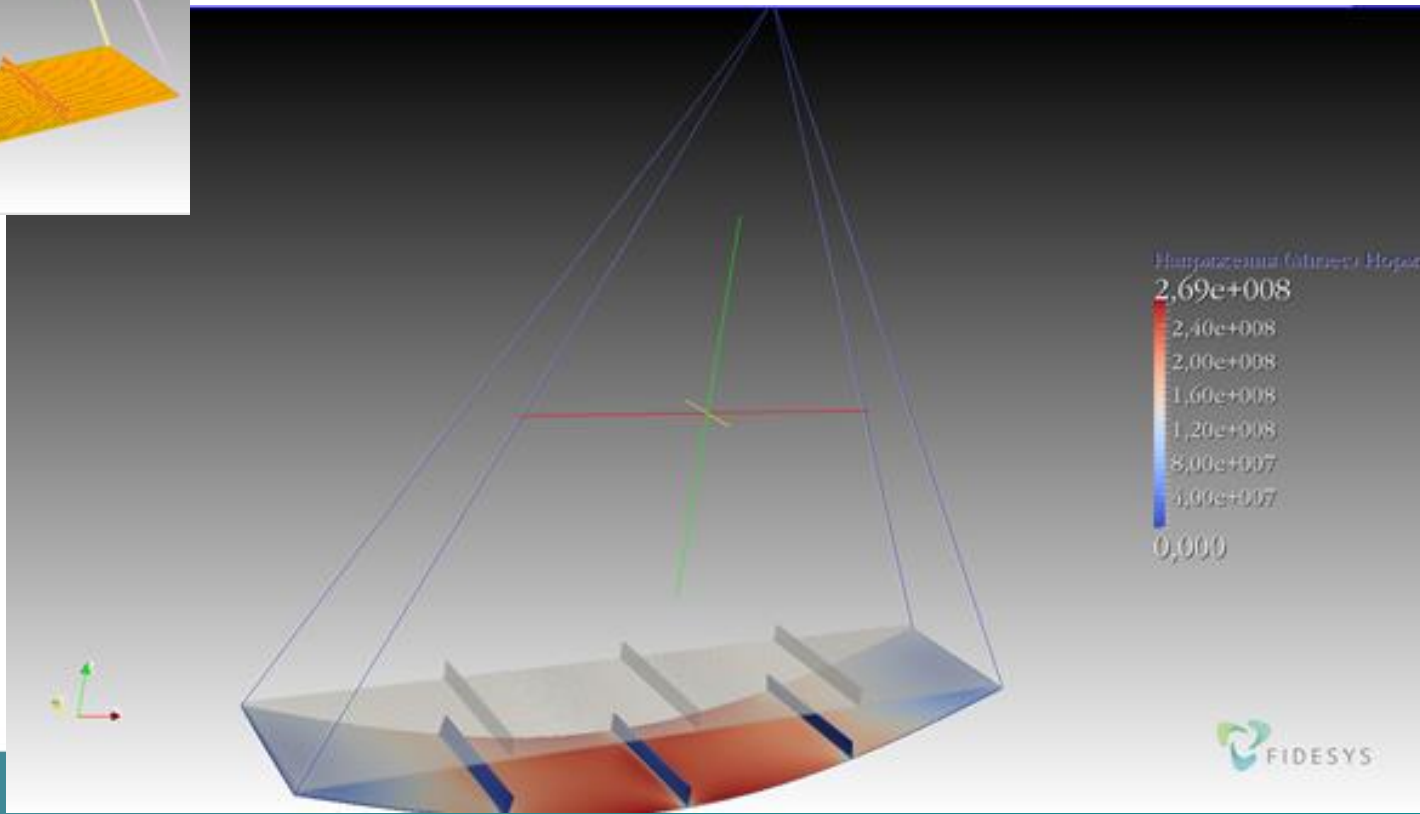
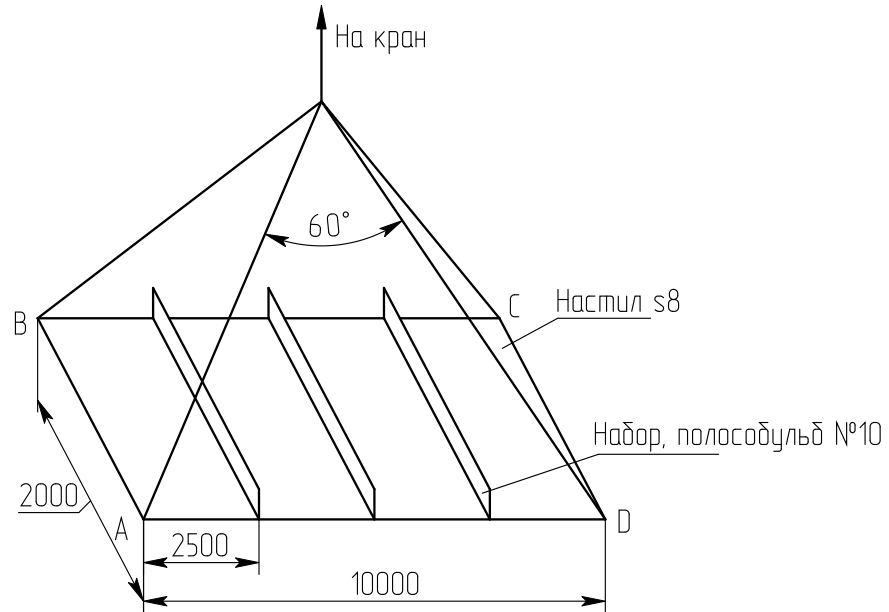
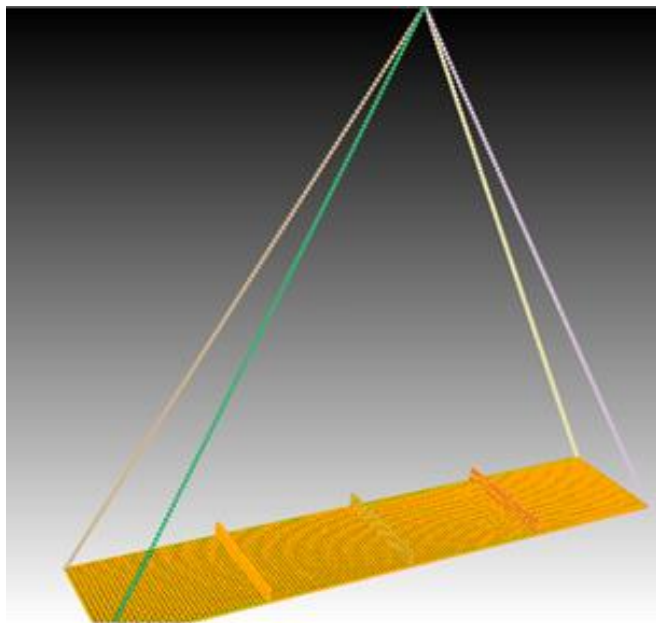


Интенсивность напряжений



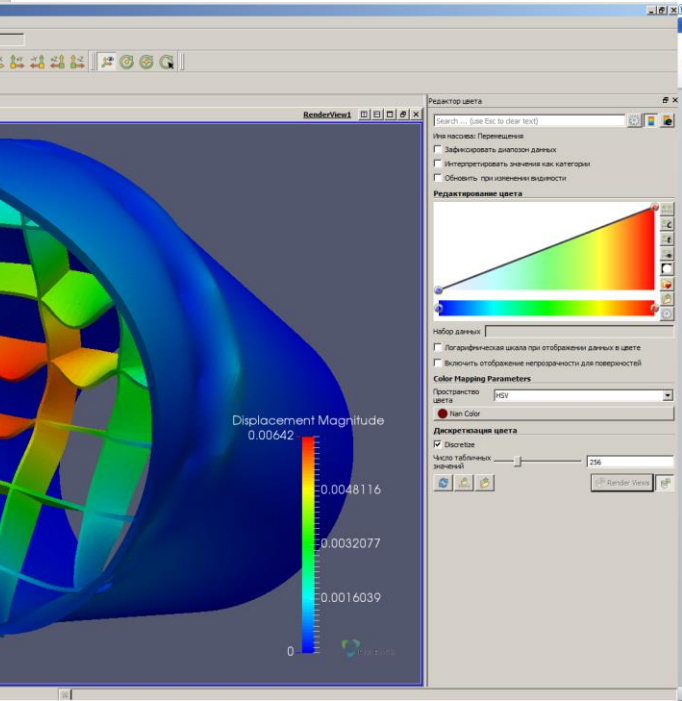
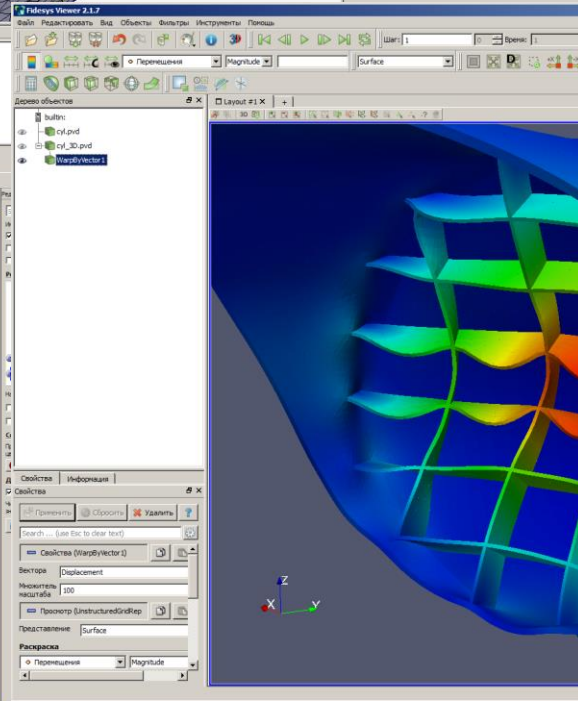
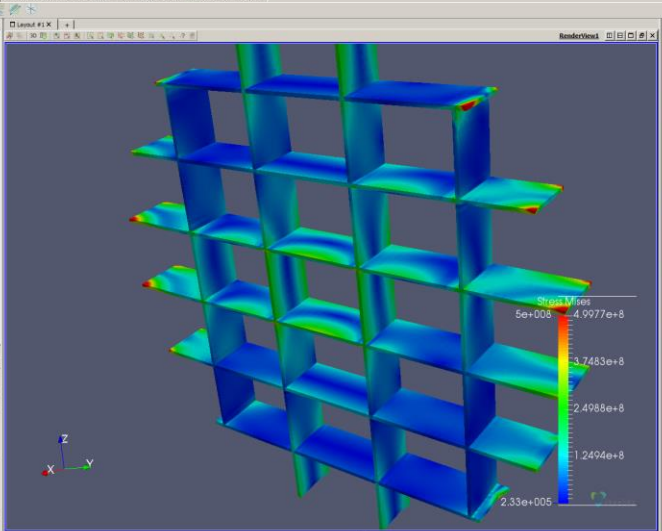
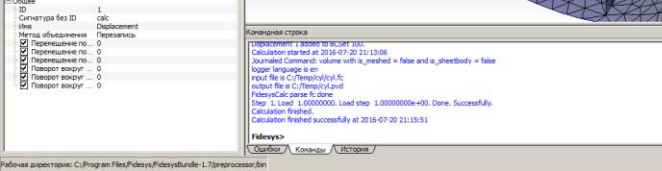
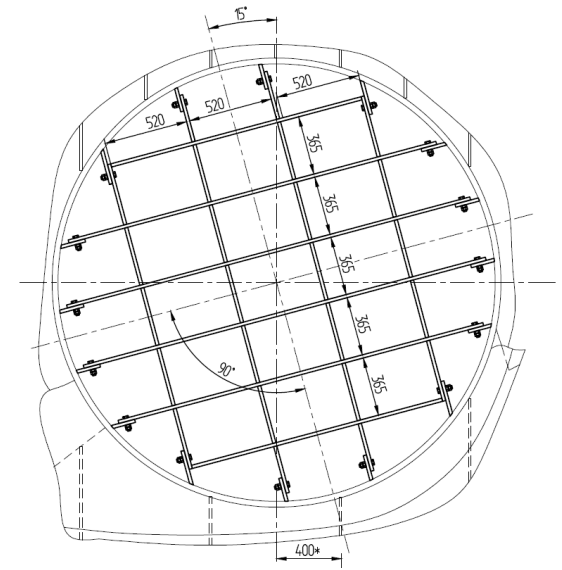
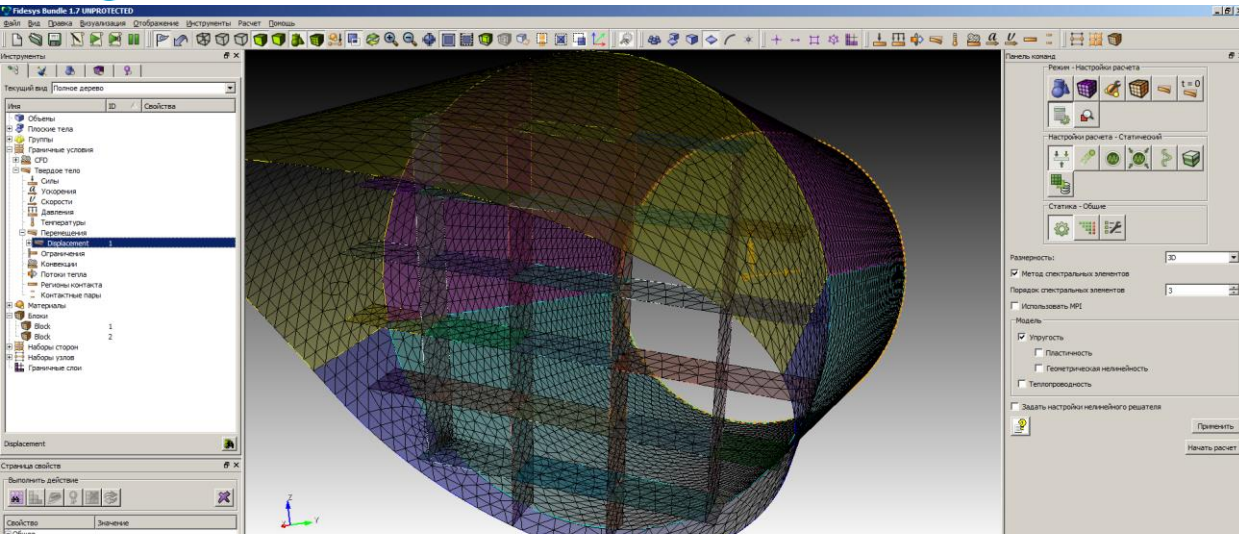


Подъём секции





Статический анализ ледовой нагрузки





Расчет сосуда под давлением

Fidesys Bundle 1.7 UNPROTECTED

Файл Вид Правка Визуализация Отображение Инструменты Расчет Помощь

Инструменты

Текущий вид Полное дерево

Имя	ID	Свойства
Температуры		
Перемещения		
Ограничения		
Конвекции		
Потоки тепла		
Регионы контакта		
Контактные пары		
Материалы		
Блоки		
Block	1	
Block	2	
Block	3	
Block	4	
Наборы сторон		
Наборы узлов		
Граничные слои		

Block

Страница свойств

Выполнить действие

Свойство	Значение
Имя	Block
Описание	
Тип элемента	SHELL4
Цвет	Не указано
Количество эле...	29731
Атрибут	2
Attribute 1	0.015
Attribute 2	0.5

Командная строка

```
set node constraint on  
set hdf5_cub_file on
```

Панель команд

Режим - Настройки расчета

Настройки расчета - Статический

Статика - Общие

Размерность: 3D

Метод спектральных элементов

Порядок спектральных элементов 4

Использовать MPI

Модель

Упругость

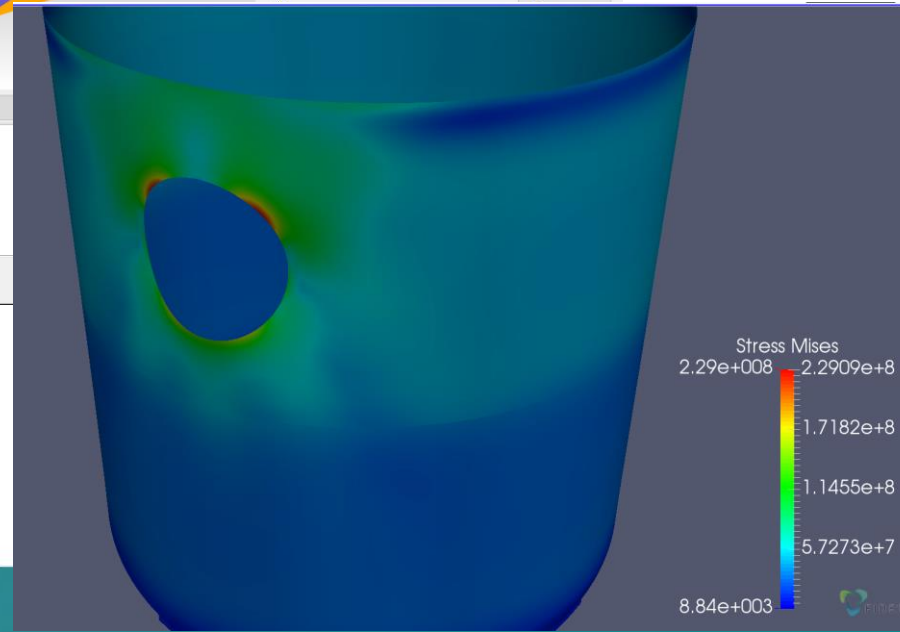
Пластичность

Геометрическая нелинейность

Теплопроводность

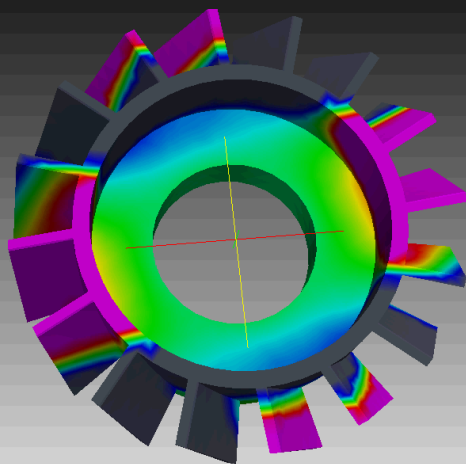
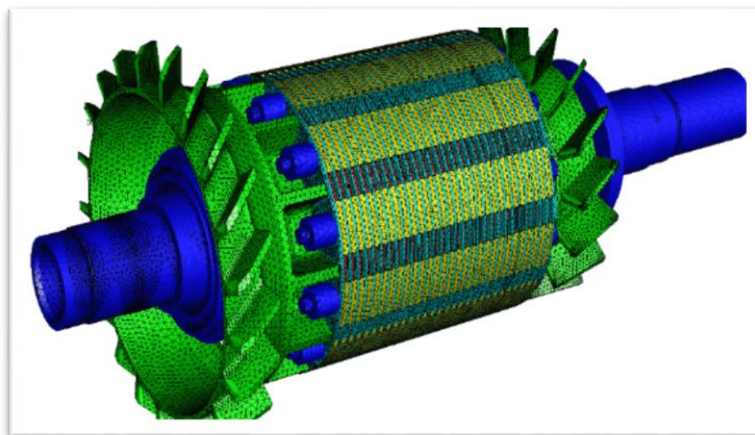
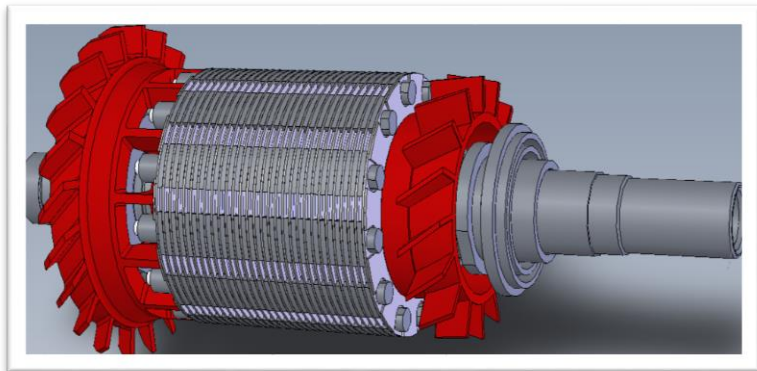
Задать настройки нелинейного решателя

Рабочая директория: C:/Tolya/Science/Start-Up/Clients/Obninsk

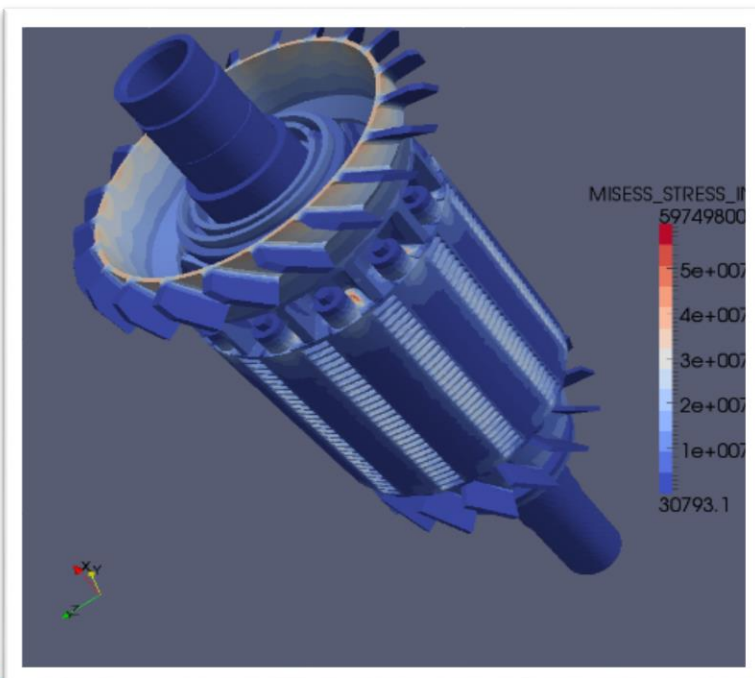




Анализ ротора электродвигателя



FIDESYS





Совместимость и поддержка

- Поддержка наиболее популярных CAD/CAE-систем



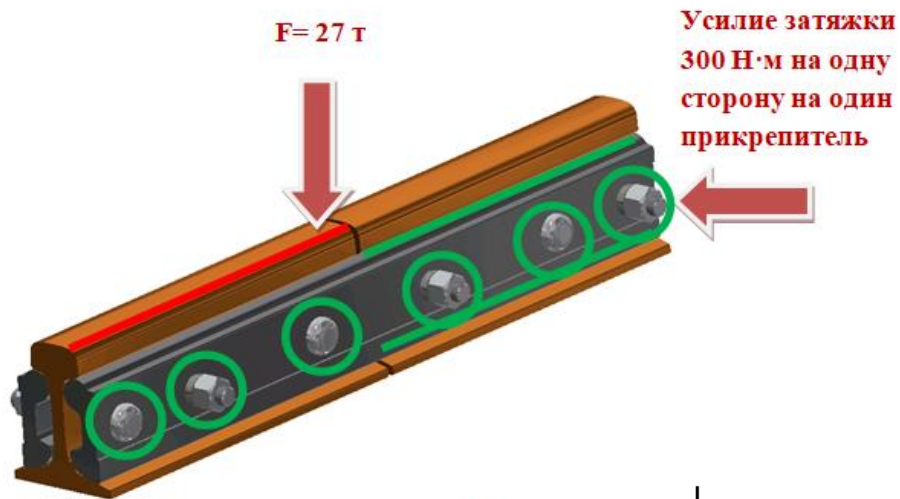
- Поддержка нейтральных форматов данных

- ACIS (R1-R24)
- IGES (До 5.3 включительно)
- STEP (AP023, AP214)
- AVS
- Genesis/Exodus
- Facets
- STL
- Ideas

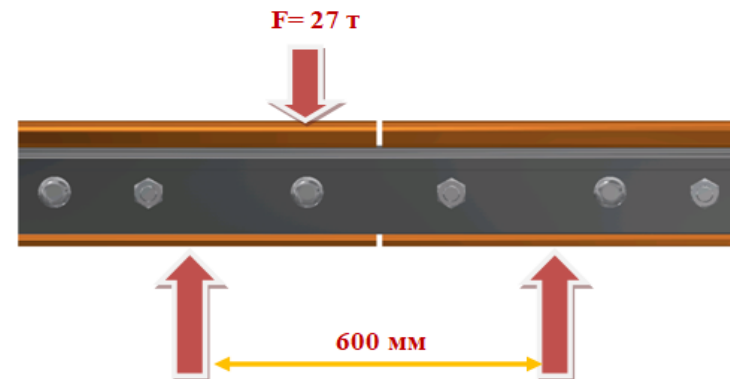


Тестовая задача ОАО "РЖД" (ПКБ И)

Основные нагрузки



Реакция опор

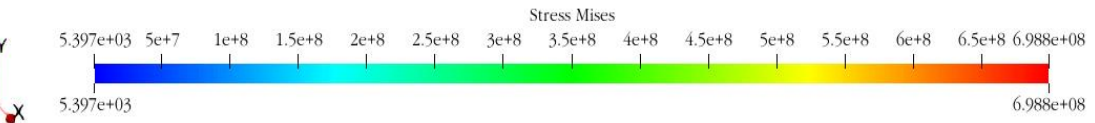
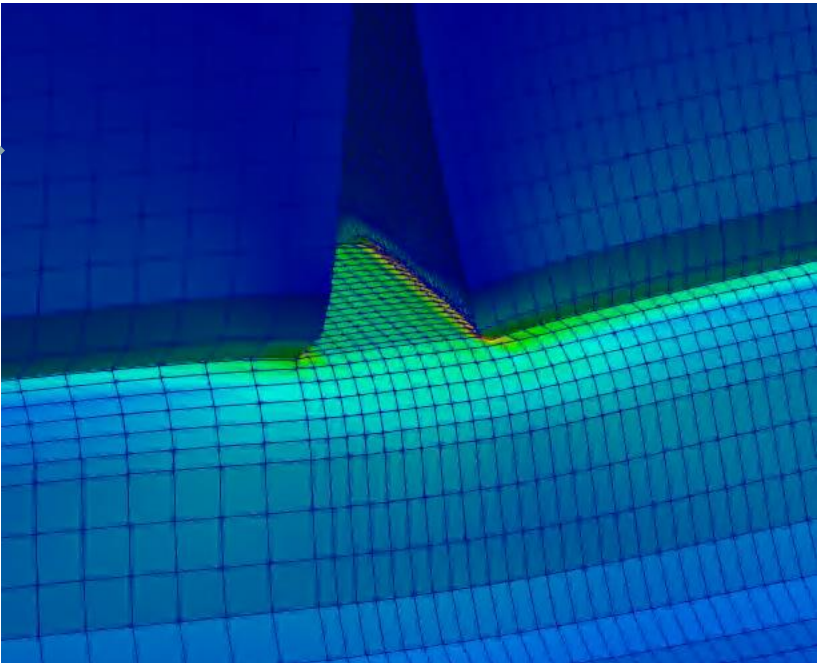
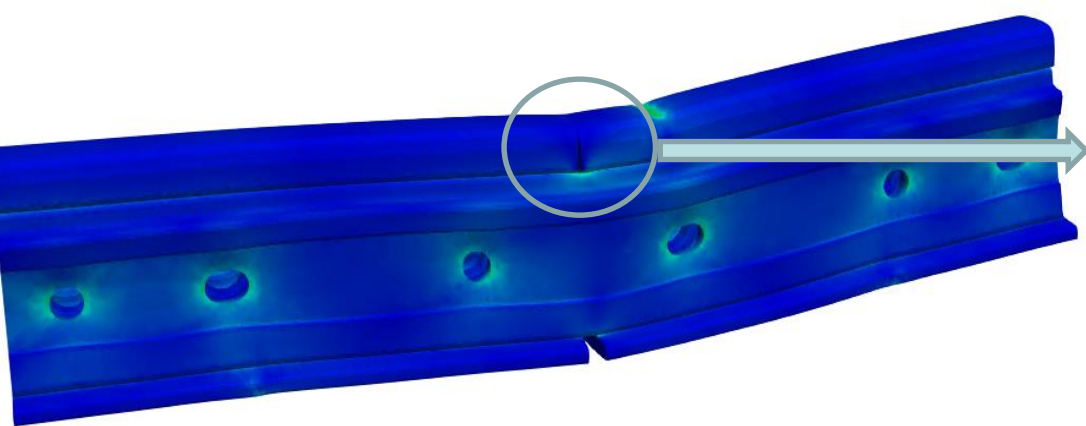
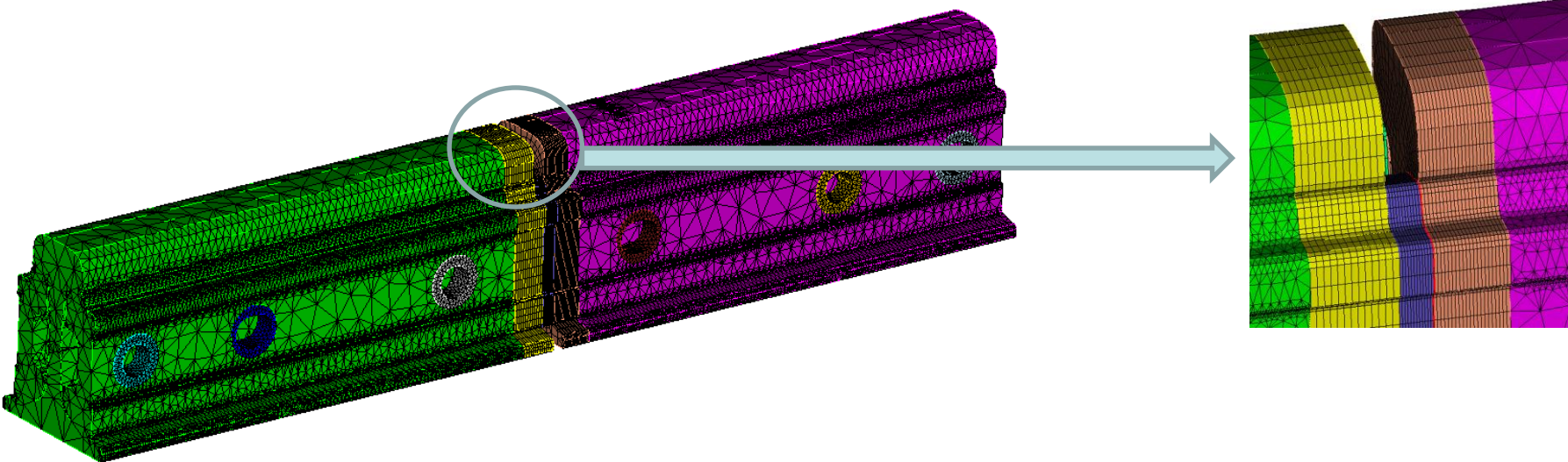


- - Места приложения нагрузок
- - Места имитации реакции закрепления

Наименование показателя		Значение
Максимальная нагрузка от колесной пары на рельс, кН (тс):		265 (27)
Номинальное усилие затяжки гаек стыковых болтов, Н·м (кгс·м)		600 (61)
Применяемые стали		К54, Э54
Общие	Массовая плотность	7,85 г/см ³
	Предел текучести	530 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	844 МПа

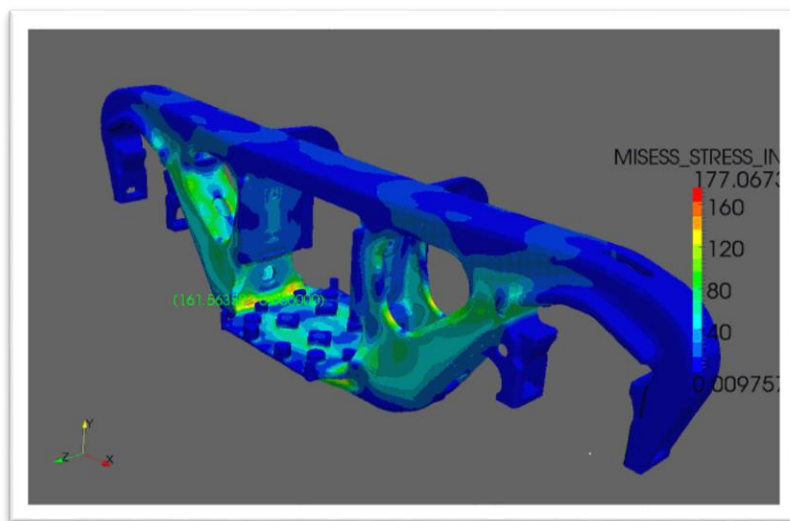
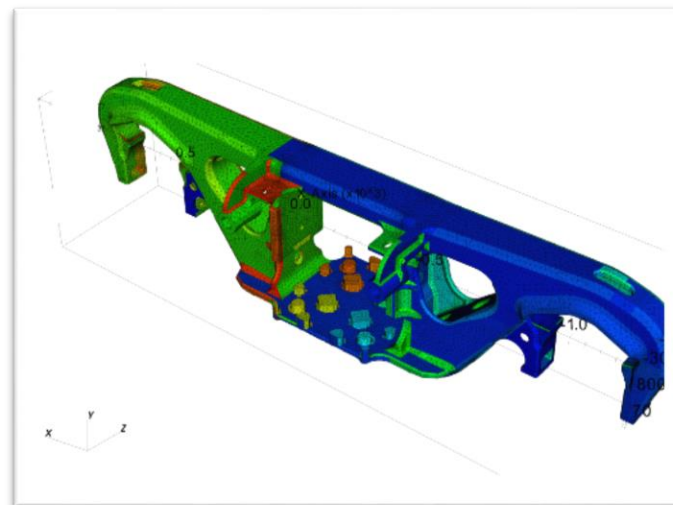
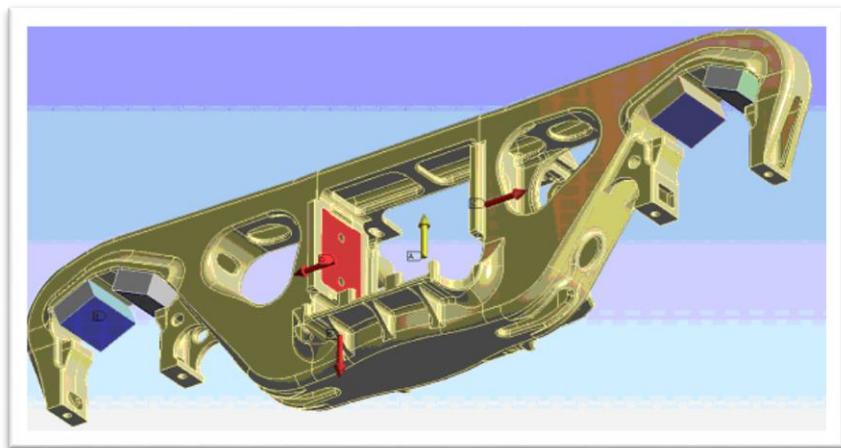


МКЭ-модель в CAE Fidesys



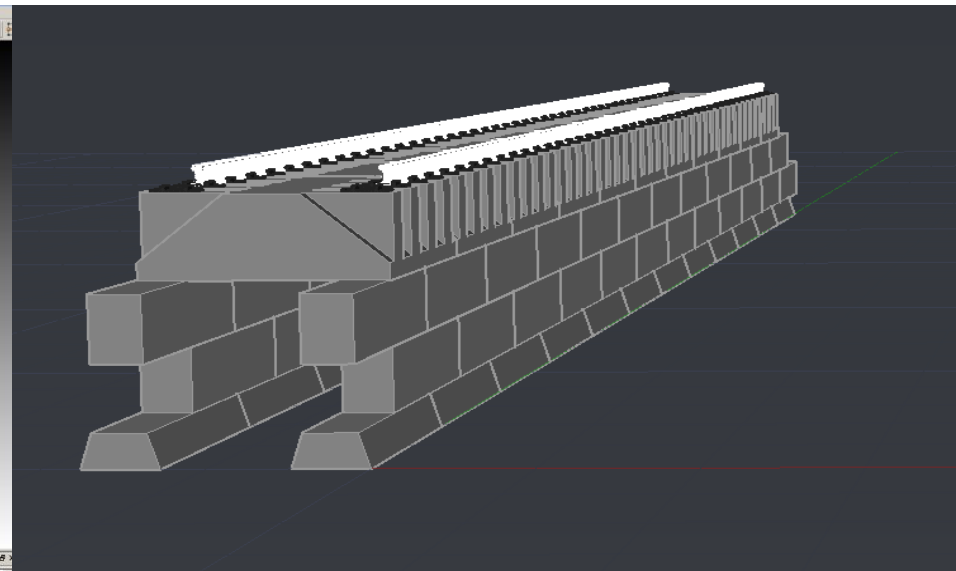
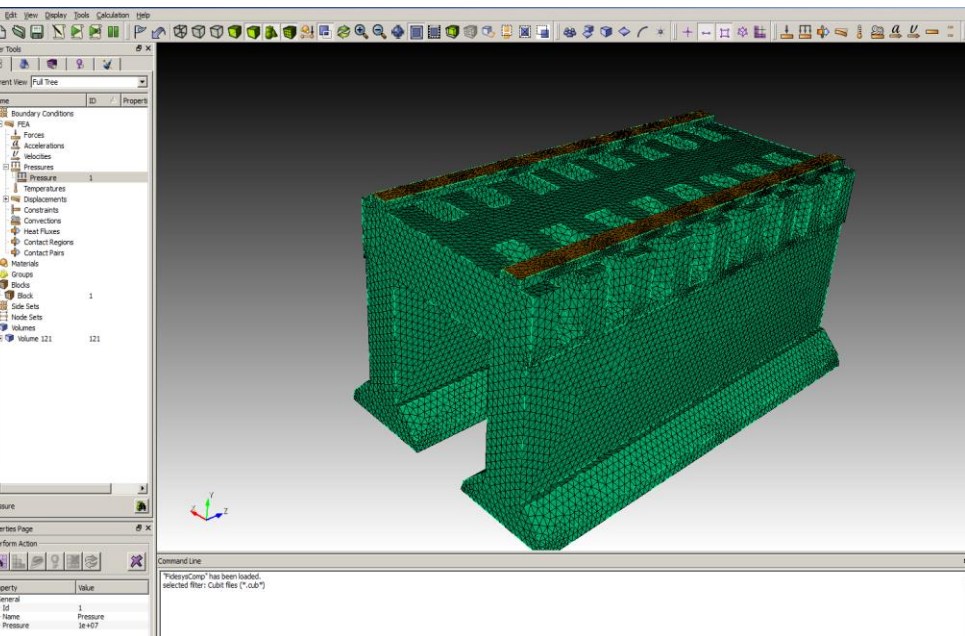


Анализ напряженного состояния в каретке железнодорожного вагона



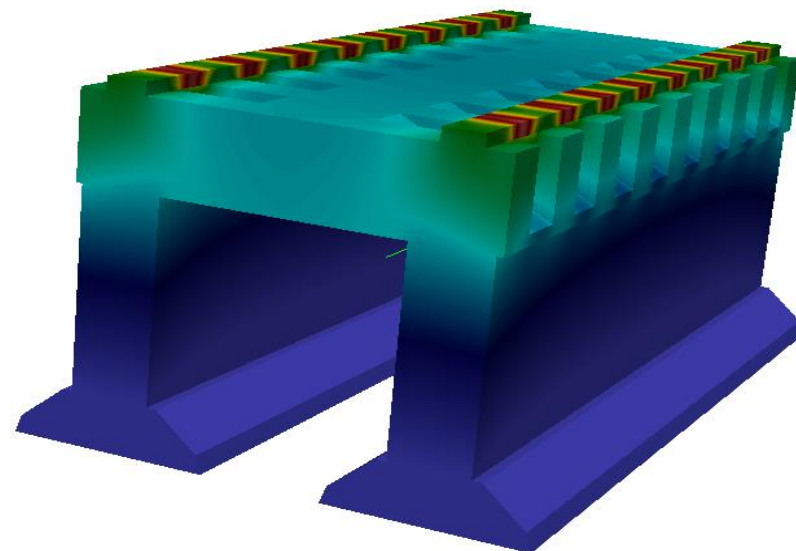


Расчет ЖД-эстакады



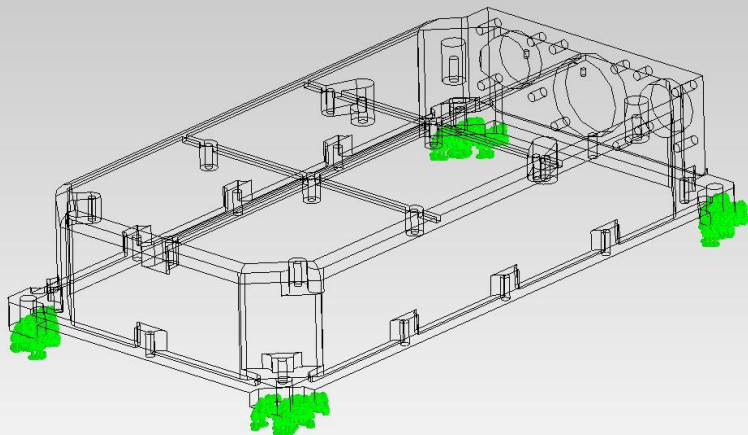
Масса вагона, т	48
Нагрузка оси на рельсы, кН	215,80
Скорость, км/ч	80,00
Длина вагона, мм	14900
Ширина вагона, мм	3520
Высота вагона, мм	3241

Эстакады следует рассчитывать в соответствии с требованиями СП 35.13330 на следующие временные нагрузки: Нормативную временную вертикальную нагрузку следует принимать по СП 35.13330, но не менее $SK=14$ (SK – условная эквивалентная равномерно распределенная нормативная нагрузка от подвижного состава железных дорог на 1 м пути). Нормативную горизонтальную поперечную нагрузку от ударов подвижного состава следует определять в зависимости от расчетной скорости движения по эстакаде.



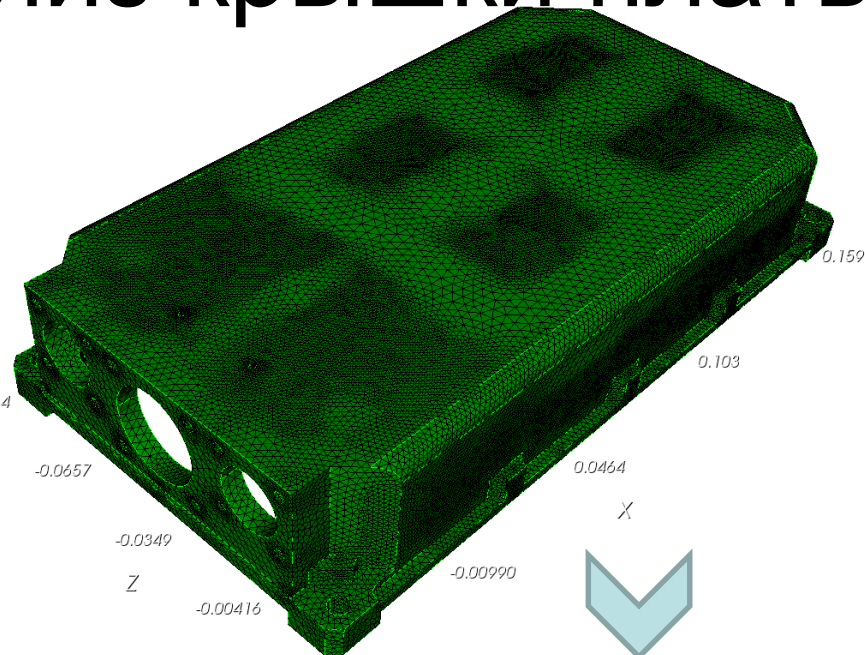


Модальный анализ крышки платы



0.0450
0.0338
0.0225
0.0113
0.0004

Y



-0.0657

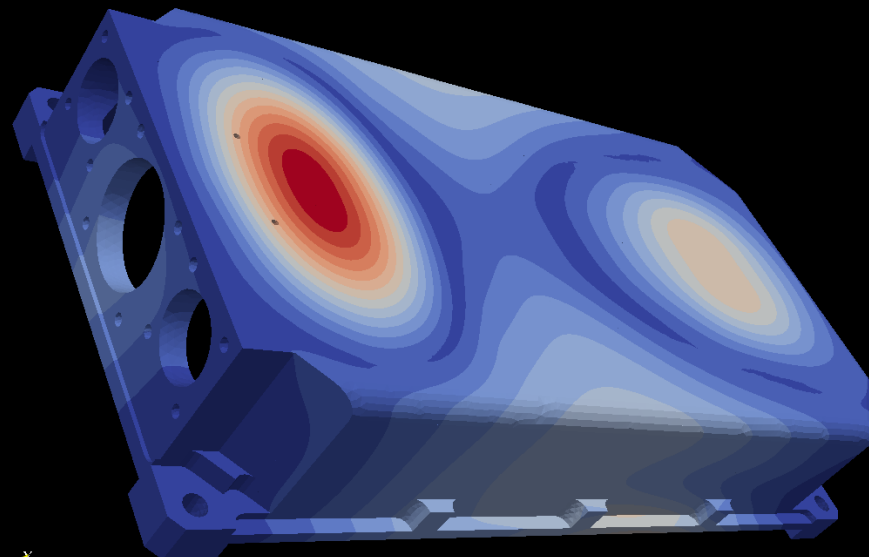
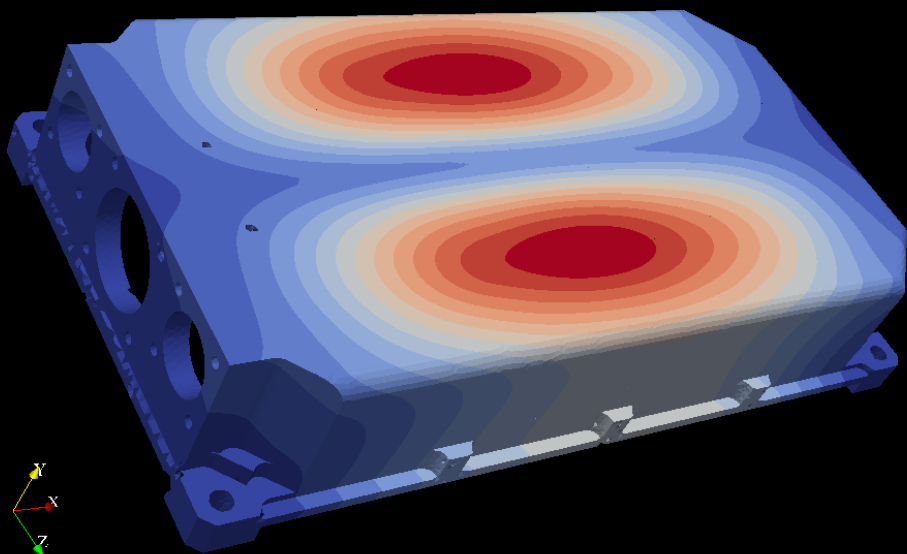
-0.0349


Z

-0.00416

0.0464

X





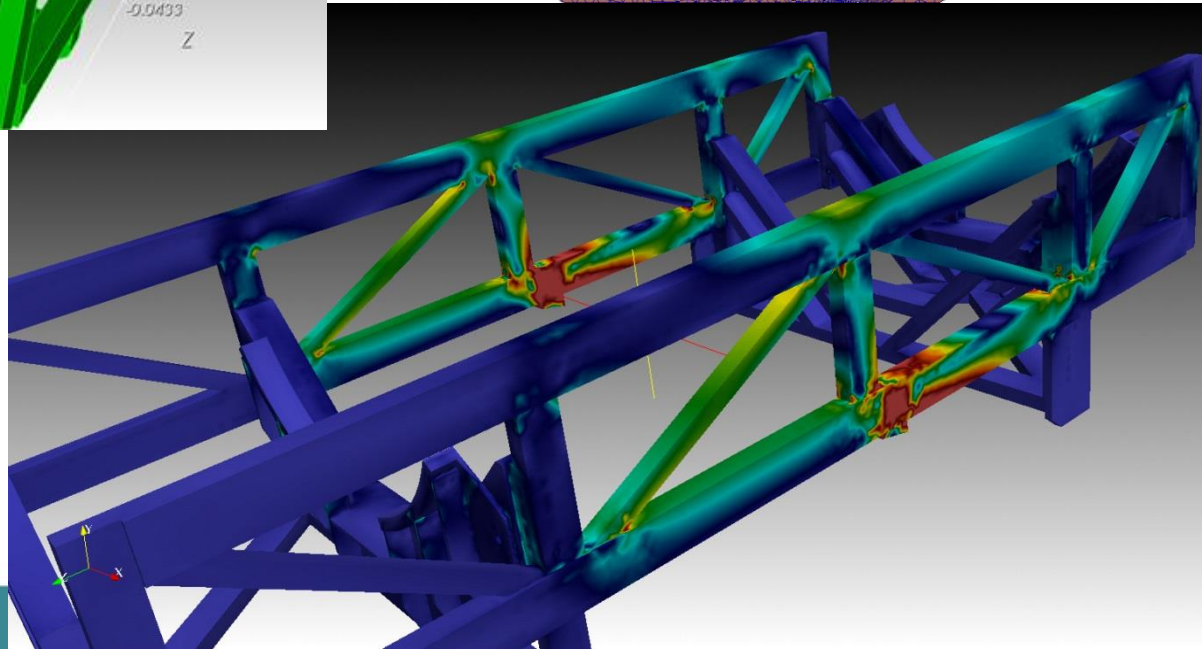
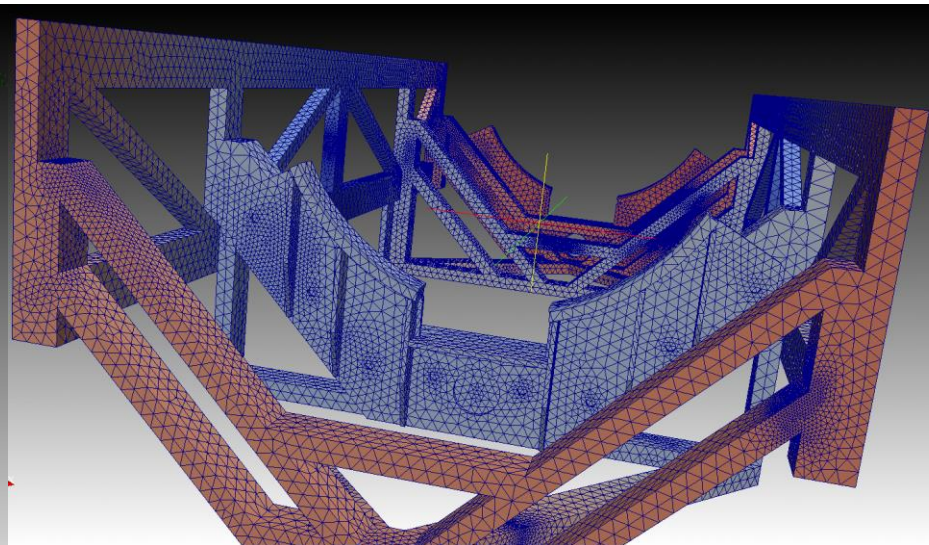
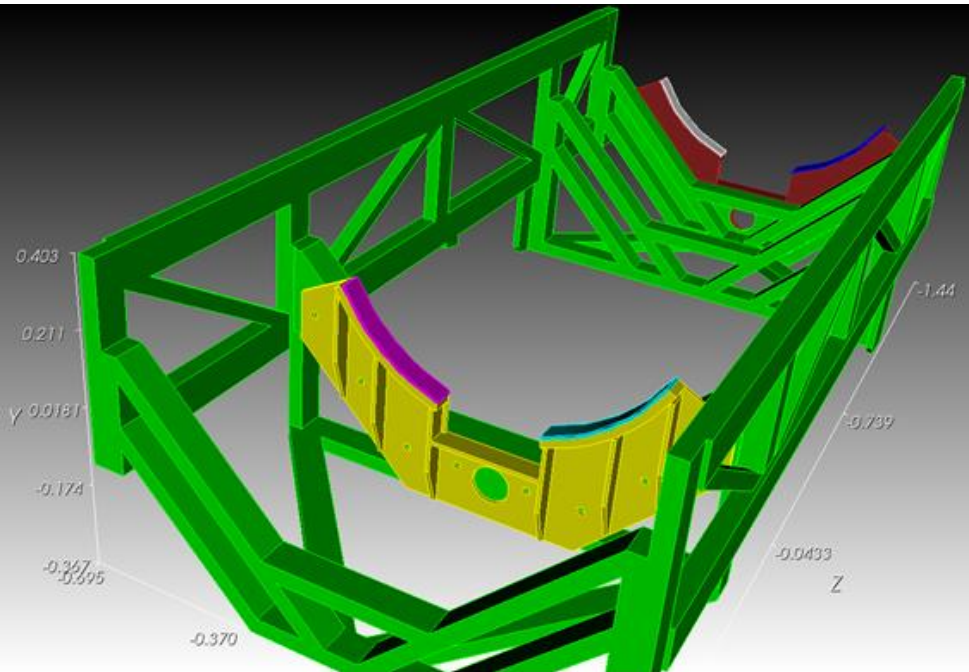
Форматы данных, ТИПЫ ЭЛЕМЕНТОВ

- **ACIS** (*.sat, *.sab);
- **IGES** (*.igs, *.iges);
- **STEP** (*.stp, *.step);
- **AVS** (*.avs);
- **Genesis/Exodus** (*.g, *.gen, *.e, *.exo);
- **Facets** (*.fac);
- **GAMBIT Real Geometry** (*.dbs)
- **Parasolid** (*.x_t, *.x_b)
- **CATIA** (*.CATPart, *.CATProduct)
- **SolidWorks** (*.sldprt, *.sldasm)
- **Pro/E** (*.prt, *.asm)
- **STL Files** (*.stl);
- **Patran** (*.pat, *.neu, *.out);
- **Ideas** (*.unv);
- **Abaqus** (*.inp);
- **Fluent** (*.msh);
- **Nastran** (*.bdf);
- **LS-Dyna** (*.k*)
- **Ansys** (*.cdb)

- BEAM2 (балочный)
- BEAM3 (криволинейный балочный)
- QUAD4 (плоский четырехугольный)
- QUAD8 (плоский восьмиузловой)
- QUAD9 (плоский девятиузловой)
- SHELL4 (четырёхугольный оболочечный)
- SHELL8 (восьмиузловой оболочечный)
- SHELL9 (девятиузловой оболочечный)
- TRI3 (плоский треугольный)
- TRI6 (плоский шестиузловой)
- TRISHELL3 (треугольный оболочечный)
- TRISHELL6 (шестиузловой оболочечный)
- HEX8 (гексаэдральный объемный)
- HEX20 (криволинейный гексаэдральный)
- HEX27 (криволинейный гексаэдральный)
- TETRA4 (тетраэдральный объемный)
- TETRA10 (криволинейный тетраэдральный)
- WEDGE6 (призматический объемный)
- WEDGE15 (криволинейный призматический)
- PYRAMID5 (пирамидальный объемный)
- PYRAMID13 (криволинейный пирамидальный)
- SPRING (пружина)
- LUMPMASS (сосредоточенная масса)
- CONSTRAINT (связь)
- **SEM N (спектральный элемент)**

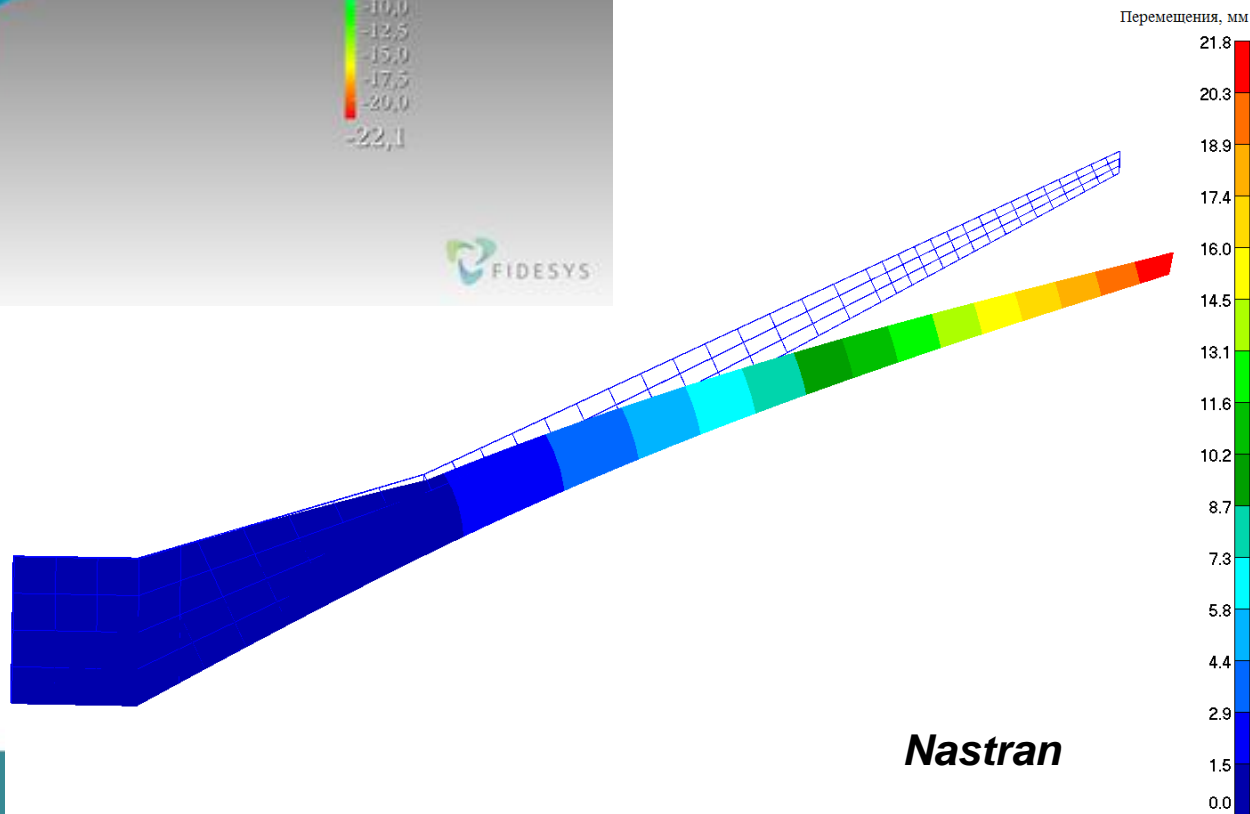
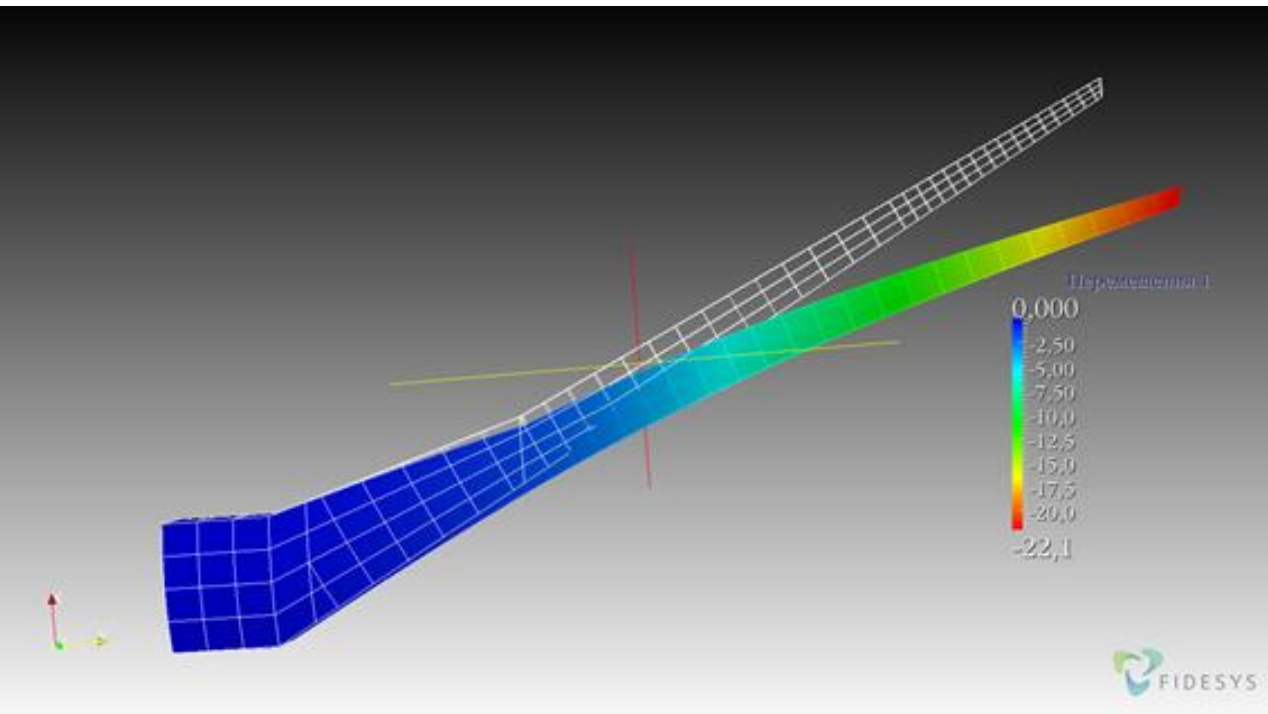


Прочностной анализ конструкции из элементов смешанного типа



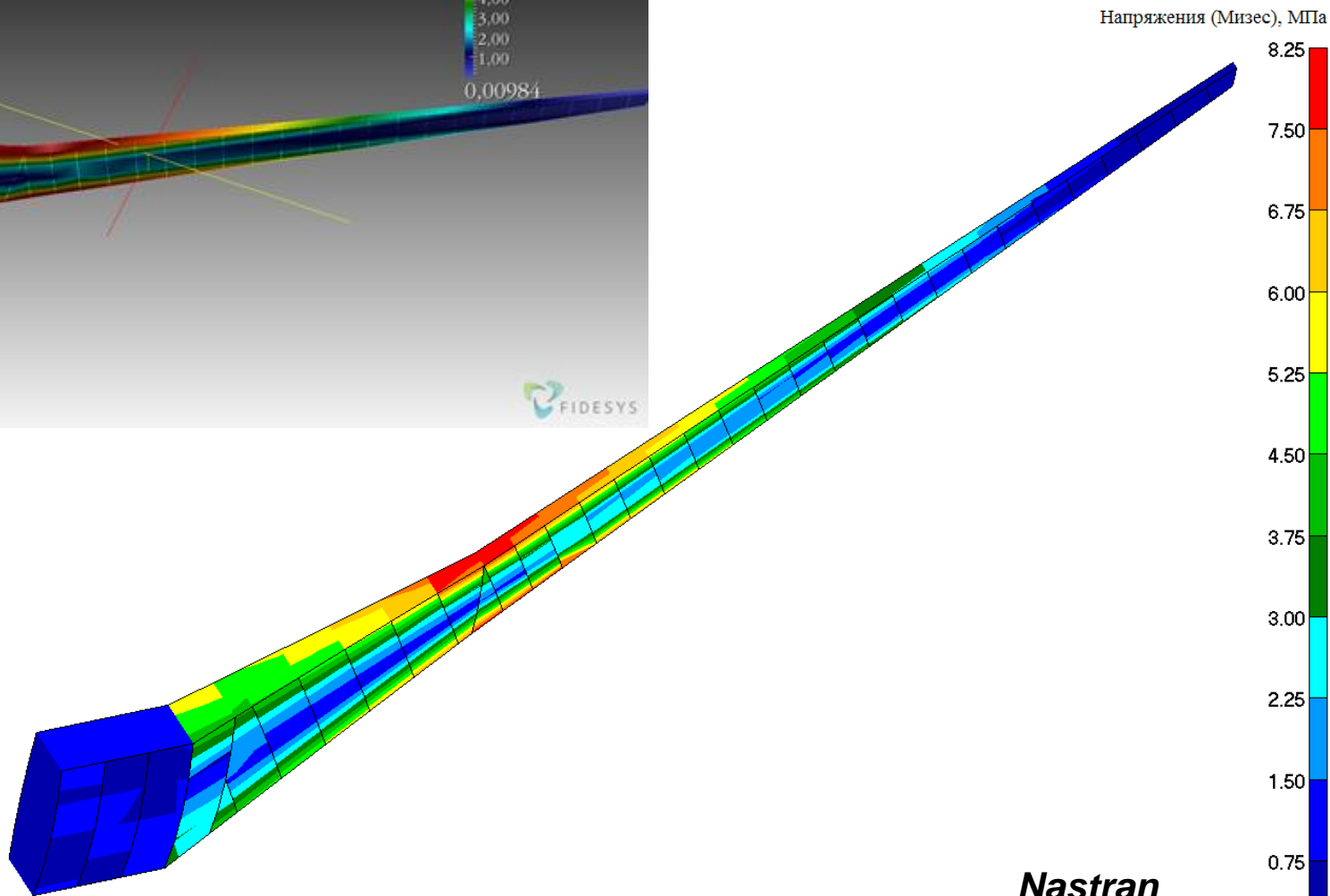
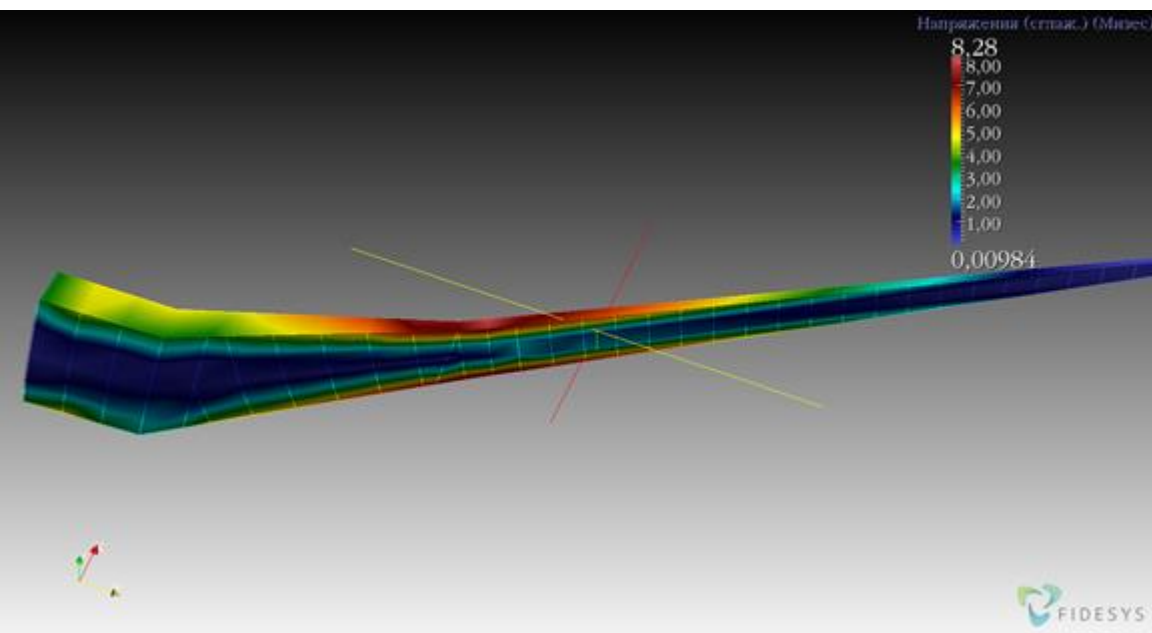


Расчет кессона крыла



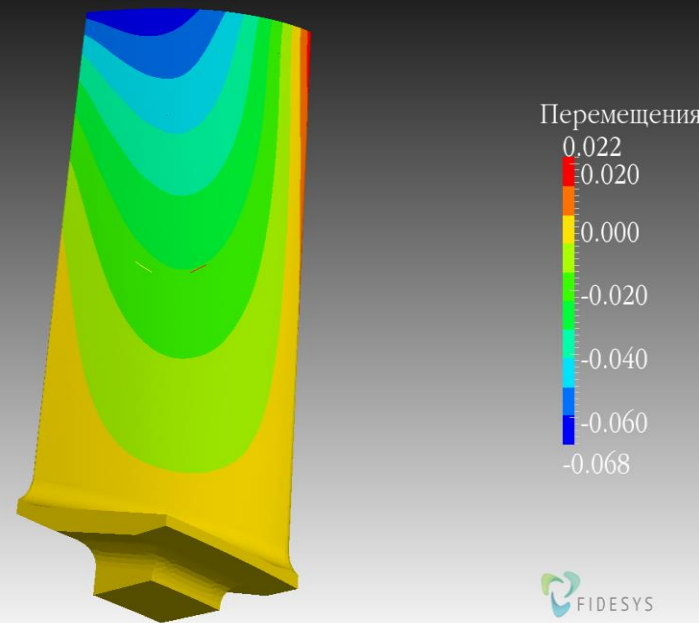
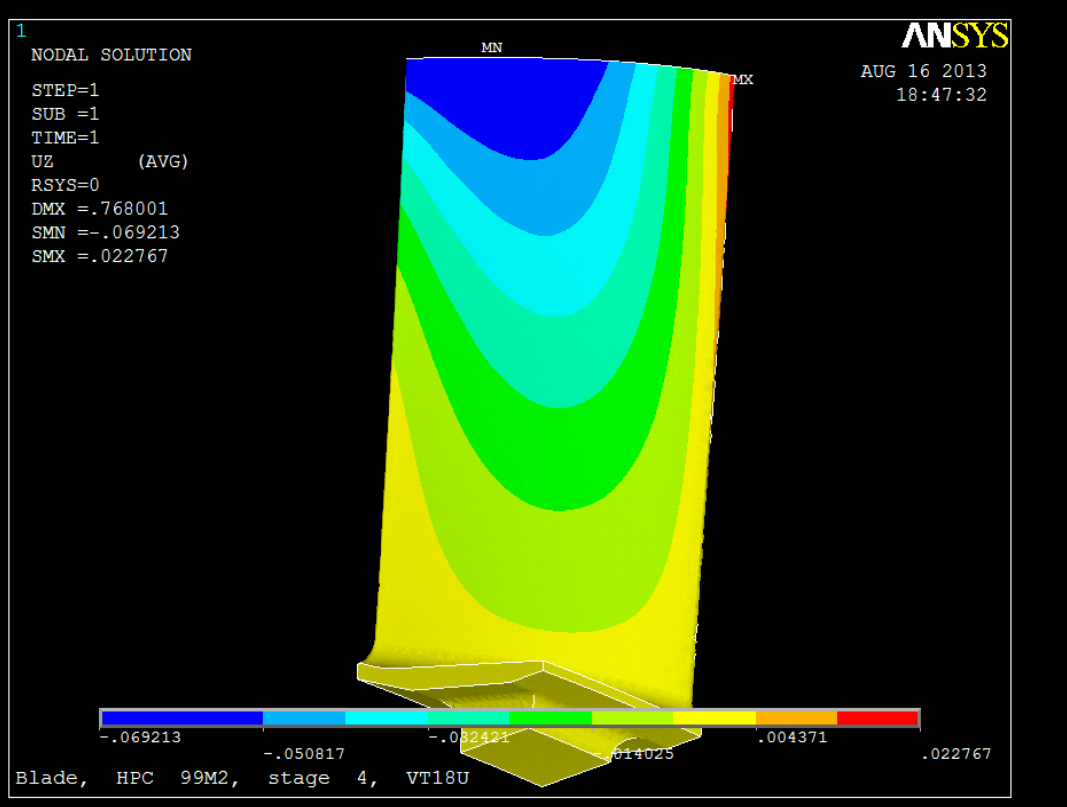


Расчет кессона крыла



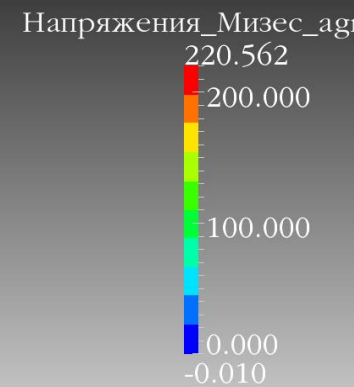
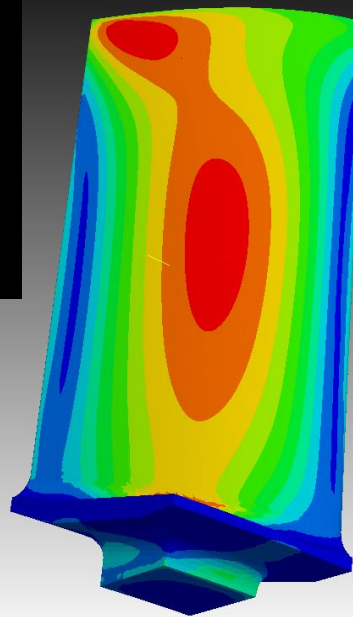
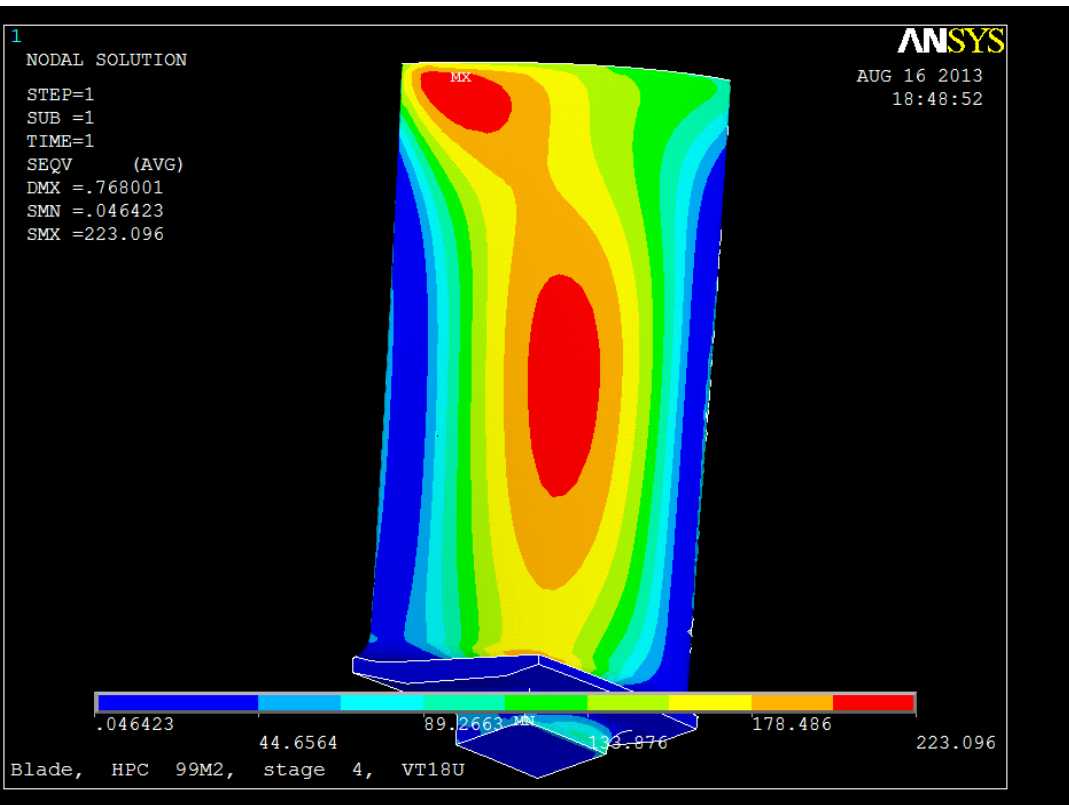


Расчет лопатки авиадвигателя





Расчет лопатки авиадвигателя

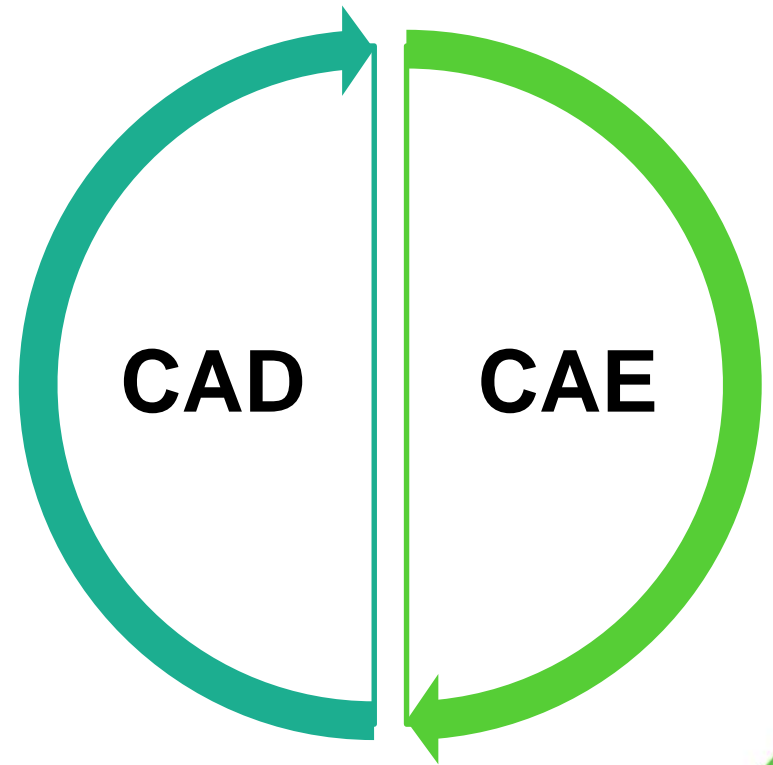




Возможности CAE Fidesys

Интеграция с CAD-пакетами

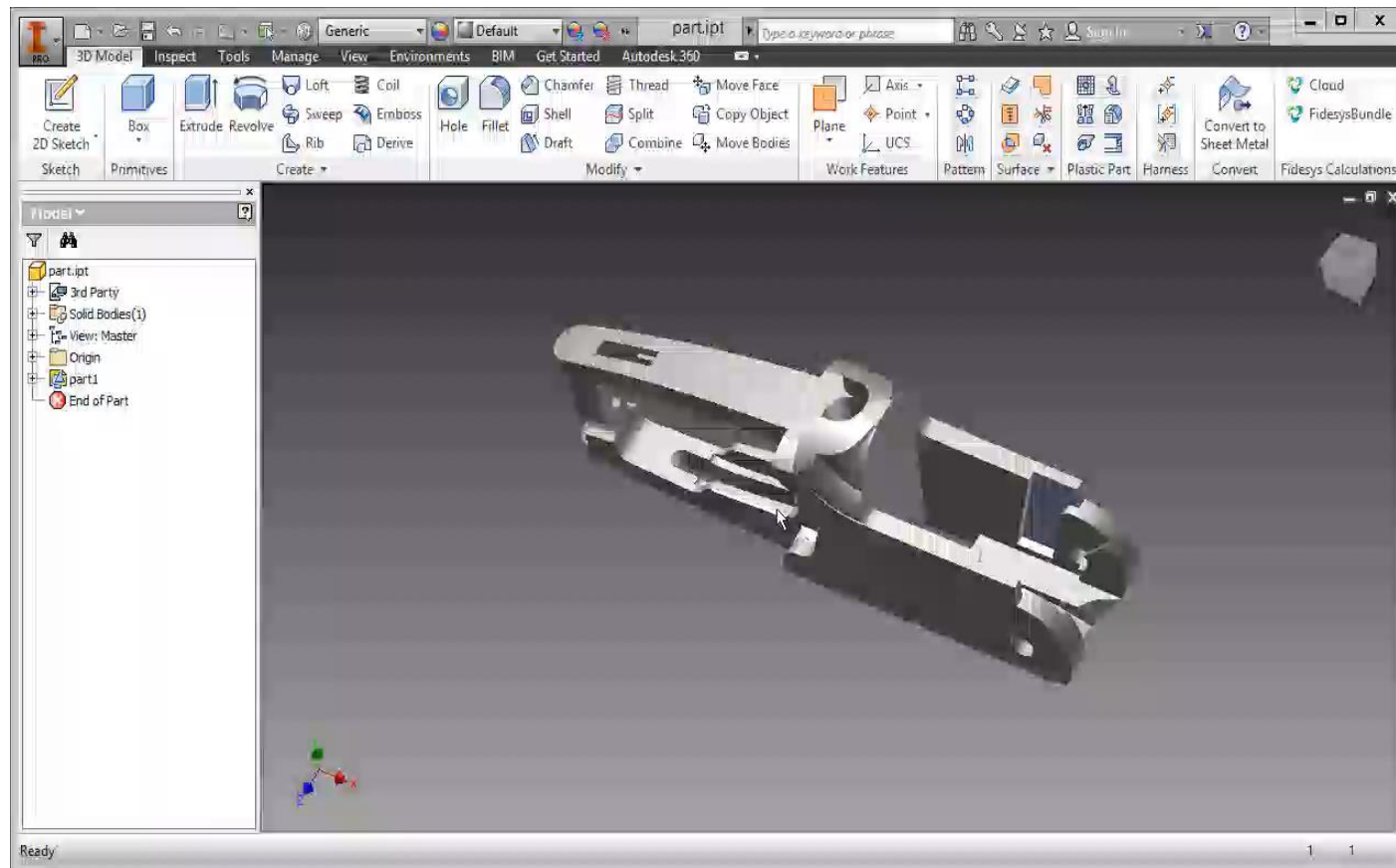
- Экспорт модели одной кнопкой
- Автоматизированное перестроение сетки
- Возможность оптимизации модели, оценка прочности для различных вариантов CAD-модели
- Использование CAE на ранних этапах проектирования





Интеграция с Autodesk Inventor

- Экспорт CAD-модели из Inventor в Fidesys одной кнопкой;
- Не нужно изменять параметры расчетной модели при ее изменении в Autodesk Inventor;
- Возможность экспорта модели в Fidesys Online для дальнейшего анализа в облаке



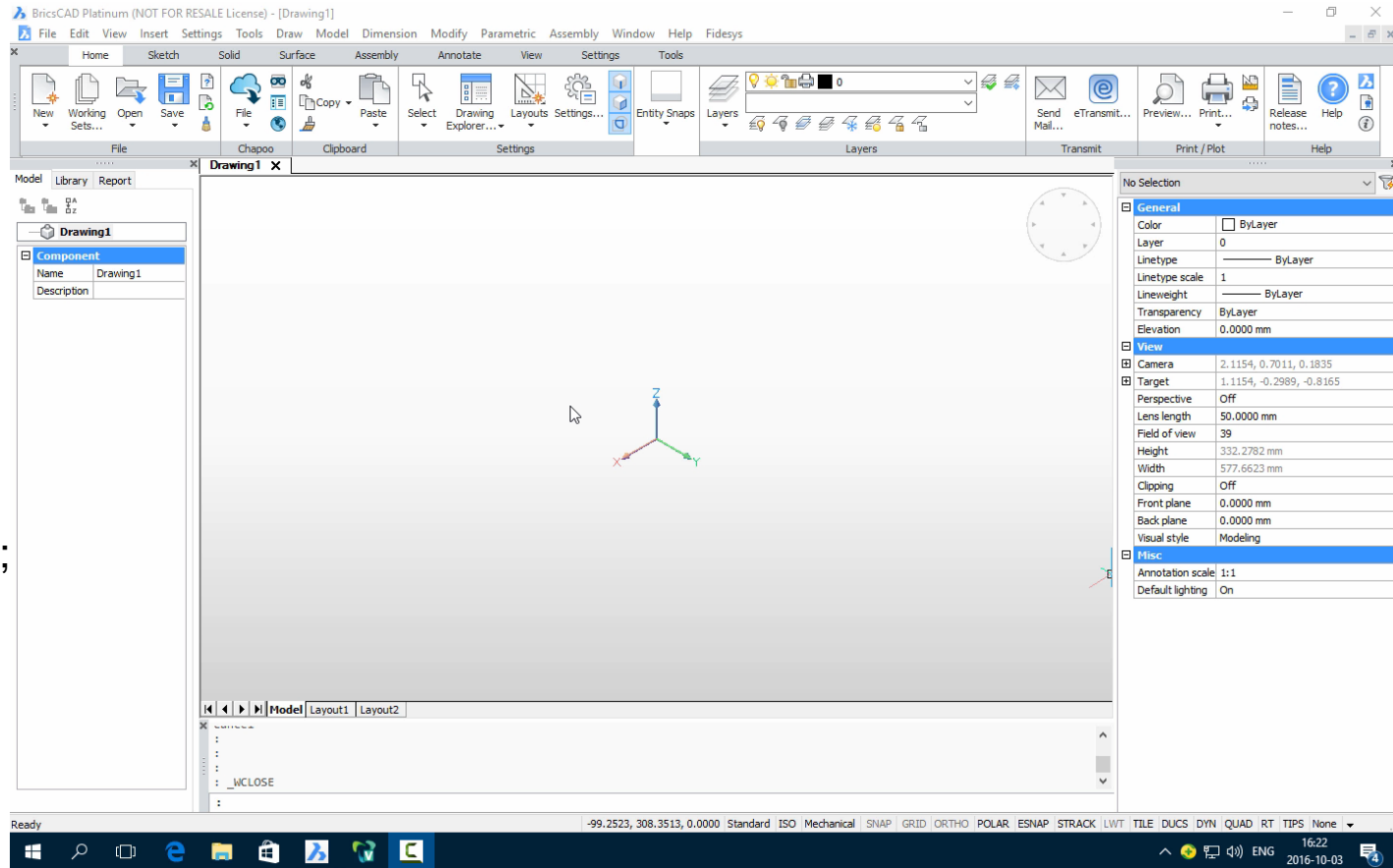


Возможности CAE Fidesys



Интеграция с BricsCAD

- Экспорт CAD-модели из BricsCAD в Fidesys одним нажатием;
- Автоматизация процесса расчета модели при ее изменении в BricsCAD;
- Возможность проведения оптимизации геометрии модели





Возможности CAE Fidesys

Интеграция с Datadvance

- Многопараметрическая оптимизация CAD-модели;
- Не нужно изменять параметры расчетной модели при изменении модели в процессе оптимизации;
- Возможность задания нескольких целевых функций;
- Интеграция с ведущими CAD-системами: SolidWorks, CATIA, Компас-3D

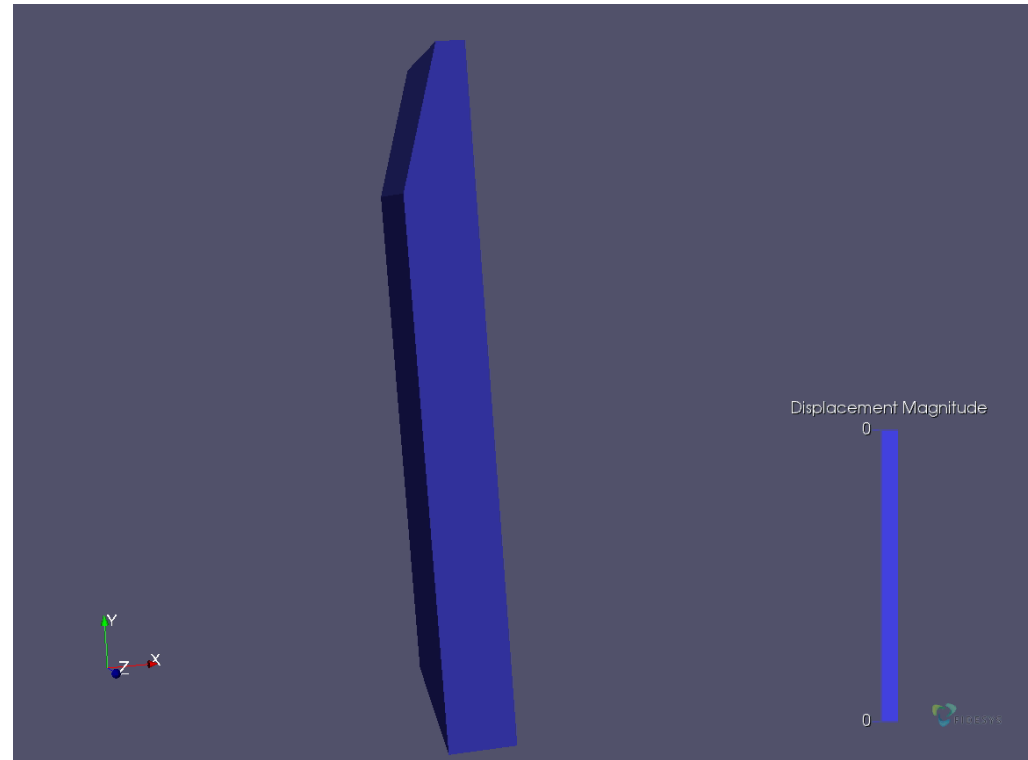
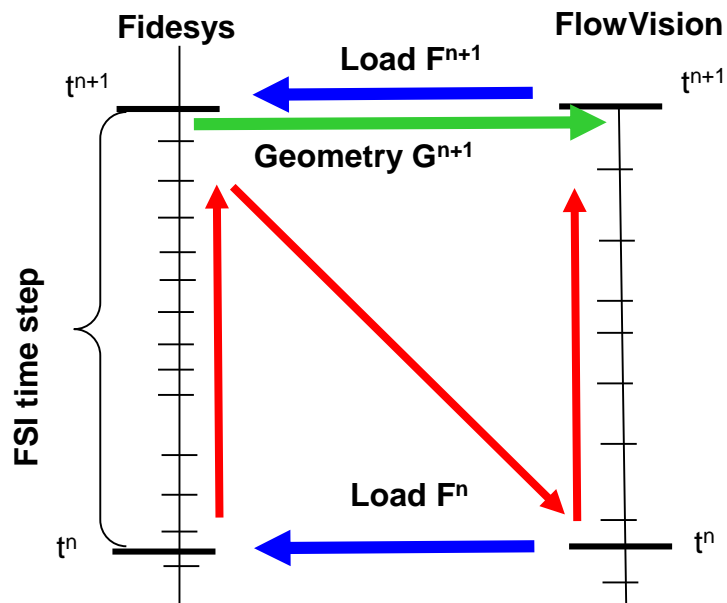
Оптимизация кронштейна

PSE + MACROS + Fidesys + SolidWorks



Возможности CAE Fidesys

Интеграция с FlowVision

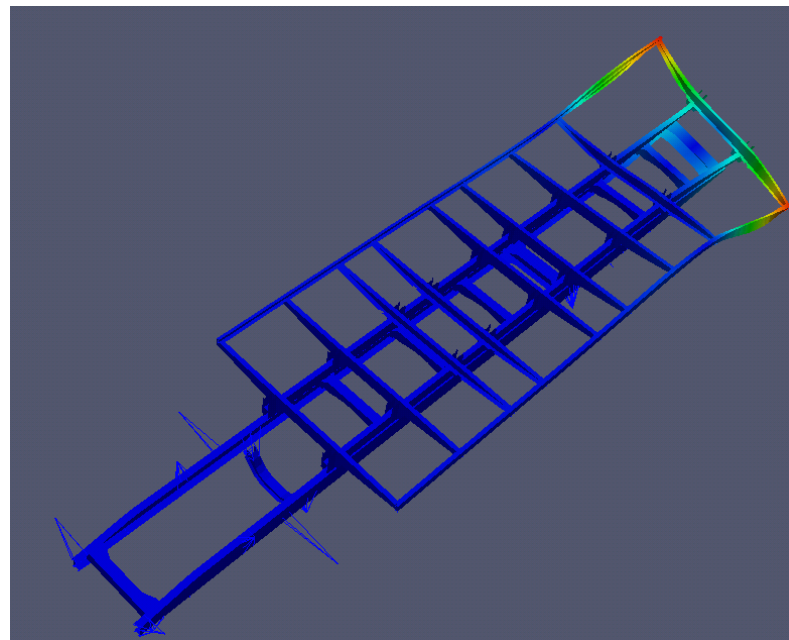
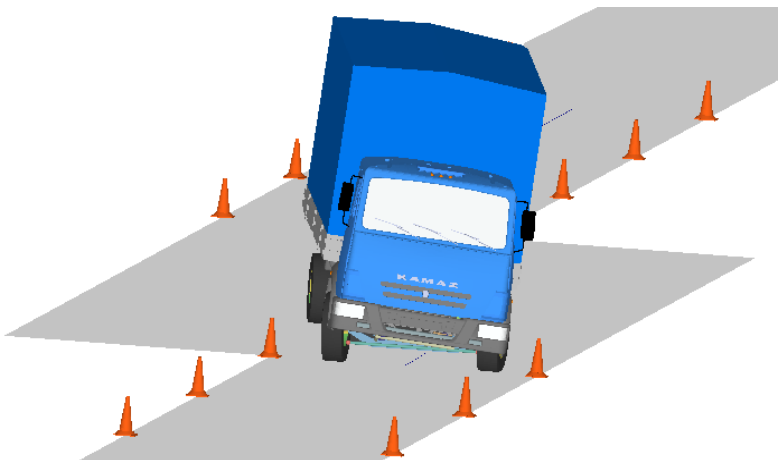
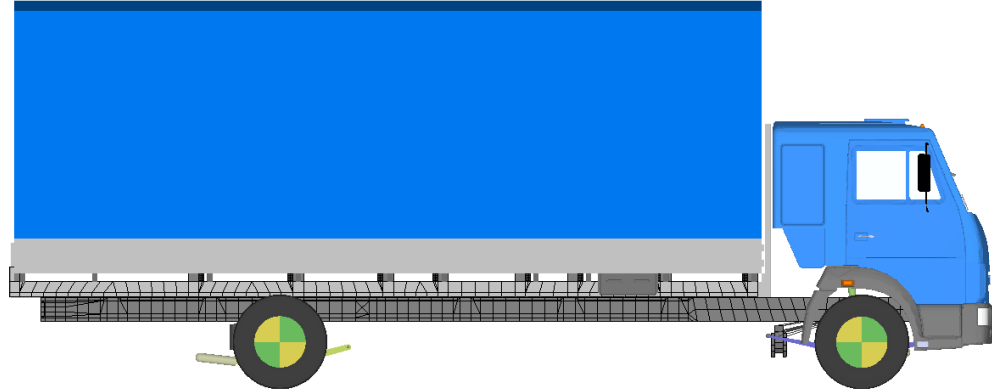


- Решение связанных (FSI) задач;
- Интерфейс прямой интеграции между решателями;
- Использование независимых неконформных расчетных сеток в CFD и FEA решателях



Возможности CAE Fidesys

Интеграция с Euler



- Расчет динамики механических систем с учетом упругих деформаций отдельных частей;
- Прямая интеграция между пакетами на основе метода Крейга-Бэмптона;
- Учет изменения параметров движения и структуры механизма на напряженно-деформированное состояние детали



Интеграция с Euler



CAE Fidesys 1.7

Файл Вид Правка Визуализация Отображение Инструменты Расчет Помощь

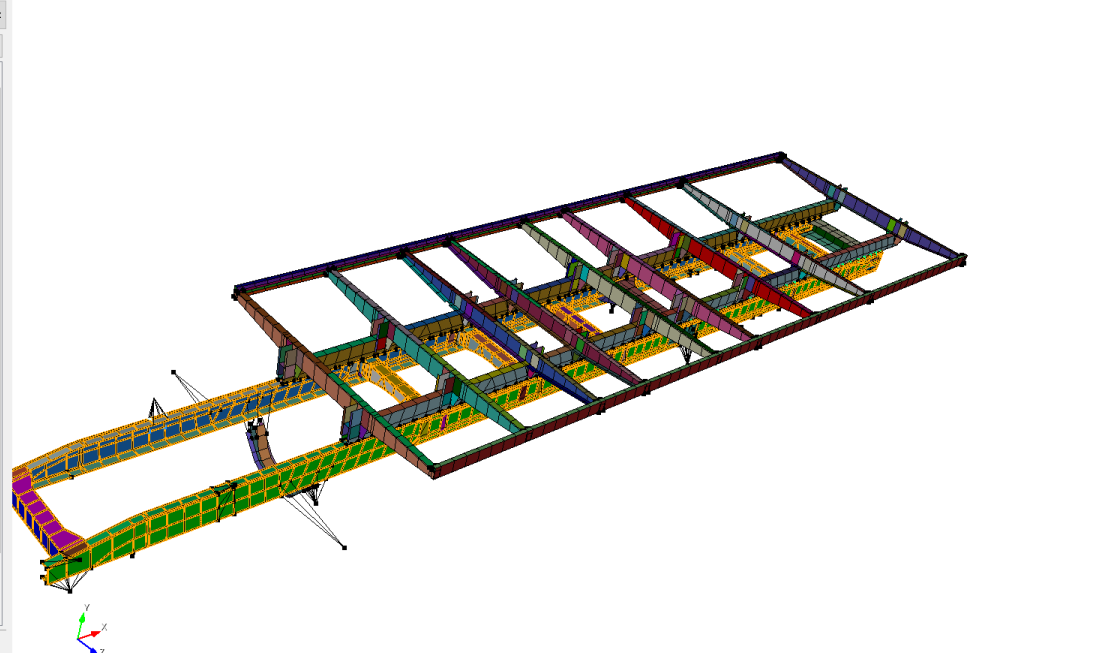
Дерево

Текущий вид Полное дерево

Имя ID

- Геометрия
- Материалы
- Блоки
 - Block 10 10
 - property_group_1 17
 - property_group_2 18
 - property_group_3 19
 - property_group_4 20
 - property_group_5 21
 - property_group_6 22
 - property_group_7 23
 - property_group_8 24
 - property_group_9 25
- Граничные условия
- Начальные условия
- Зависимости
- Группы
- Множества
 - Наборы сторон
 - Набор узлов
 - NodeSet 1 1

Дерево Инструменты



Панель команд

Режим - Настройки расчета

Настройки расчета - Расчет для Автомеханики

Размерность: 3D

Использовать MPI

Настройки

Число собственных частот 10

Наименьшие

Целевое значение 0.0

Интервал 0.0 - 0.0

Преднагруженная модель

Применить

Начать расчет

Страница свойств

Свойство	Значение
Описание	
Сетка	
Элементы	1504
Узлы	1983
Атрибуты	
thickness	0.007
eccentricity	0.5

Командная строка

```
Fidesys>
Fidesys>
Fidesys>
Fidesys>
Fidesys>
Fidesys>
Fidesys>
Fidesys>
Fidesys>
Fidesys>
Fidesys>
Fidesys>
Fidesys>
Fidesys>
Fidesys>
```

Ошибки Команды История

Рабочая директория: C:/Program Files/Fidesys/CAE-Fidesys-1.7/preprocessor/bin

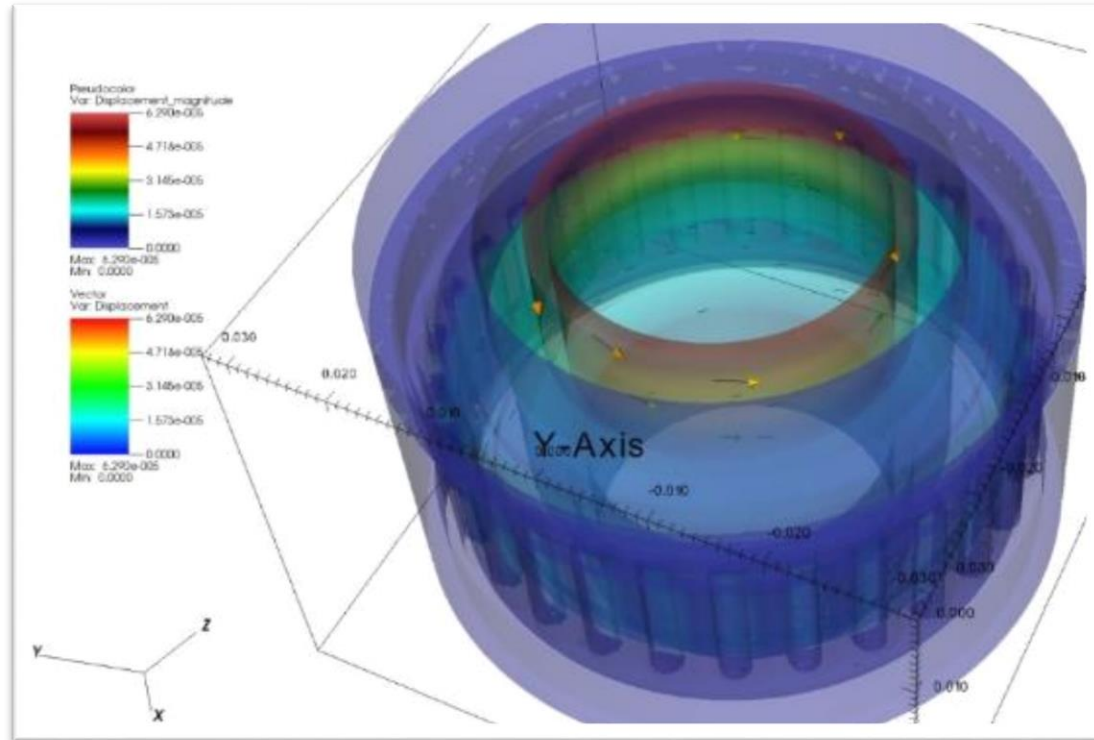
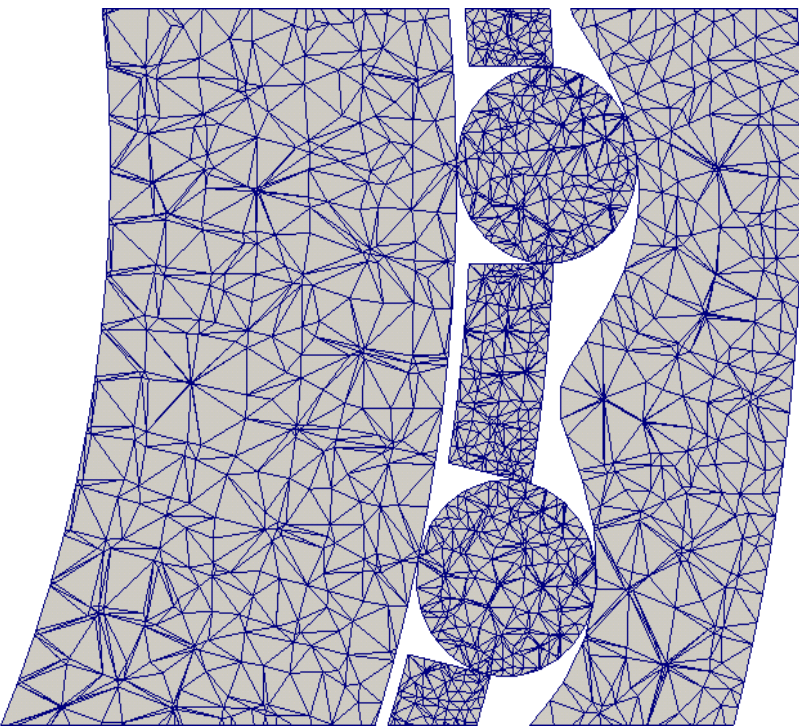


Fidesys Professional



Контактное взаимодействие упругих тел

- Нелинейный расчет с учетом контактного взаимодействия между телами
- Возможность задания жесткого/скользящего (с трением/без) контакта
- Методы штрафов, множителей Лагранжа



Расчет модели с учетом контактного взаимодействия



Автоматическое определение контактных пар

The screenshot displays the Fidesys Bundle 1.7 software interface. The central 3D view shows a ring-like structure composed of multiple colored cylindrical segments, with contact pairs highlighted in yellow. The interface includes a menu bar (Файл, Вид, Правка, Визуализация, Отображение, Инструменты, Расчет, Помощь), a toolbar, and several panels:

- Left Panel (Tree View):** Shows a hierarchy of objects including "Объемы", "Группы", "Граничные условия", "CFD", "Твердое тело", "Силы", "Ускорения", "Скорости", "Давления", "Температуры", "Перемещения", "Ограничения", "Конвекции", "Потоки тепла", and "Регионы контакта". Under "Регионы контакта", there is a list of "Контактные пары" (Contact Pairs) numbered 1 through 19.
- Right Panel (Command Panel):** Contains sections for "Режим - Граничные условия", "Объект - Контактная пара", and "Действие - Создать". It also includes input fields for "ID / Имя" (New ID, Name, or Automatic assignment) and a table of contact pair properties.
- Bottom Panel (Command Line):** Shows the command history and output, including the command "create contact pair autoselect volume all" and its execution results.

Command Line Output:

```
Surface 258 and 380 overlap  
Surface 258 and 375 overlap  
Surface 258 and 260 overlap  
Surface 258 and 390 overlap  
Surface 258 and 395 overlap  
Found 145 overlapping surface pairs (added to group 'surf_overlap')  
Created 114 contact pairs from 145 overlapping Surface pairs.  
  
Journalled Command: create contact pair autoselect volume all
```

Contact Pair Properties Table:

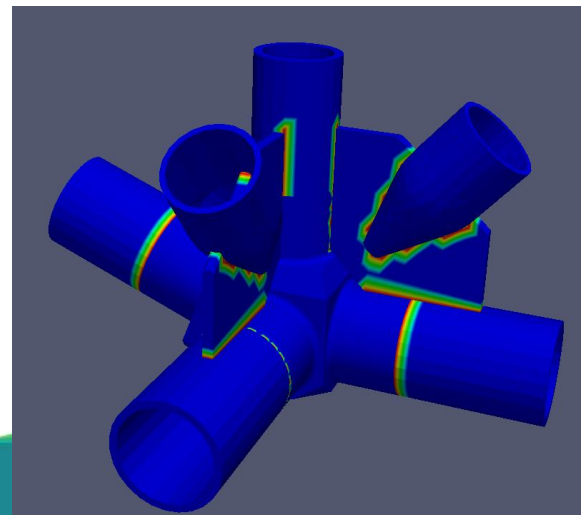
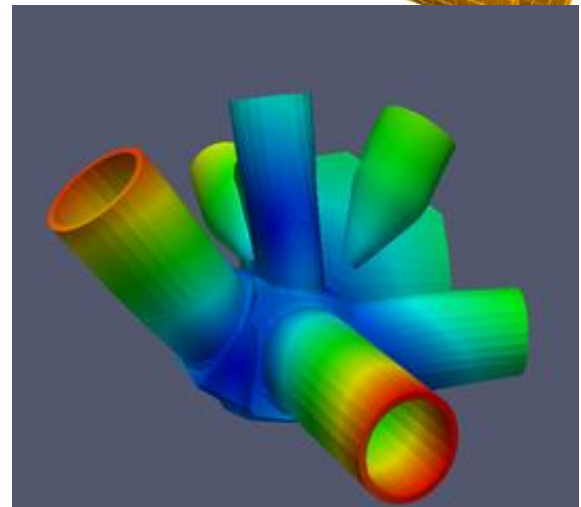
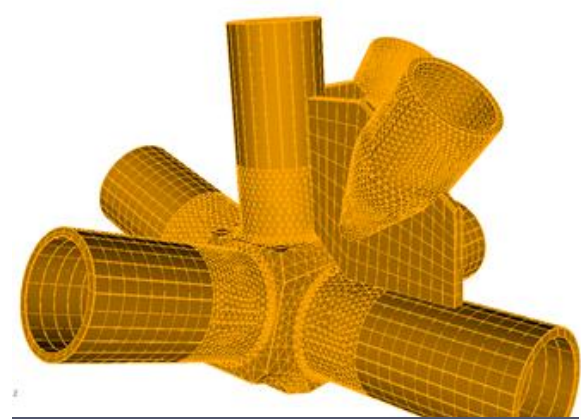
Метод	Штрафов
Коэффициент трения	0.0
Допустимое проникновение	0.1
Коэффициент жесткости по нормали	1.0
Коэффициент жесткости по касательной	0.5
Точность определения контакта	0.1
<input type="checkbox"/> Связанные поверхности	

Working directory: C:\Program Files\Fidesys\FidesysBundle-1.7\preprocessor\bin



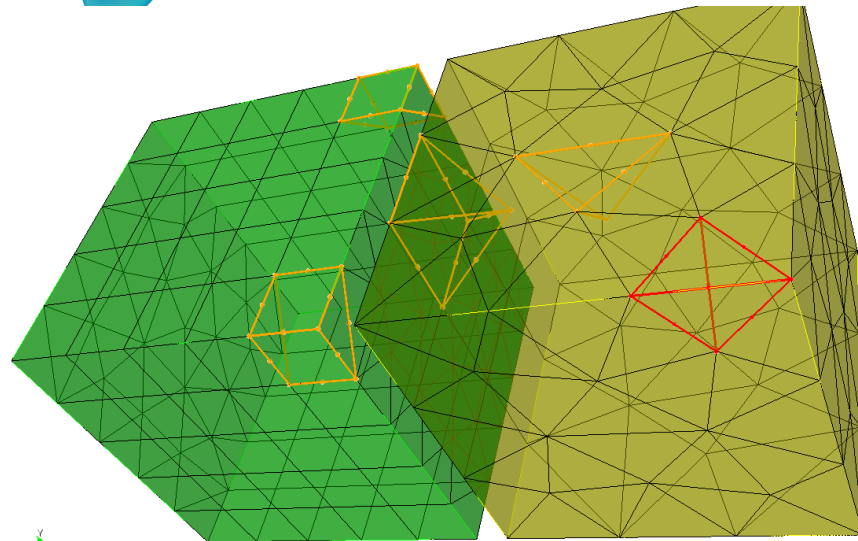
Жесткий контакт

- Расчет на неконформных сетках с нахлестами/зазорами между контактирующими телами => отпадает необходимость в предварительном упрощении/исправлении CAD-модели
- Непрерывность решения по перемещениям и напряжениям даже в случае зазоров/нахлестов!
- Автоматическое определение пятен контакта на основе настраиваемого зазора

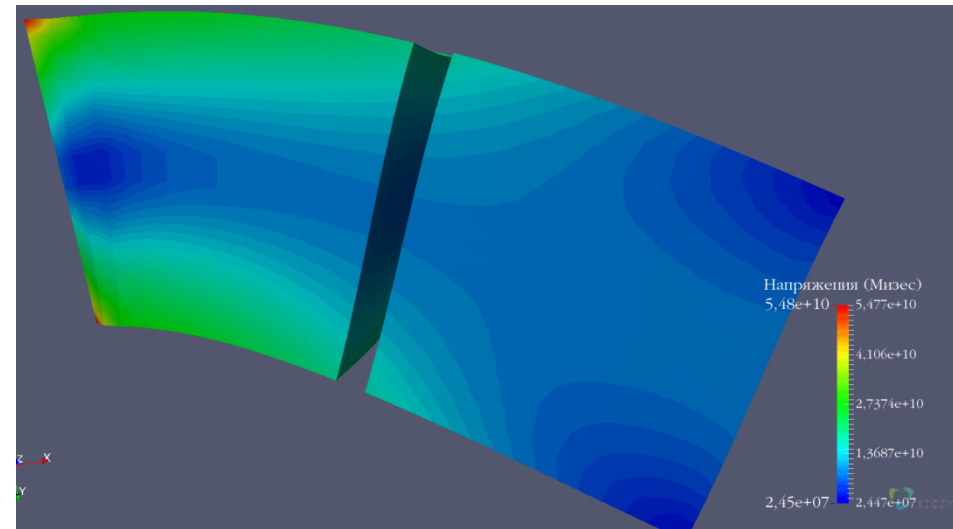




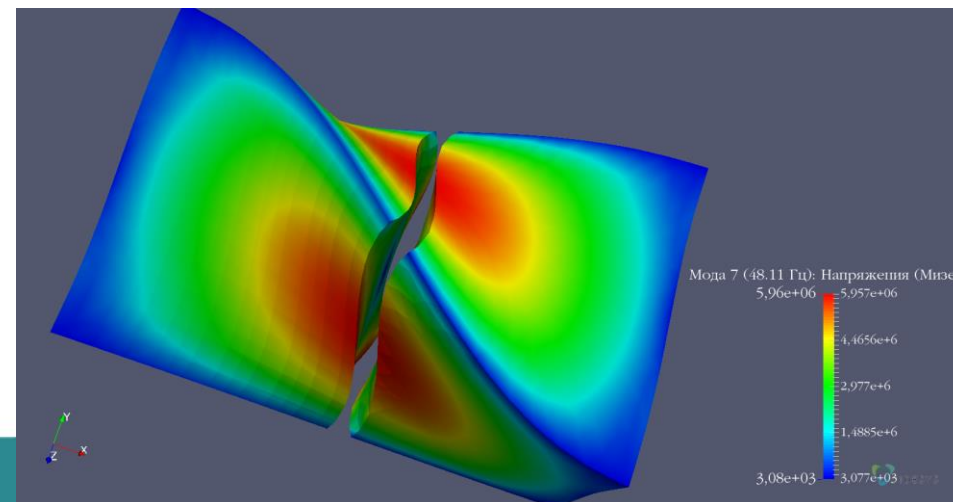
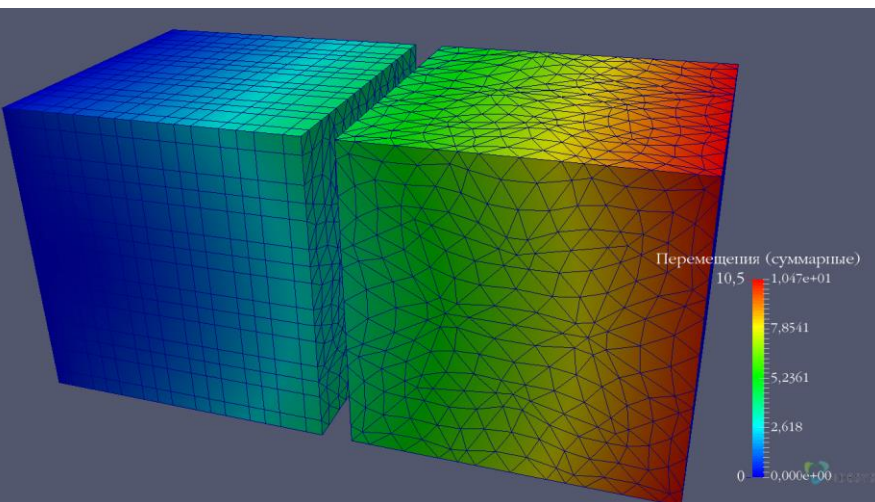
Жесткий контакт: пример



Неконформная сетка из спектральных элементов смешанного типа и различных порядков



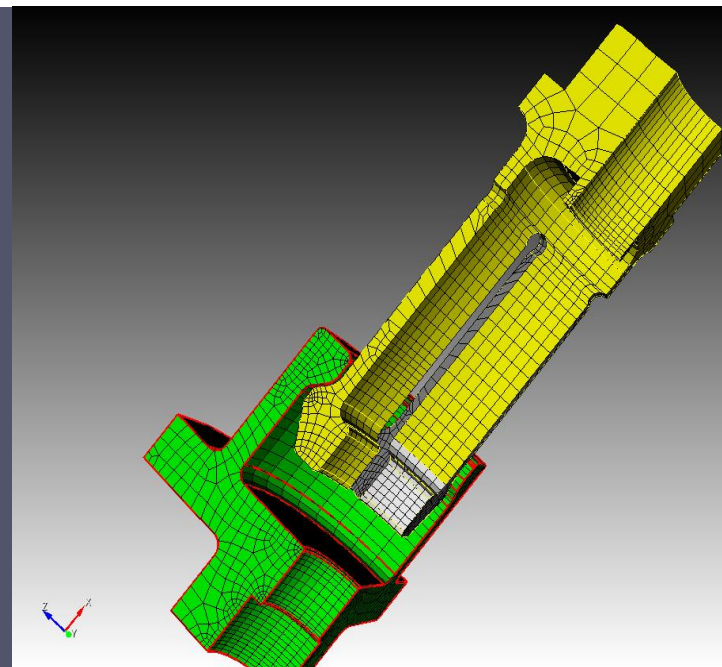
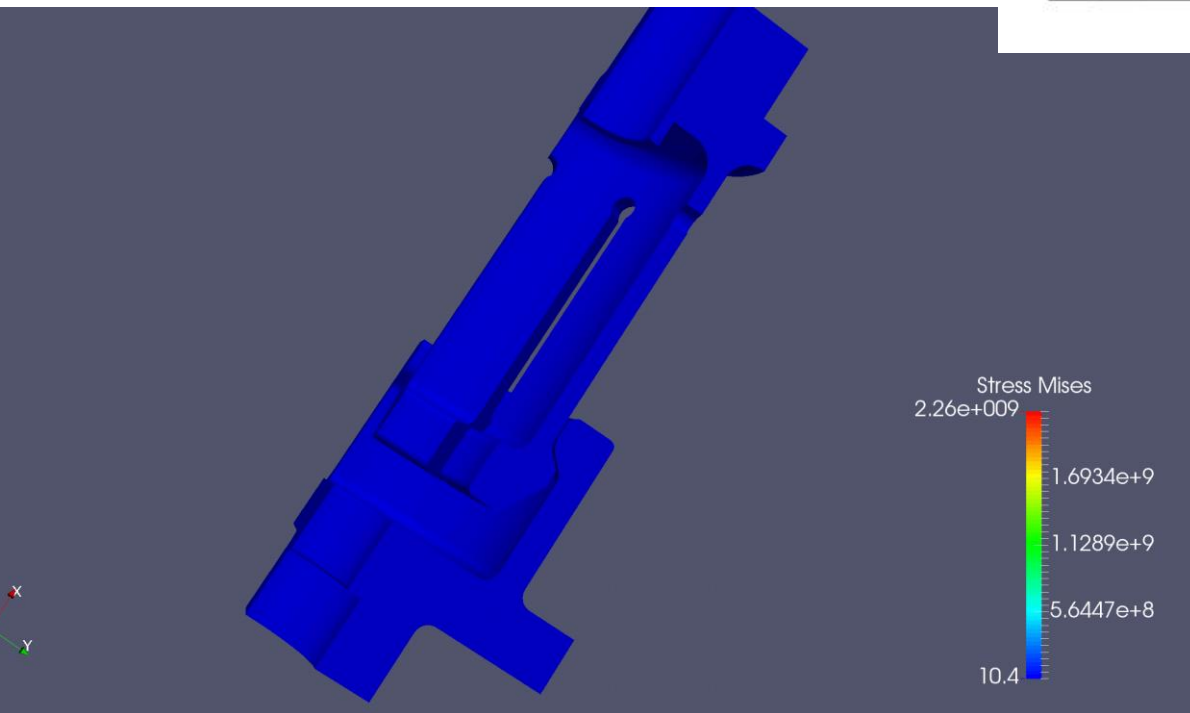
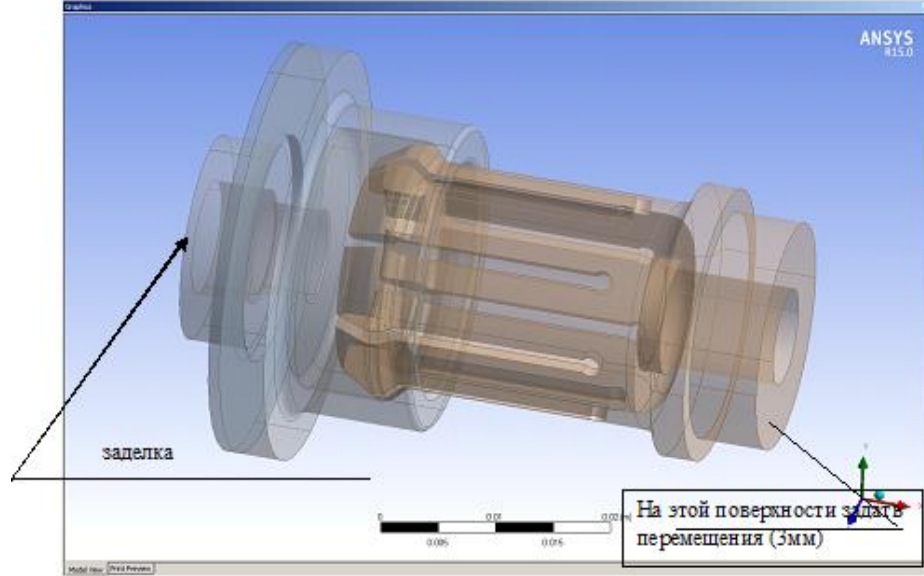
Непрерывность решения задачи даже при наличии зазора между телами





Цанговый замок

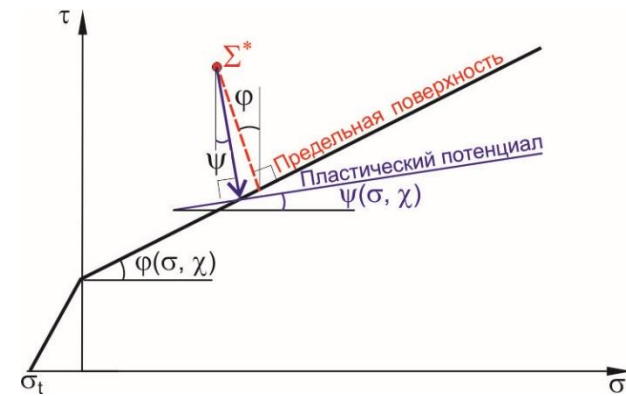
- Кинематическое перемещение торца цанги до полного ее выхода из втулки
- Изменяемая в процессе решения нелинейной задачи область контакта





Анализ прочности деформируемого твердого тела с учетом физической нелинейности

- Нелинейно упругие модели материалов (Мурнаган, Муни-Ривлин)
- Упругопластические модели (Мизес, Друкер-Прагер)
- Неассоциированный закон пластического течения
- Линейное/Полилинейное/Степенное упрочнение

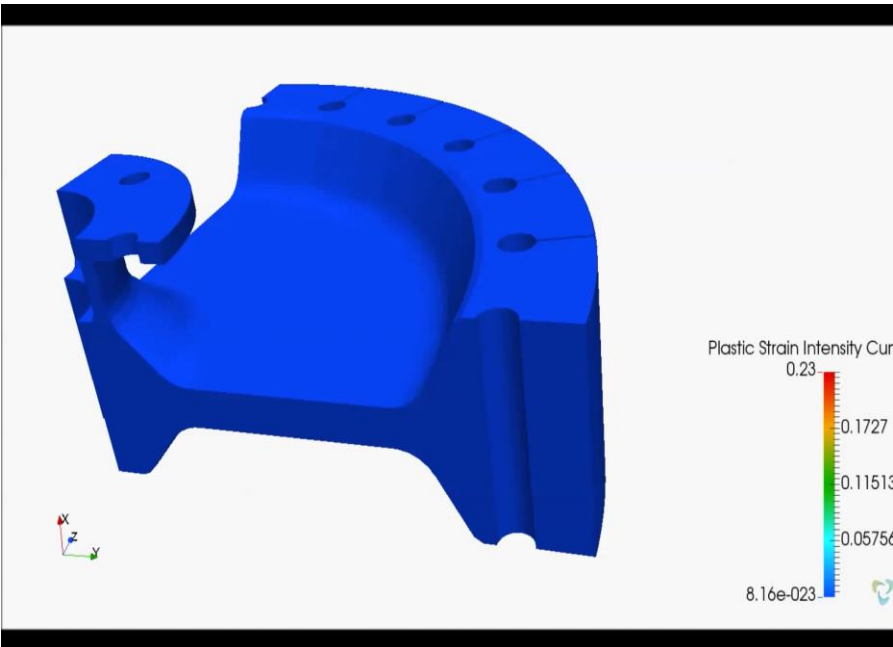
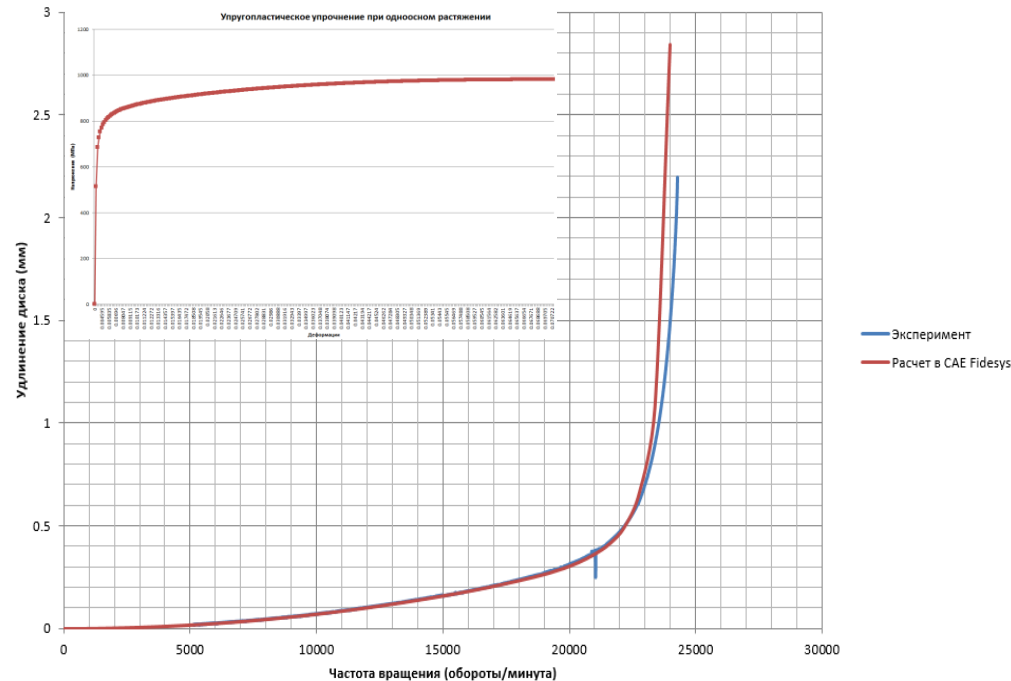


$$f(\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}^p) = 0, \quad f(\sigma, \tau) = \tau - \alpha\sigma - Y$$

$$g(\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}^p) = 0, \quad g(\sigma, \tau) = \tau - \Lambda\sigma$$

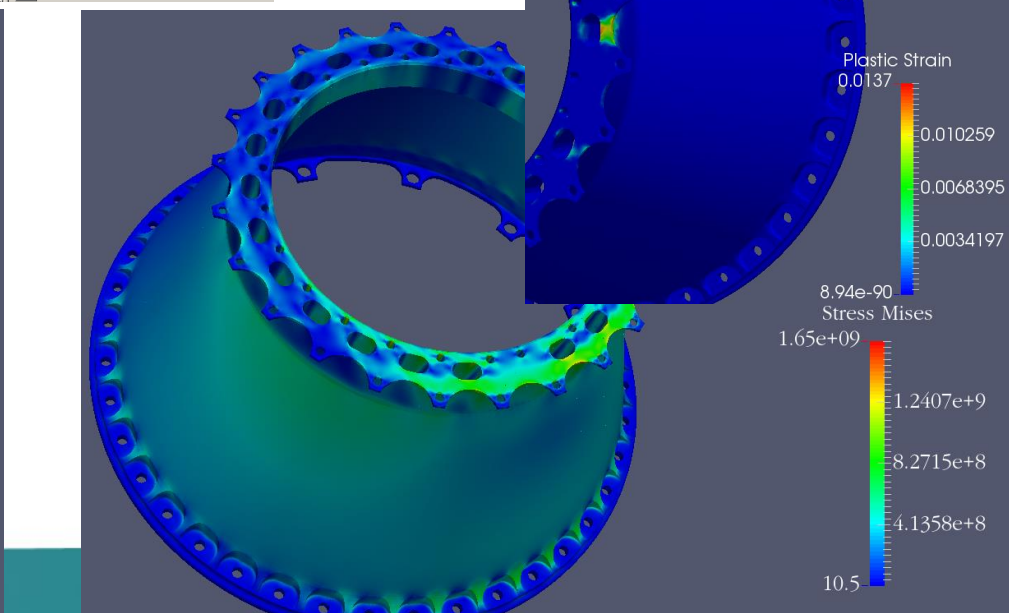
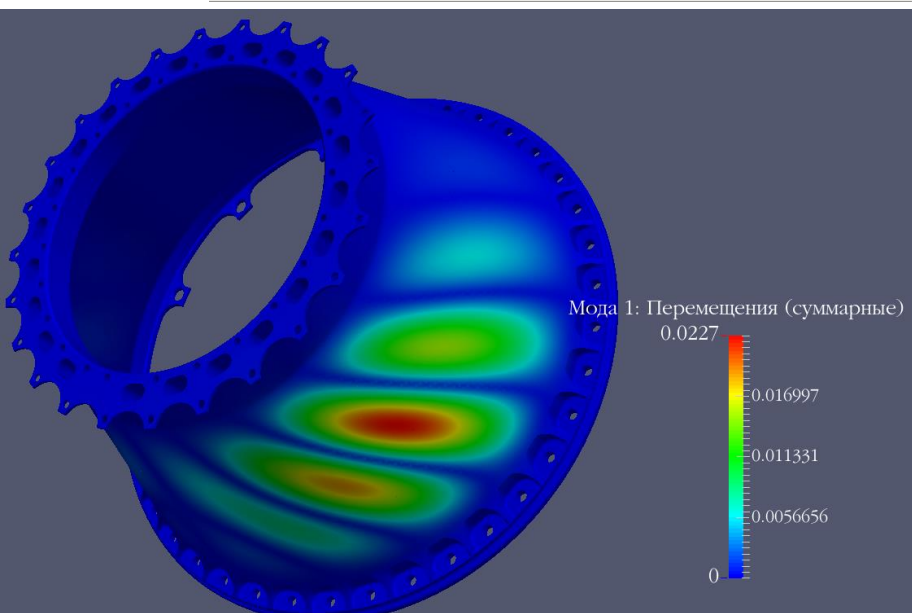
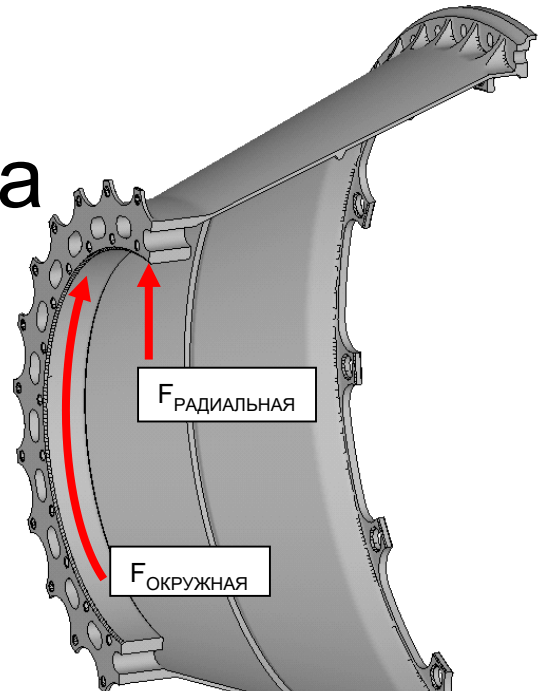
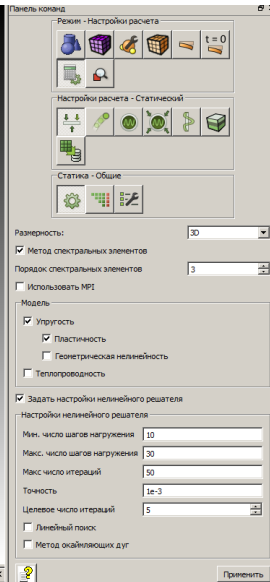
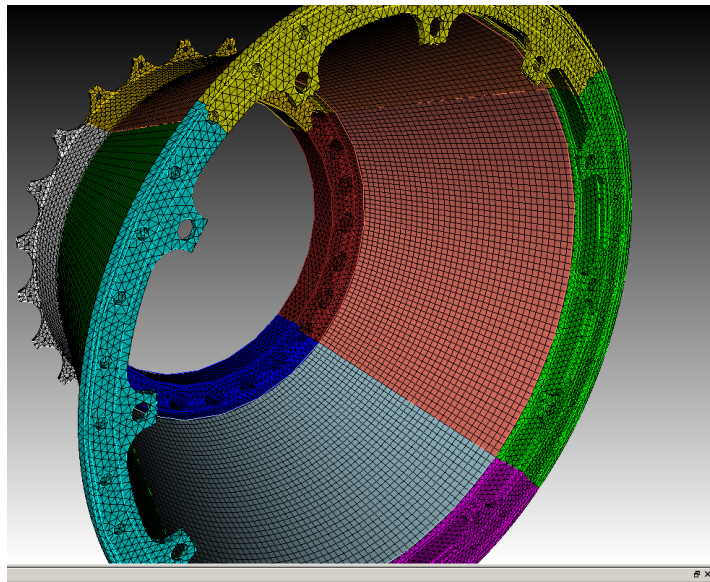
$$d\varepsilon_{ij}^p = d\lambda \frac{\partial g}{\partial \sigma_{ij}}$$

Зависимость удлинения диска от частоты вращения



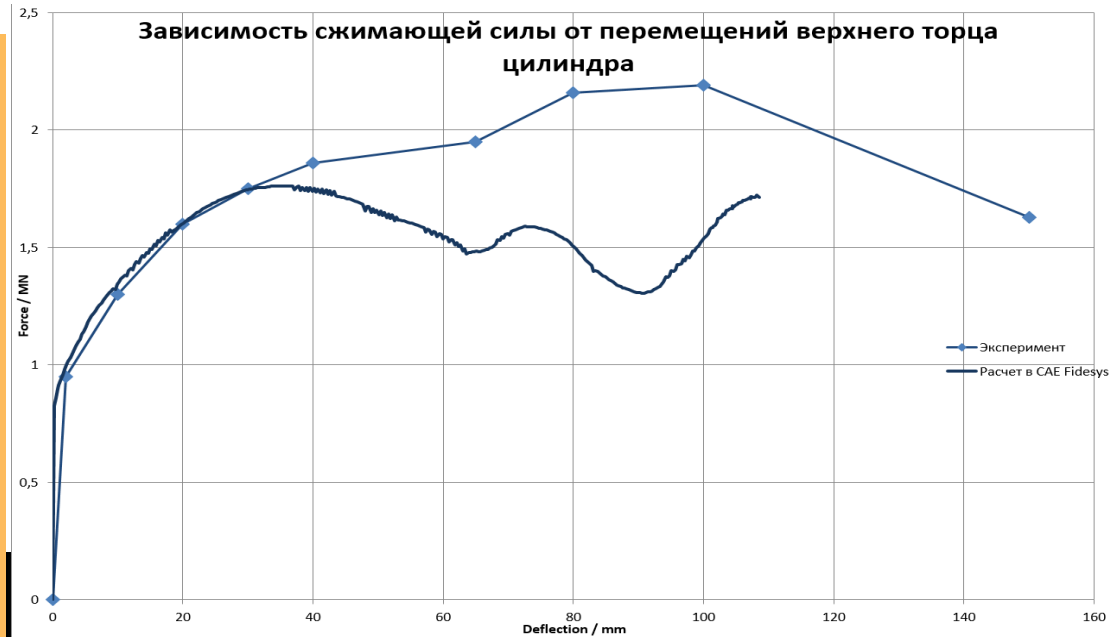
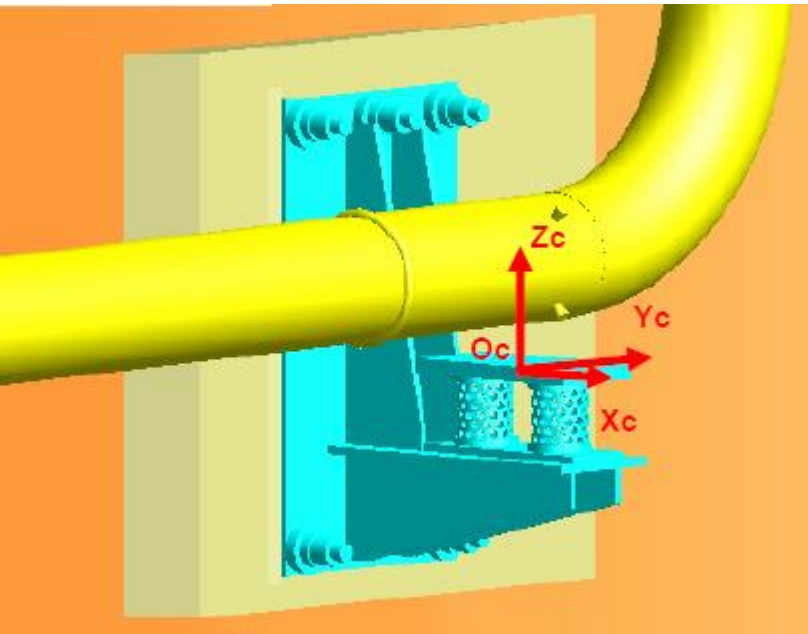


НДС опоры подшипника при обрыве лопатки вентилятора

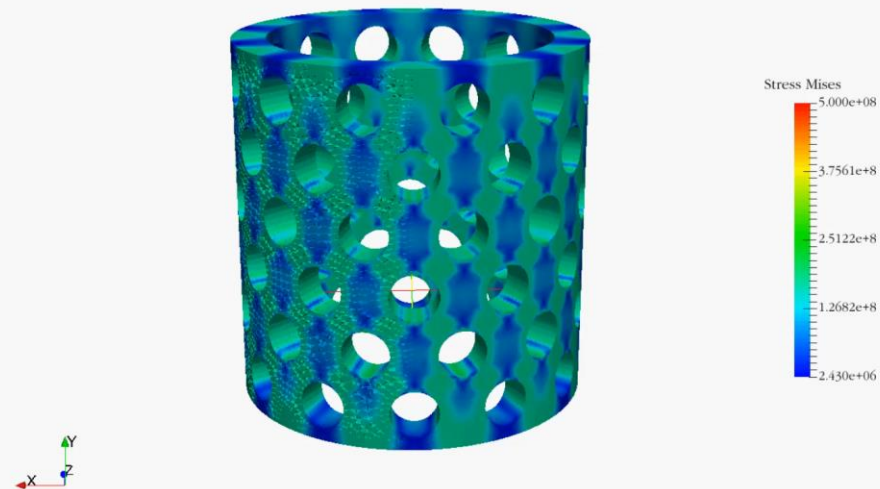




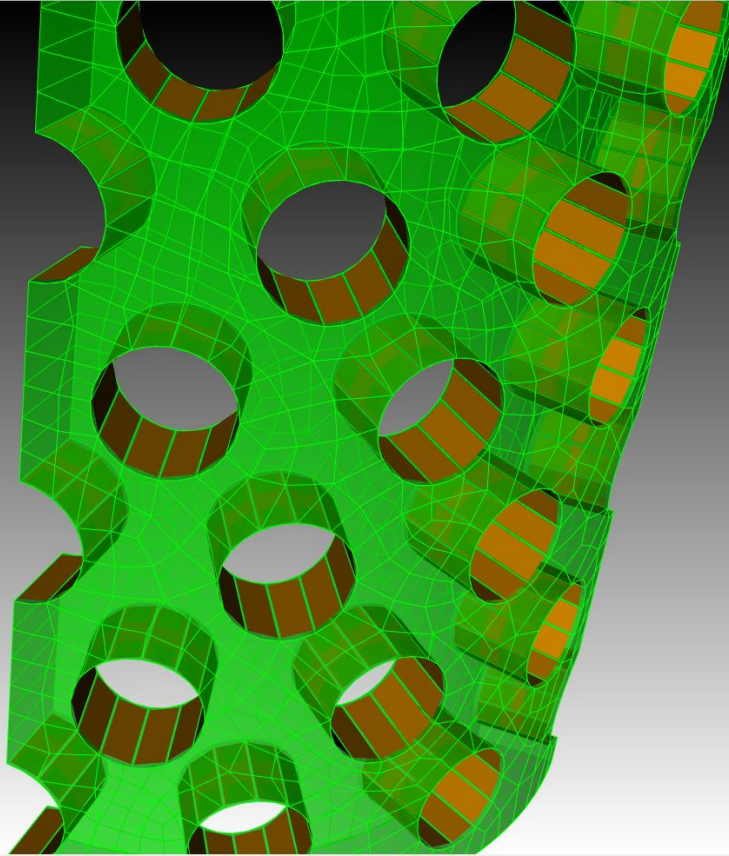
Математическое моделирование деформаций ограничителей хлыстовых перемещений при разрывах трубопроводов



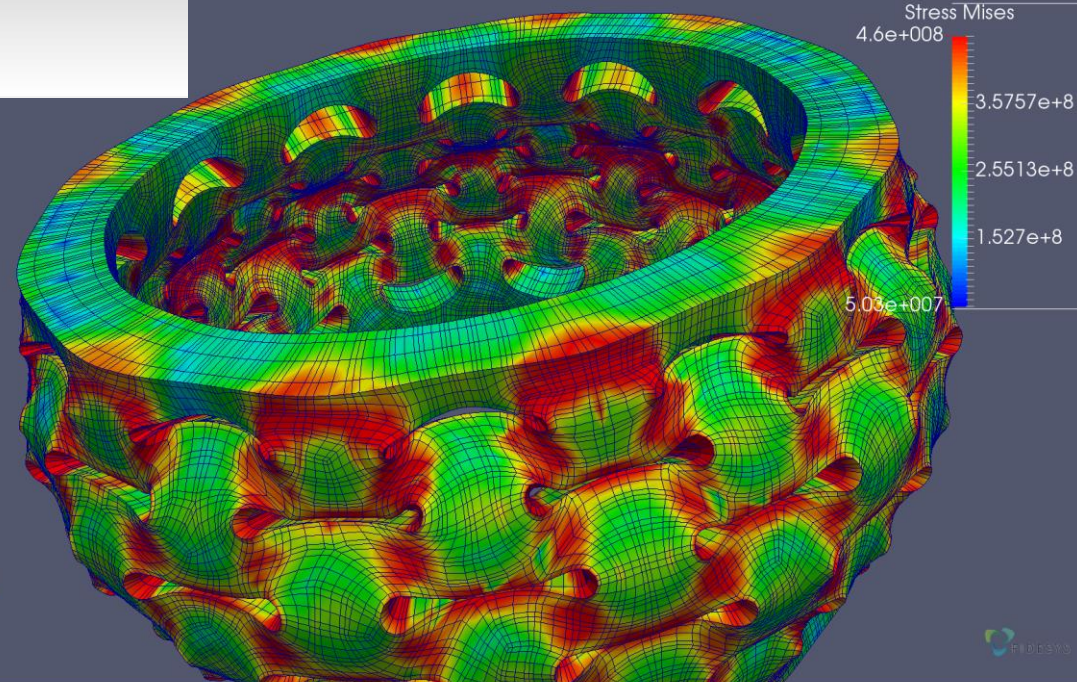
Упрогопластический расчет модели с нелинейным упрочнением при конечных деформациях и множественным самоконтактом



Криволинейная сетка в препроцессоре



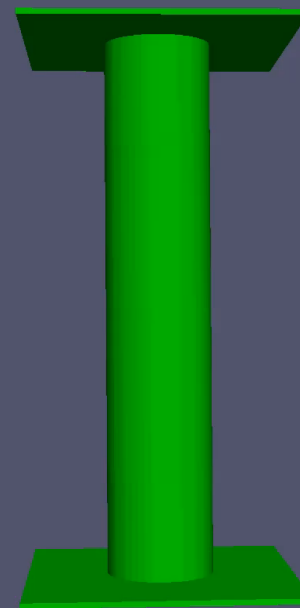
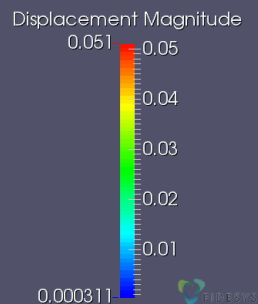
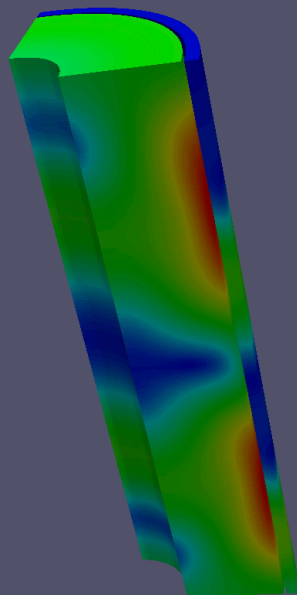
Результаты
расчета на
спектральных
элементах в
постпроцессоре





Комплексные нелинейные задачи

- *Стационарная и нестационарная теплопроводность*
- *Возможность задания температуры, теплового потока и конвективного теплообмена*
- *Термоупругость, термоупругопластичность*
- *Автоконтактные задачи при больших упругопластических деформациях*





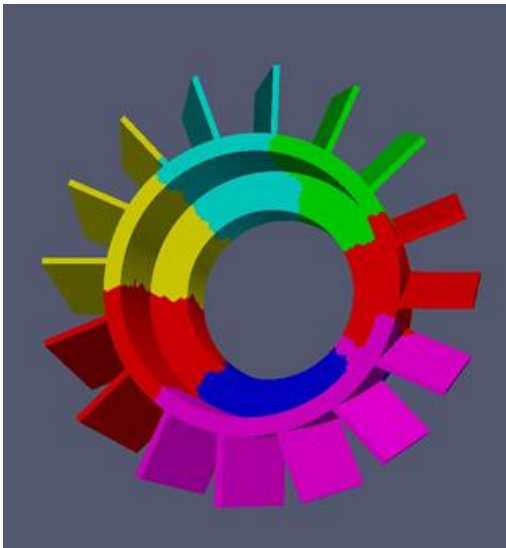
Дополнительные модули Fidesys



Структура CAE Fidesys

Fidesys HPC
Высокопроизводительные вычисления

Ускорение проведения расчетов



- Распараллеливание основных этапов решения задачи
- Технологии OpenMP и MPI
- Использование многоядерного компьютера
- Использование нескольких компьютеров в сети
- Сокращение времени расчета в десятки раз

Размерность: 3D

Метод спектральных элементов

Использовать MPI

Локально. Кол-во процессоров: 4

Несколько хостов(2) Настроить...

Модель

Упругость

Пластичность

Теплопроводность

Конечные деформации

Применить

Начать расчёт

Хосты MPI

	Имя хоста	Процессоры
1	ns1	2
2	ns25	2

Добавить Удалить Ok

Сохранить файл результатов

↩ ↷ 📄 \ns25\calc MPI

Узлы MPI

- Сплошная заливка
- Нормали элементов
- Материалы
- Исходные ID узлов
- Узлы MPI**
 - Перемещения для моды 1
 - Перемещения для моды 2
 - Перемещения для моды 3
 - Перемещения для моды 4
 - Перемещения для моды 5
 - Перемещения для моды 6
 - Перемещения для моды 7
 - Перемещения для моды 8
 - Перемещения для моды 9
 - Перемещения для моды 10

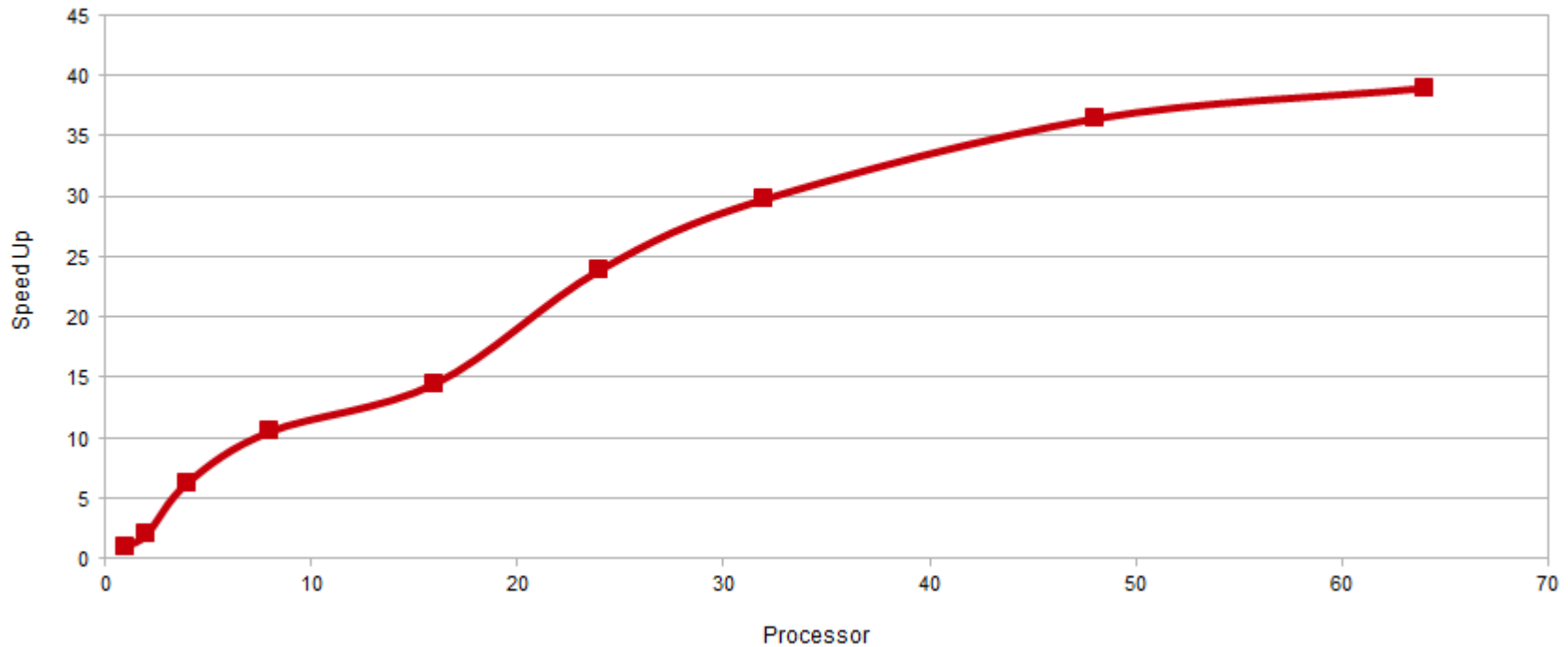
Дерево объектов

- builtin:
 - 111.pvc



Масштабируемость – 500 тыс. НЕИЗВЕСТНЫХ

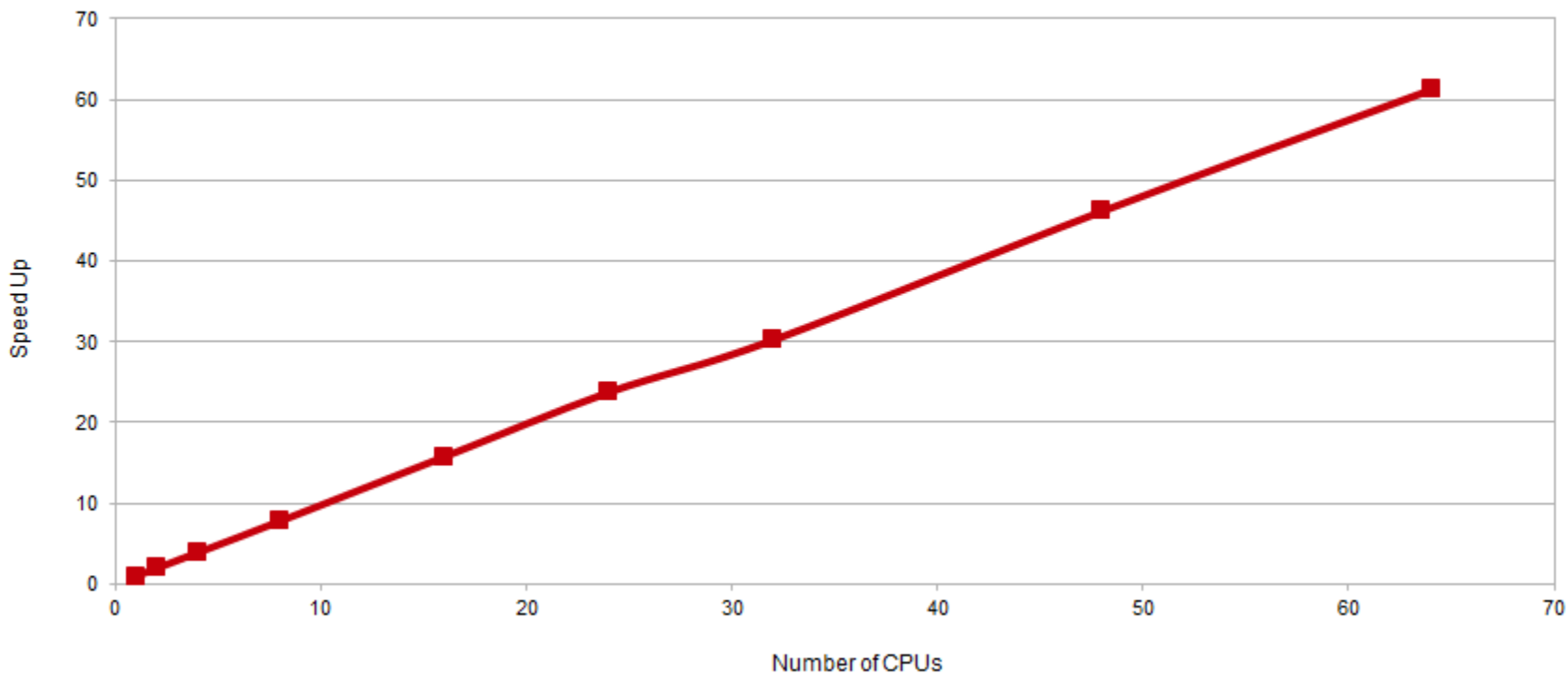
Process vs. Speed Up





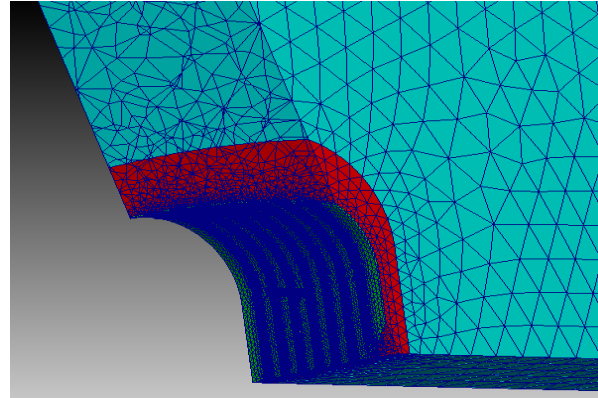
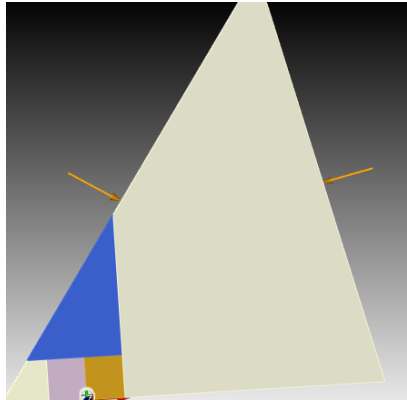
Масштабируемость – 4 млн. неизвестных

Process vs. Speed Up





Геомеханический анализ напряжений в горных выработках

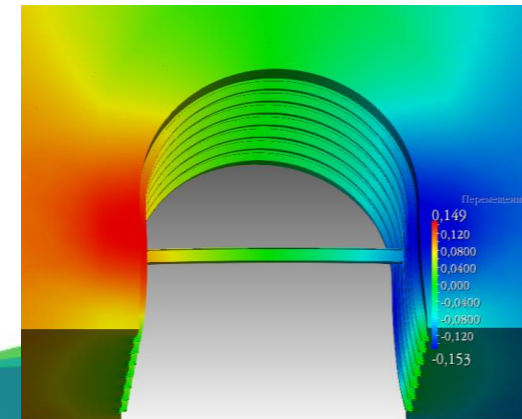
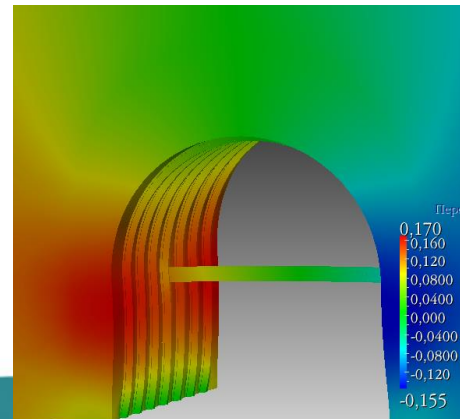
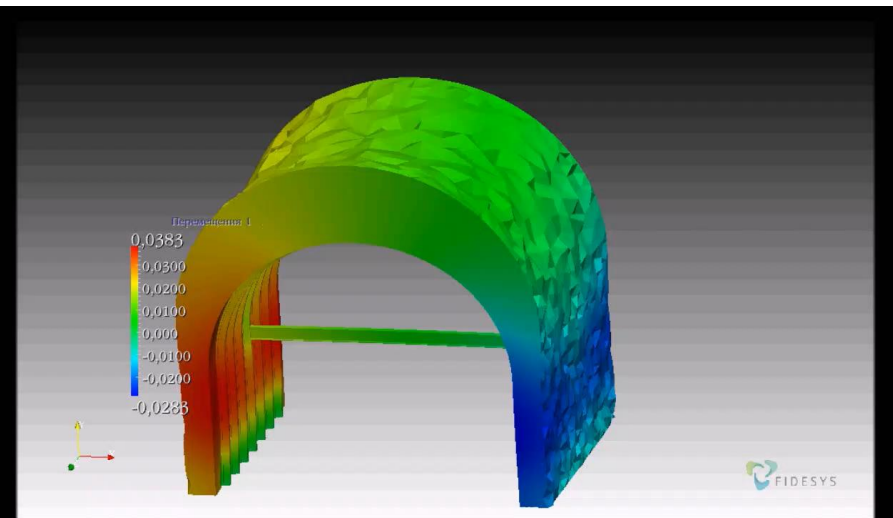


Воспроизведена текущая геомеханическая ситуация в выработке и результат возможного укрепления горной массы за затяжкой (тампонаж) или вариант замены крепей.

Текущая ситуация
горизонтальная конвергенция 70см

Укрепление (тампонаж)
Горизонтальная конвергенция 32 см

**Укрепление (тампонаж) +
Замена СВП 27 на СВП 33**
Горизонтальная конвергенция 30 см



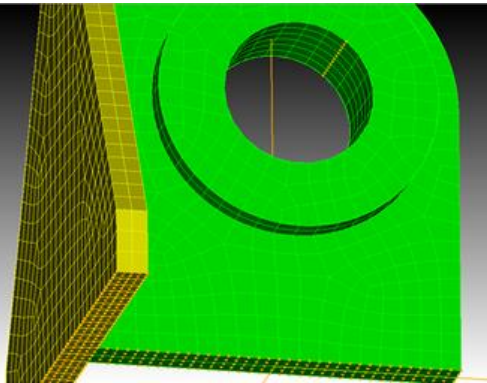


Структура CAE Fidesys

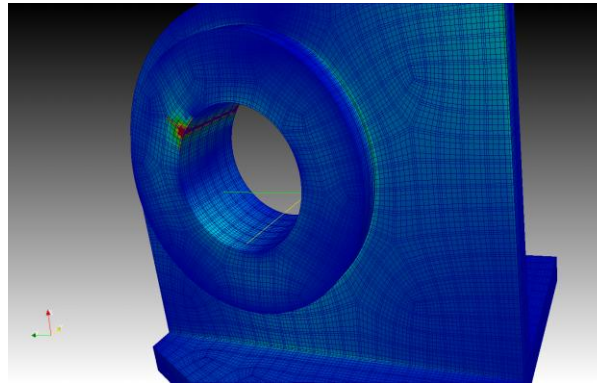
Fidesys Dynamics
Метод спектральных элементов.

Высокоточная дискретизация по пространству (МСЭ)

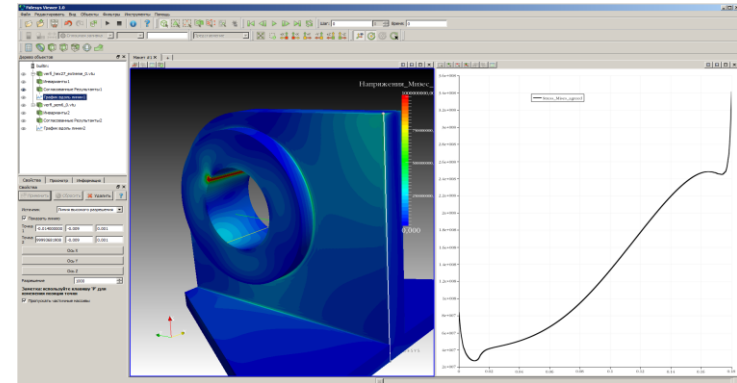
- Высокая точность и устойчивость процесса решения в нелинейных задачах
- Автоматизация анализа на сеточную (численную) сходимость
- Экспоненциальное повышение точности решения с ростом порядка схемы



Определение напряжений и деформаций в палубной проушине



Спектральноэлементная сетка



Напряжения в закреплении

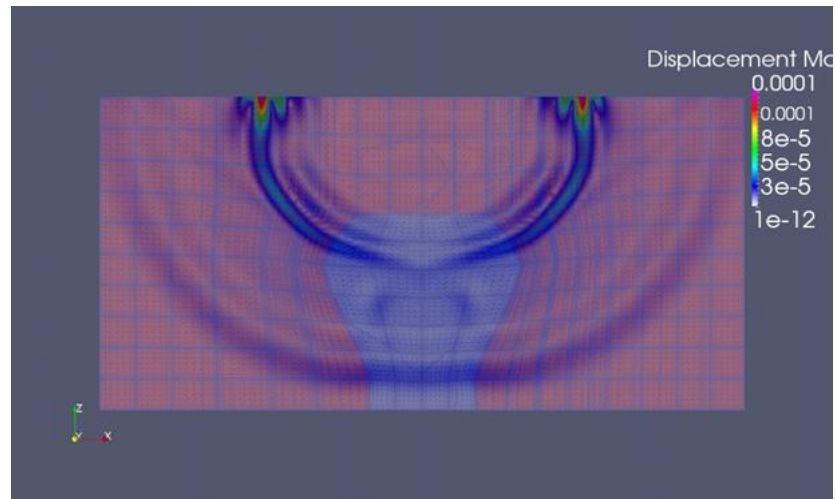
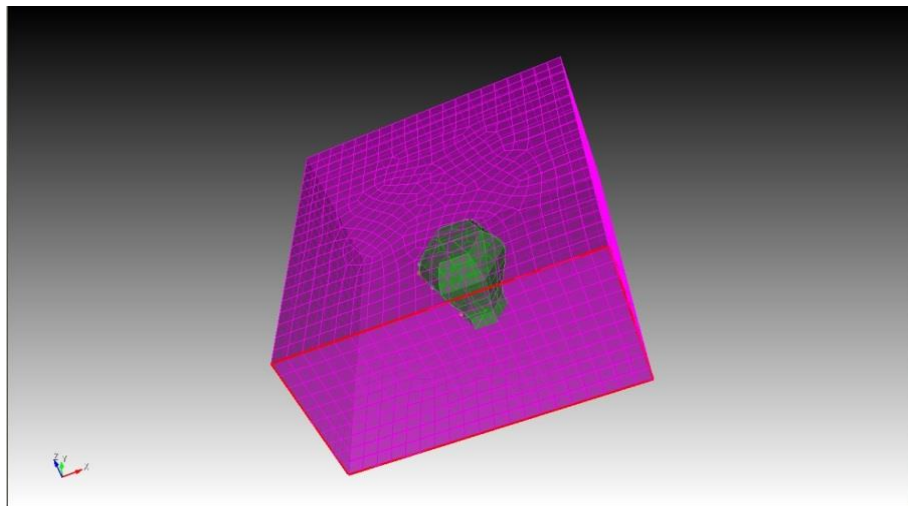


Структура CAE Fidesys

Fidesys Dynamics

Метод спектральных элементов.
Нестационарные задачи с высокой
точностью

- Современная модификация МКЭ
- Наиболее эффективен для динамического анализа
- Расчет нестационарных задач с быстропротекающими процессами
- Повышенная скорость и точность расчета
- Возможность эффективного распараллеливания с применением модуля Fidesys HPC



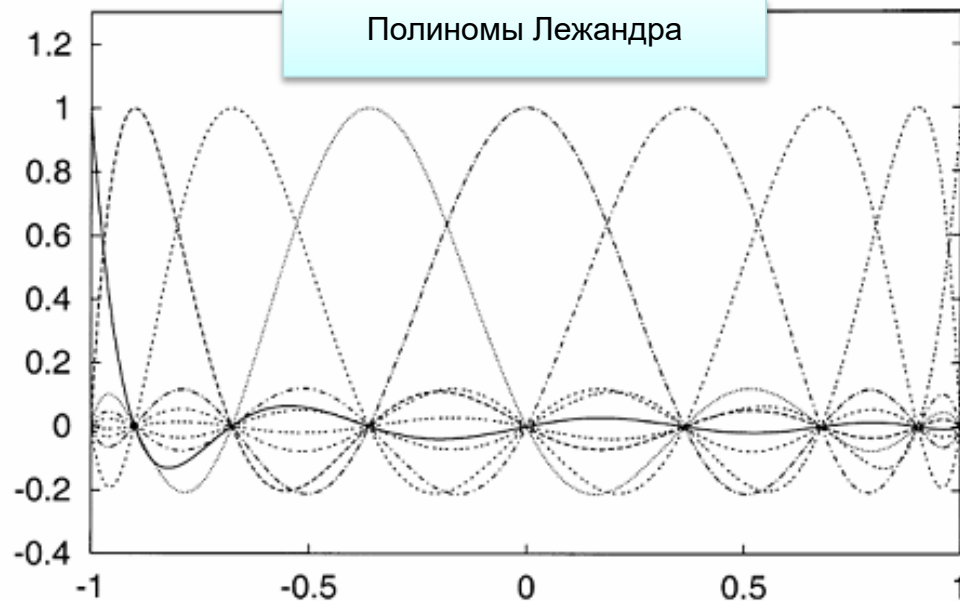
Динамическая задача о моделировании сейсмических колебаний



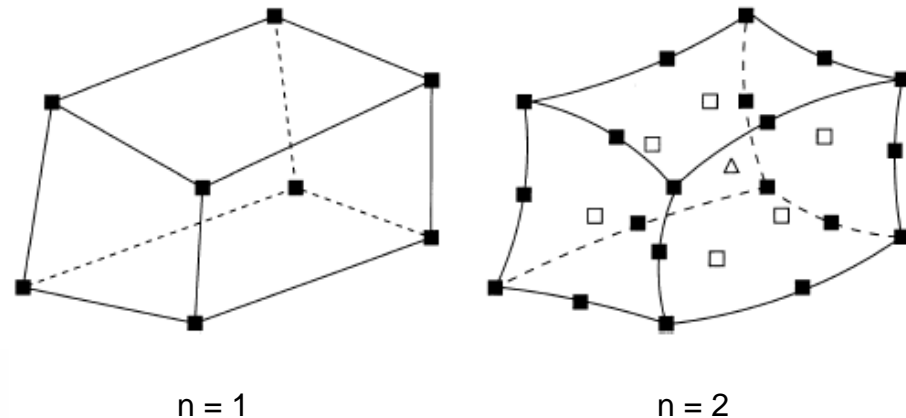
Метод спектральных элементов

Базисные функции —
полиномы Лежандра,
обеспечивающие высокий
порядок аппроксимации
по пространству

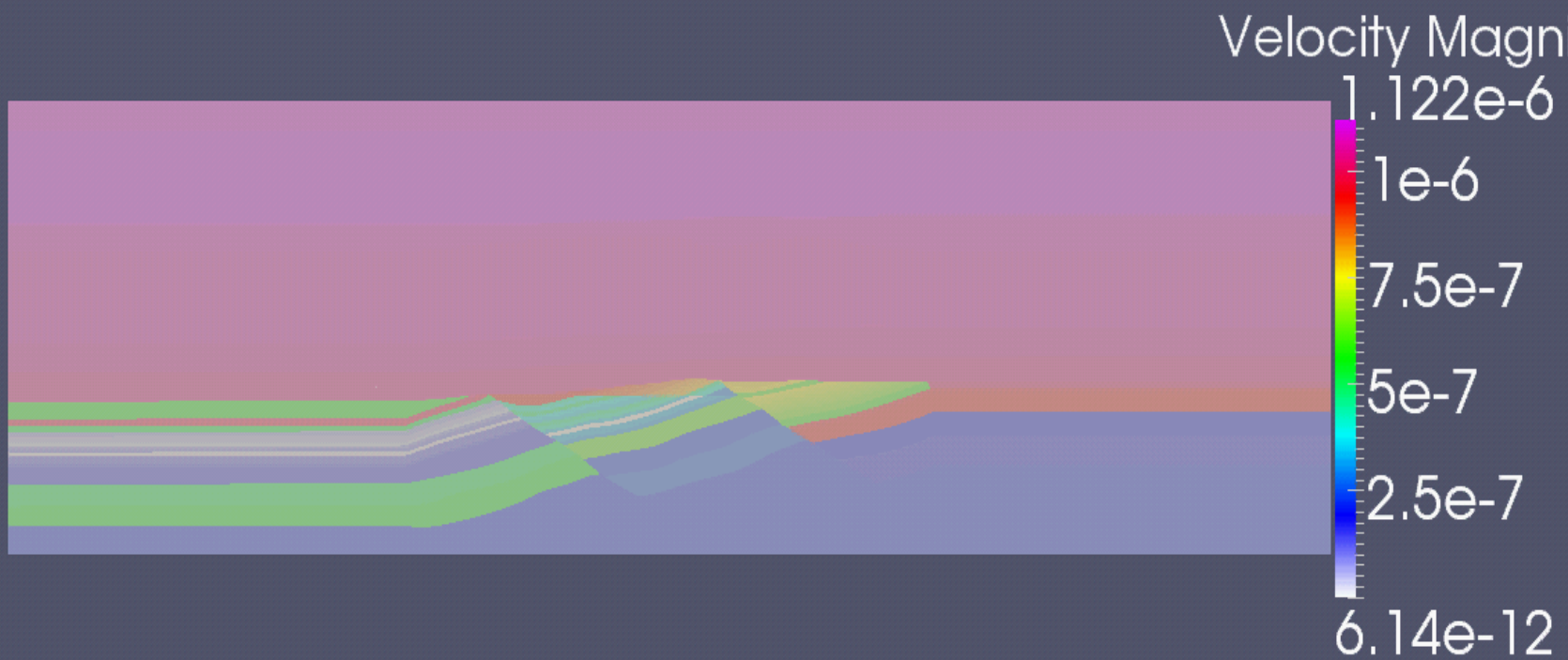
Полиномы Лежандра



Элементы сетки

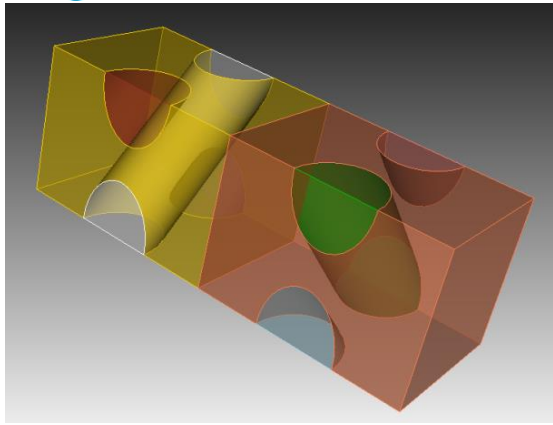


Высокая точность в
аппроксимации
криволинейной
геометрии тела



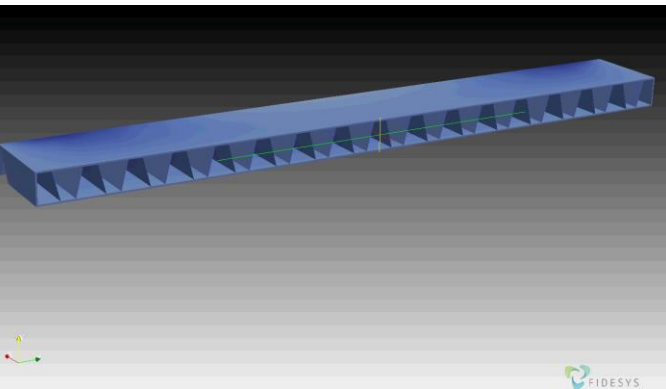
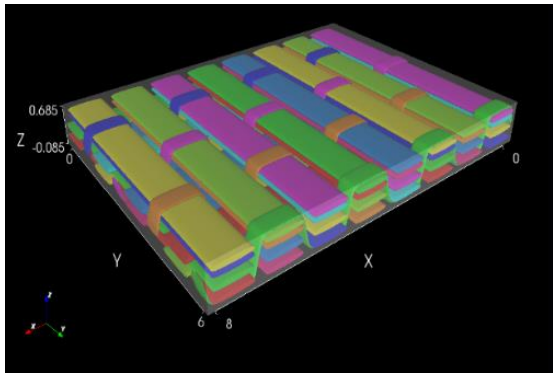


Структура CAE Fidesys



Fidesys Composite
Многомасштабное моделирование

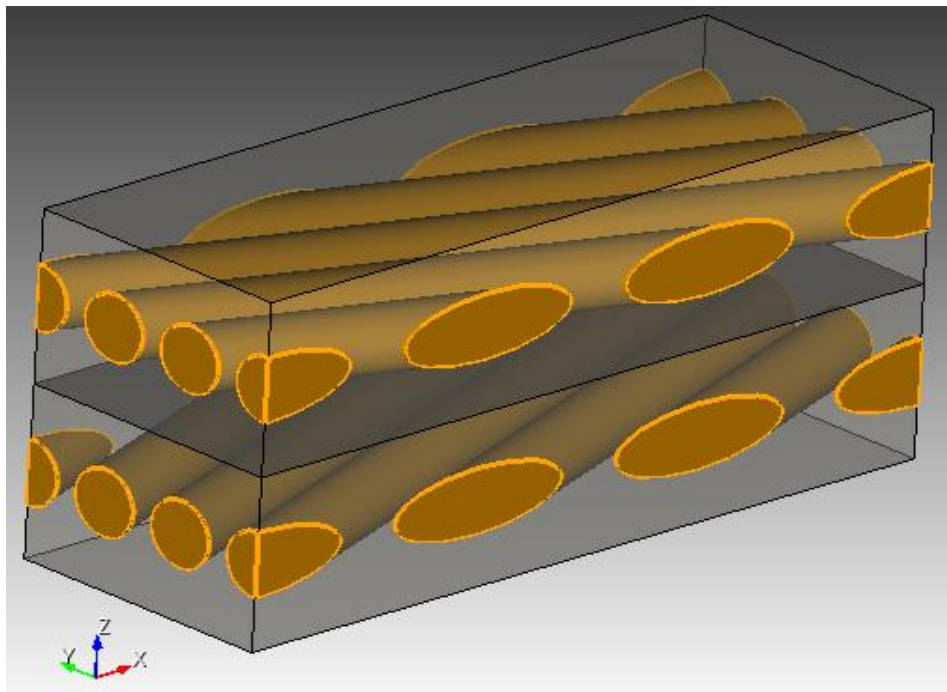
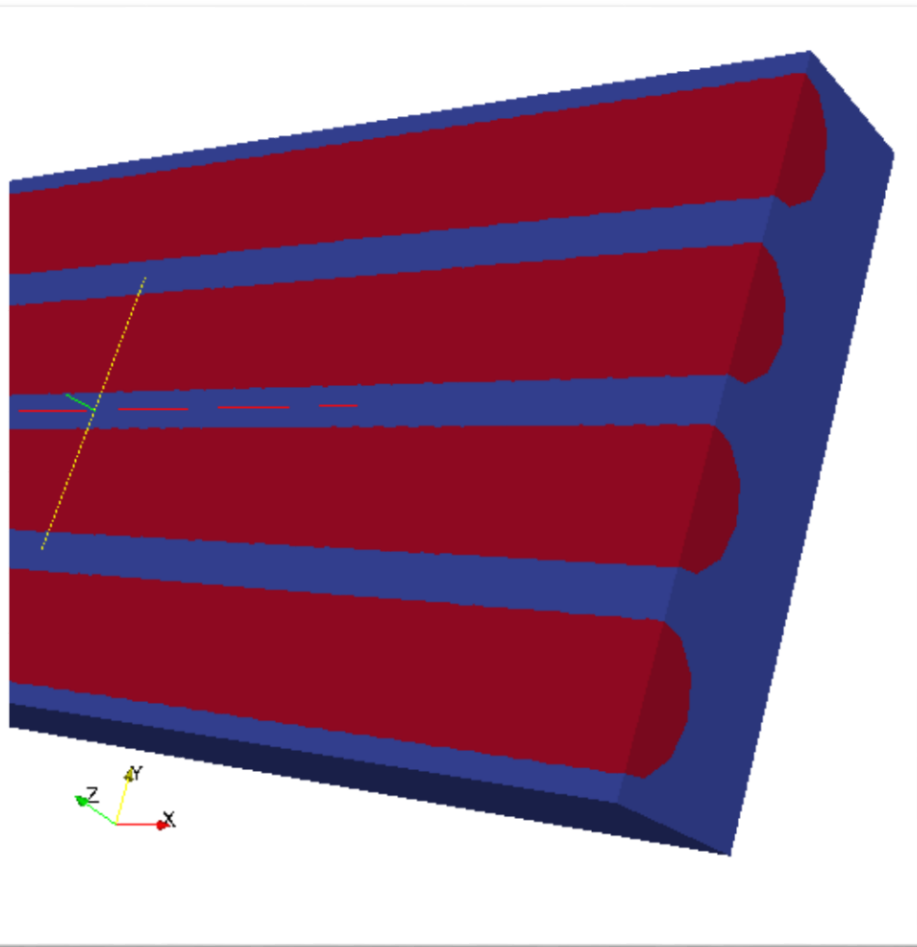
Расчет эффективных свойств композиционных материалов



- Моделирование прочности композитов и элементов конструкций из них
- Многомасштабное моделирование
 - Учет свойств армирующих нитей
 - Построение матрицы композита
 - Нахождение эффективных свойств композита для ячеек периодичности
- Прогрессирующее разрушение композита
 - Определение критической величины несущей способности конструкции
 - Моделирование поведения композита после начала разрушения
- Учет нелинейных эффектов



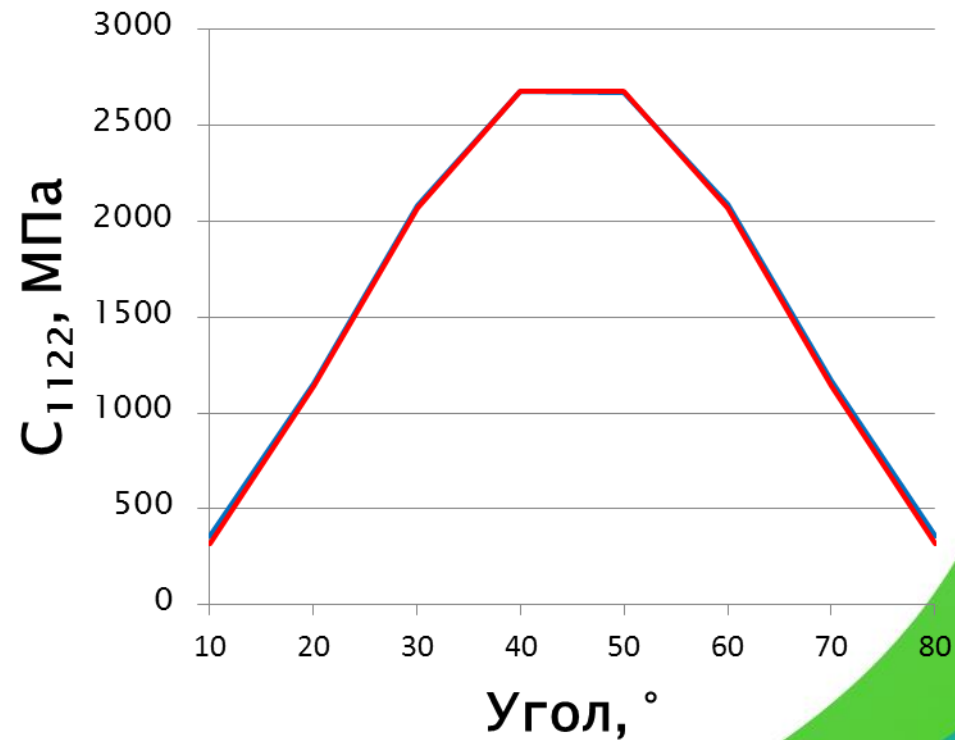
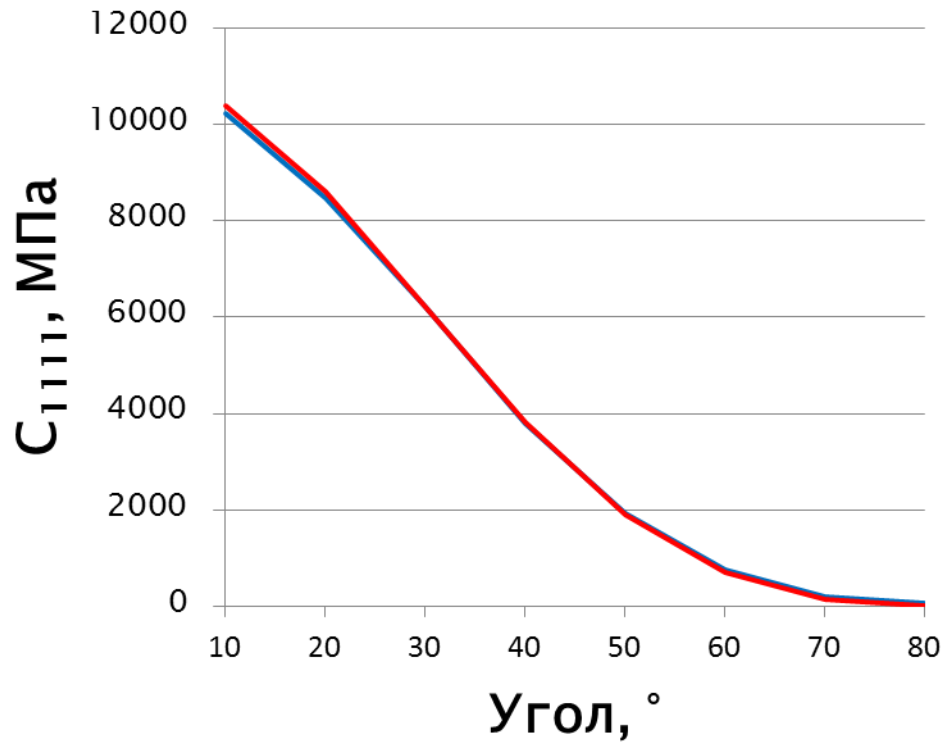
Оценка эффективных свойств резинокорда





Сравнение результатов с формулами из книги Бидермана «Автомобильные шины» (1963 г.)

- Линейная задача, двуслойный резинокорд
- Модули Юнга корда и резины различаются на 4 порядка



- — численное решение
- — формулы Бидермана

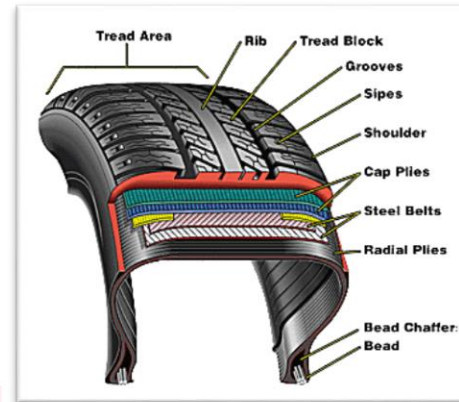
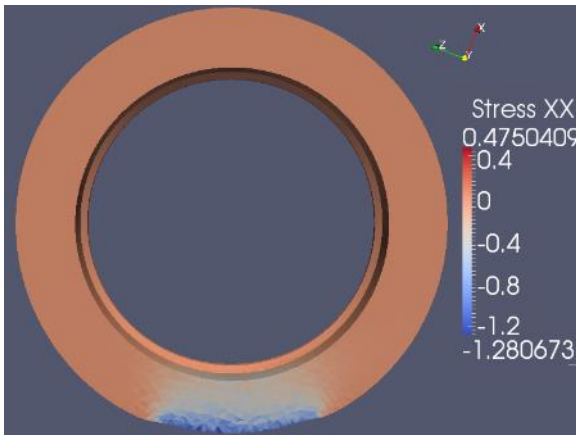
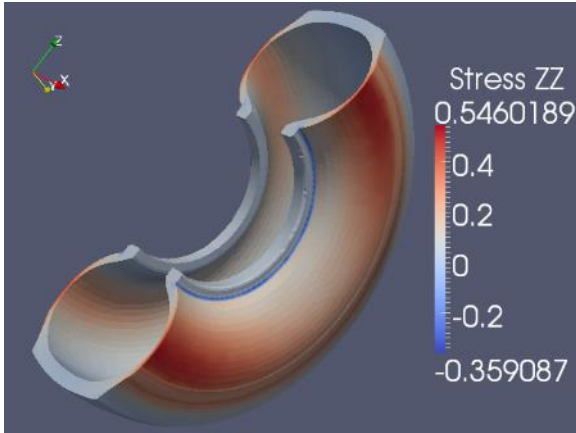


Структура CAE Fidesys

Fidesys Composite
Многомасштабное моделирование

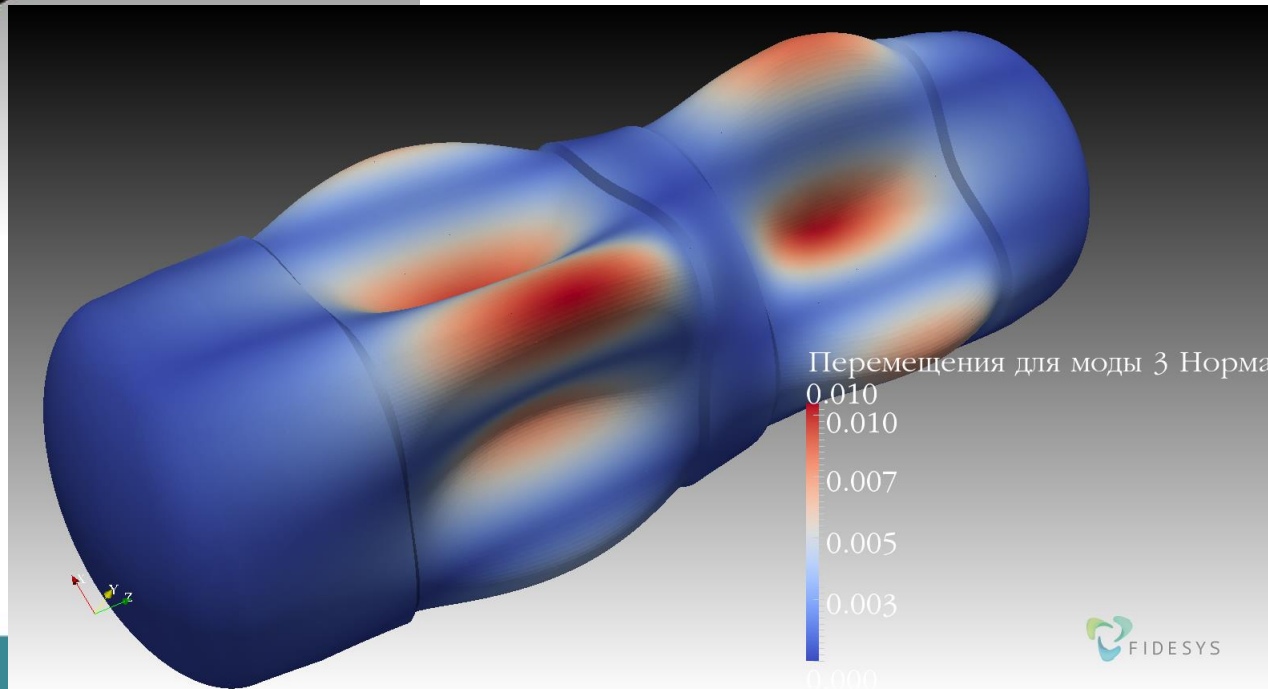
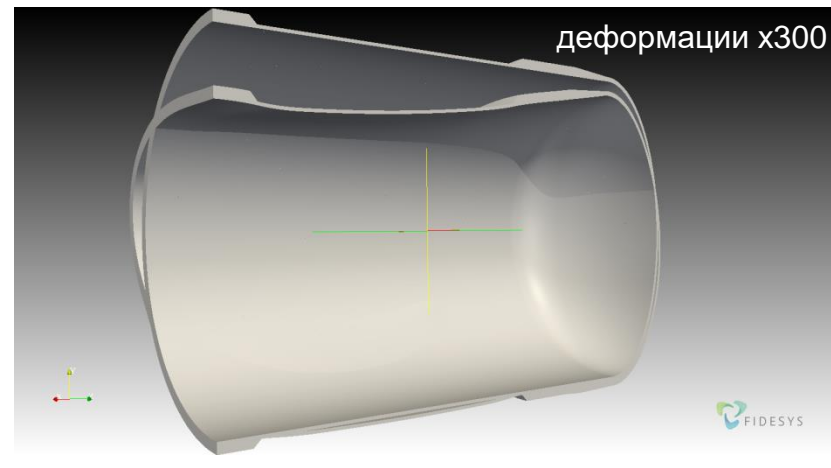
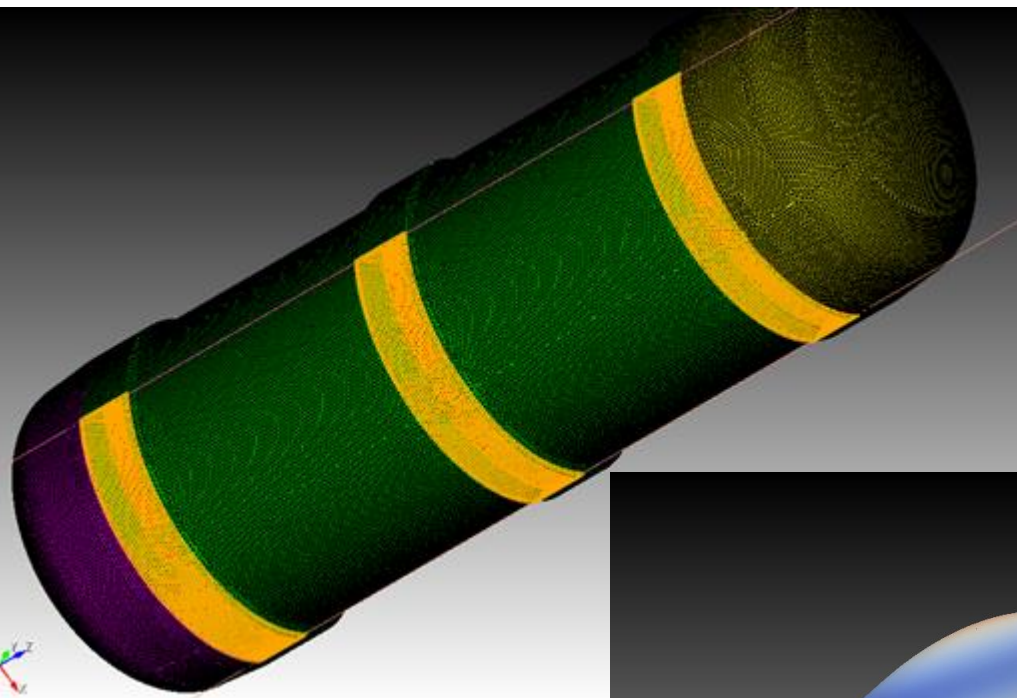
Расчет эффективных свойств композиционных материалов

- Построение реалистичной микроструктуры композита
- Моделирование изделий из резинокорда





Расчет НДС композитной цистерны под действием внутреннего давления





Интерфейсы САЕ Fidesys



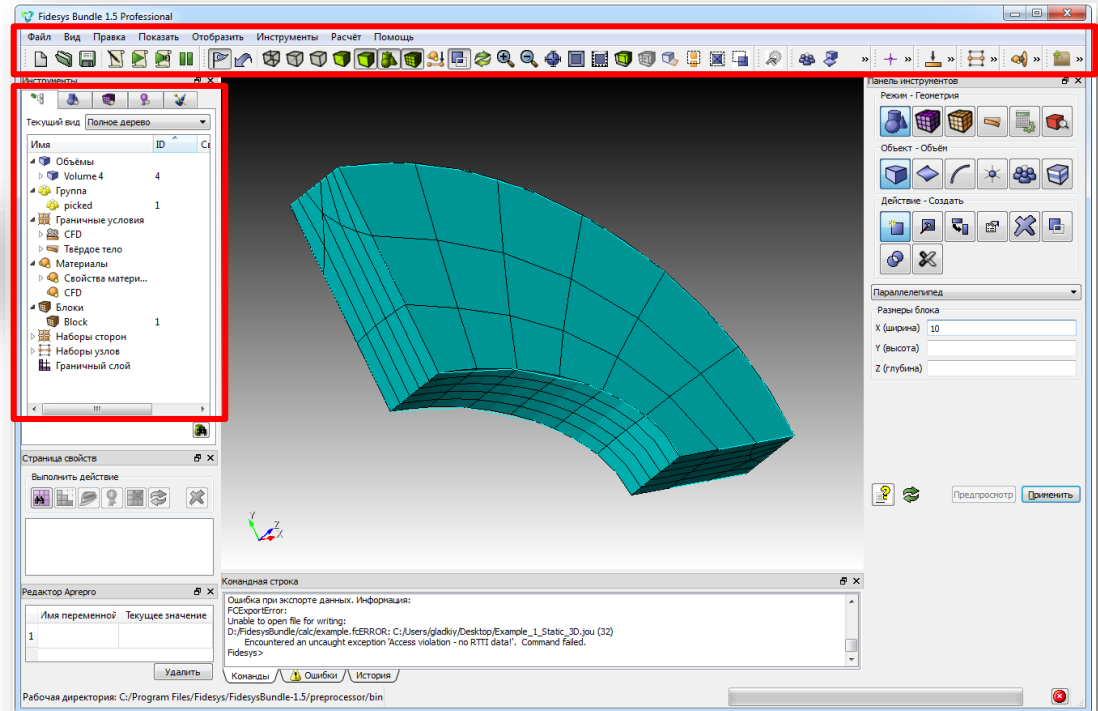
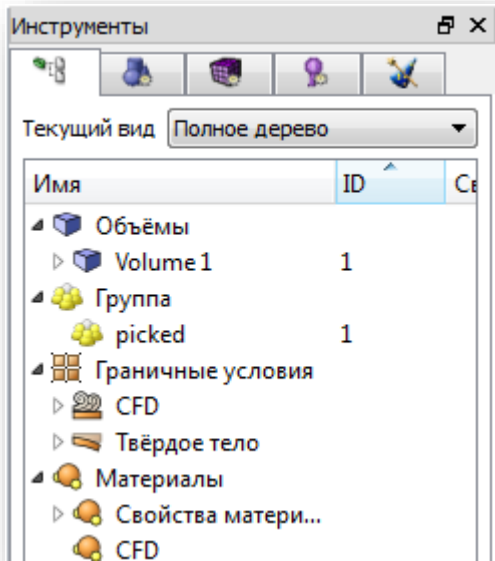
Возможности CAE Fidesys

Интуитивно понятный графический интерфейс

- Стандартные операции для работы с файлами и проектами



- Дерево объектов



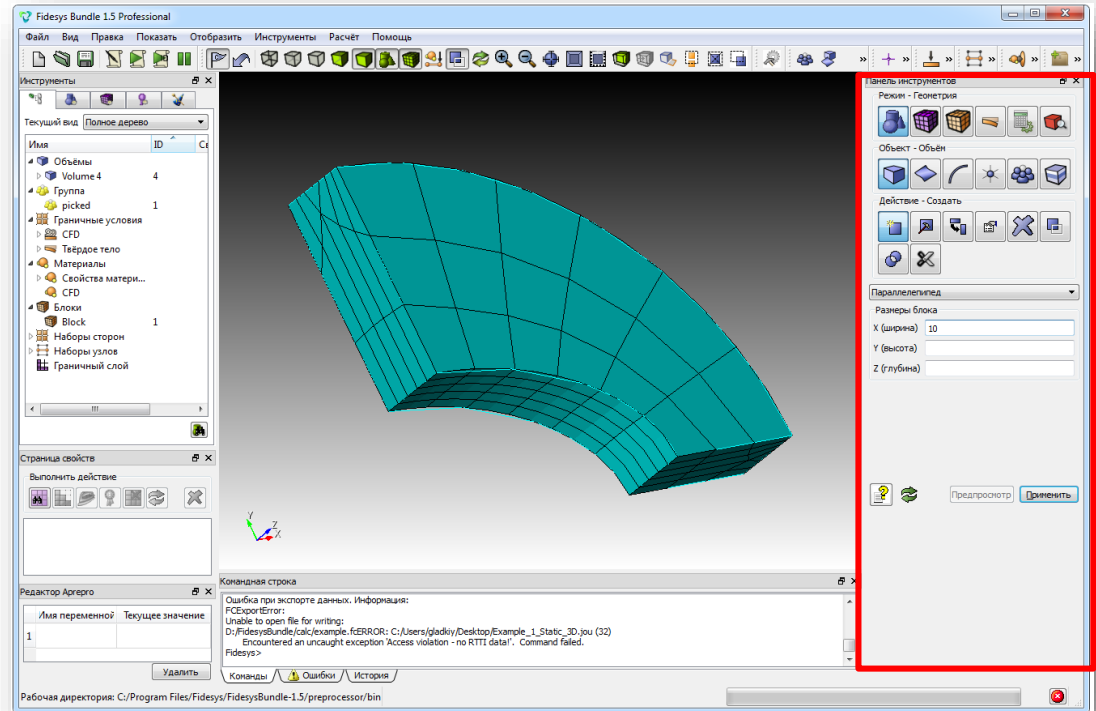
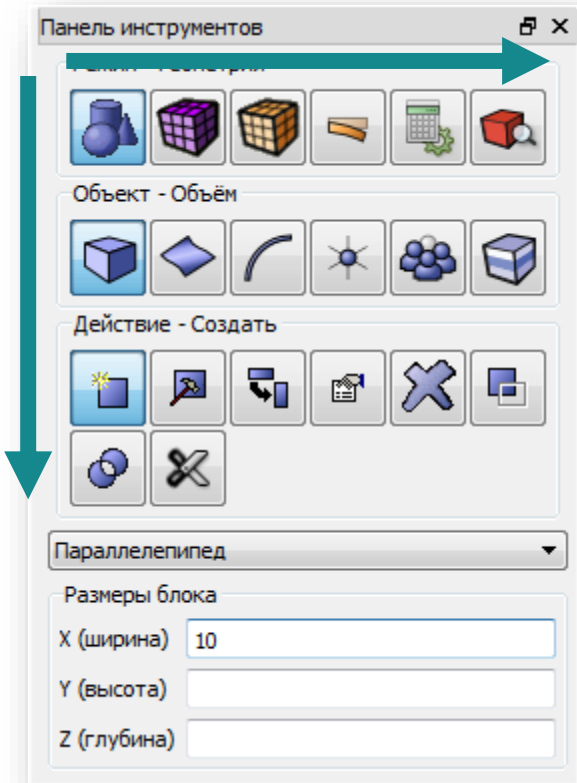
Главное окно программы



Возможности CAE Fidesys

Интуитивно понятный графический интерфейс

- Логически расположенные панели инструментов



Главное окно программы



Возможности CAE Fidesys

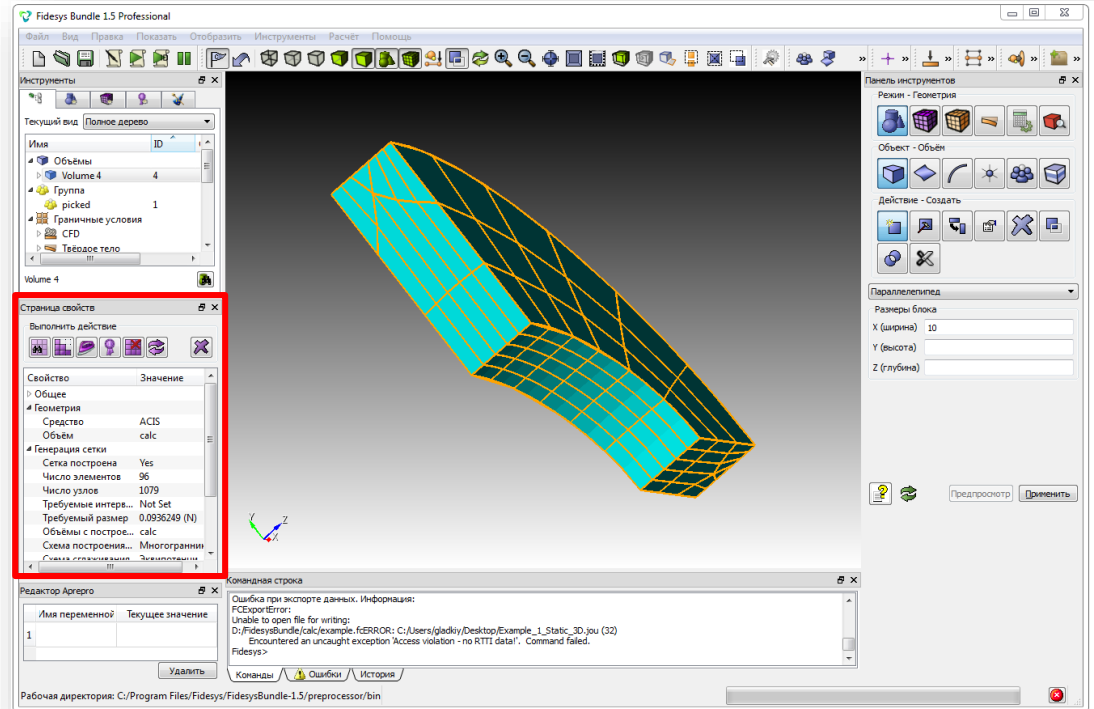
Интуитивно понятный графический интерфейс

- Отображение свойств выделенного объекта

Страница свойств

Выполнить действие

Свойство	Значение
Общее	
Геометрия	
Средство	ACIS
Объём	calc
Генерация сетки	
Сетка построена	Yes
Число элементов	96
Число узлов	1079
Требуемые интерв...	Not Set
Требуемый размер	0.0936249 (N)
Объёмы с построе...	calc
Схема построения...	Многогранни



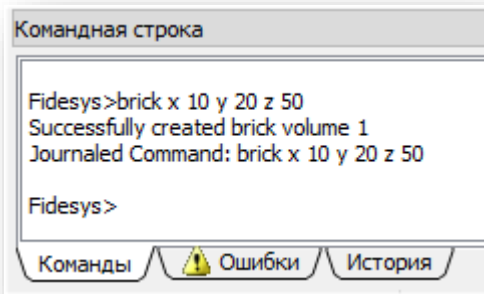
Главное окно программы



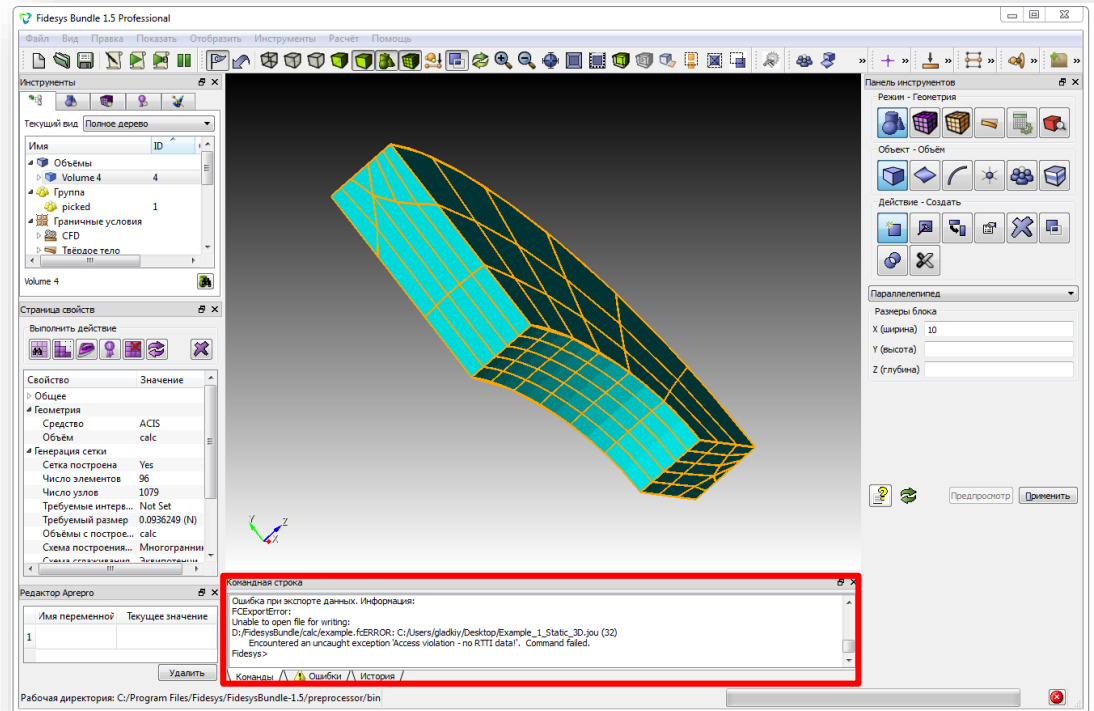
Возможности CAE Fidesys

Интуитивно понятный графический интерфейс

■ Командная консоль



- ✓ Ввод команд
- ✓ Вывод сообщений
- ✓ История операций
- ✓ Выполнение скриптов

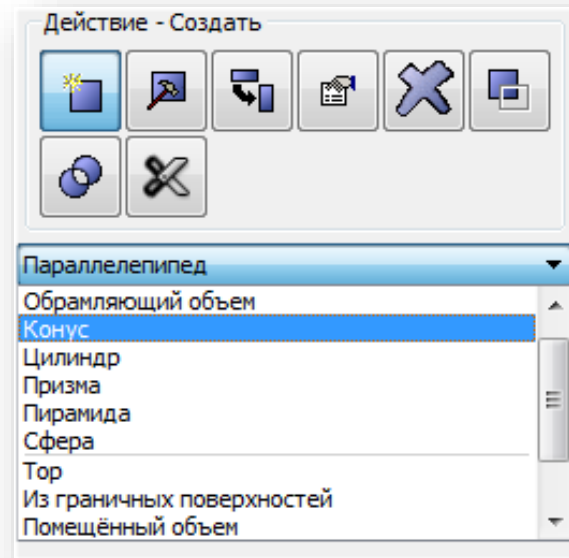
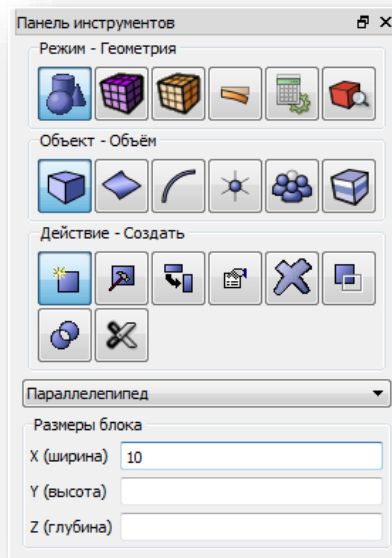
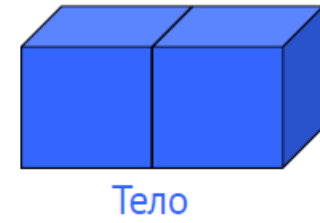


Главное окно программы



Возможности CAE Fidesys

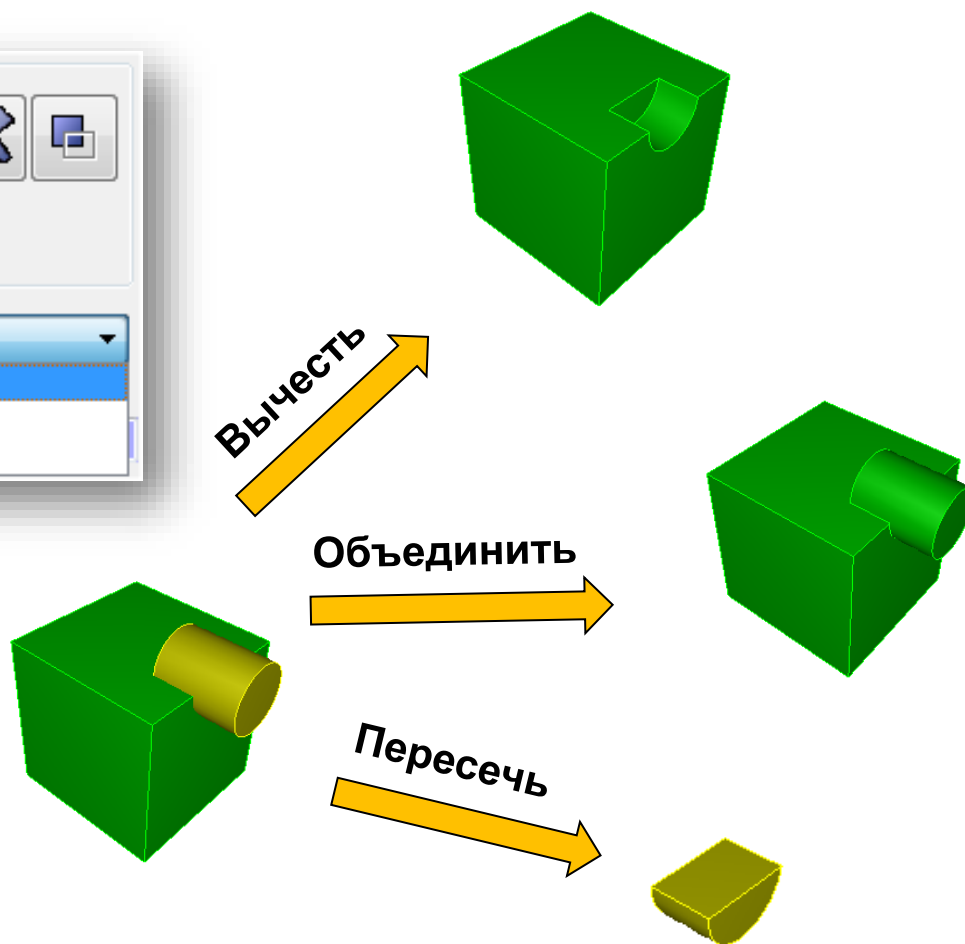
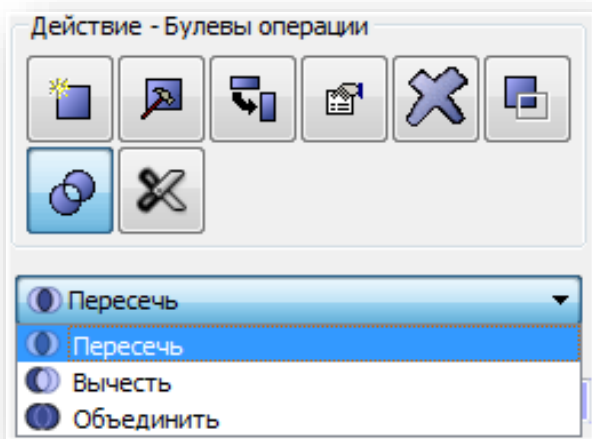
Создание объектов геометрии





Возможности CAE Fidesys

Редактирование геометрии





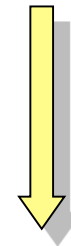
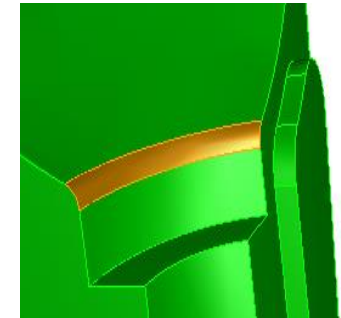
CAD и CAE

- CAD-модель
 - в большинстве случаев 3D
 - точная проработка всех деталей
 - возможны пересечения объемов и другие неточности
- CAE-модель
 - существенны только прочностные характеристики
 - некоторые трехмерные части могут быть заменены на балки и оболочки



Подготовка модели

- 3D → 2D, 1D
 - создание балочных конструкций
 - создание оболочечных конструкций
- Исправление 3D
 - фаски и скругления
 - виртуальное объединение поверхностей
 - конформность объемов



Удаление
скругления

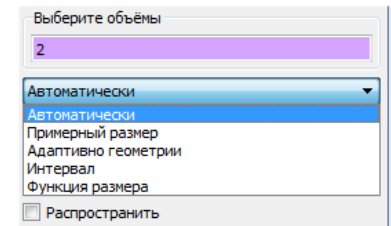
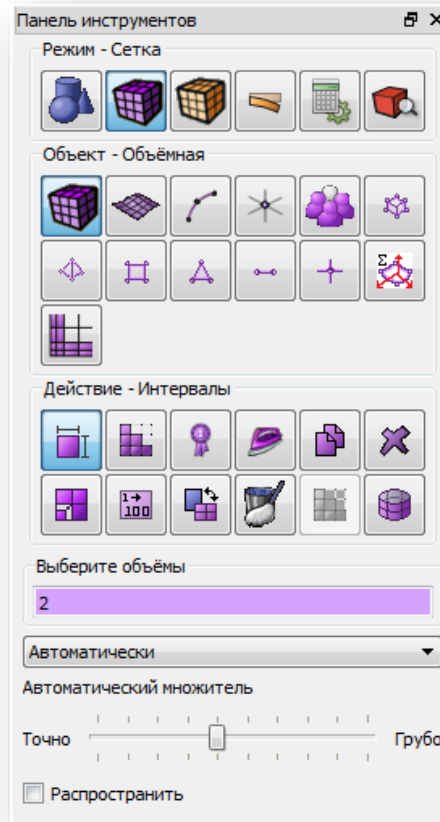




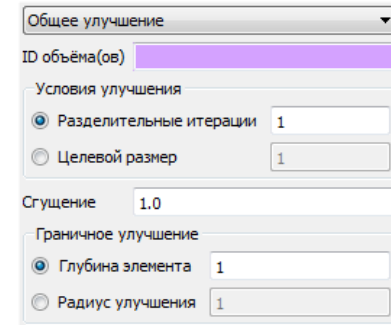
Возможности CAE Fidesys

Построение сетки

- Выбор степени измельчения сетки;
- Несколько способов построения:
 - Автоматический
 - Задание примерного размера элементов
 - Адаптивно под геометрию
 - Указание интервалов разбиения
- Выбор схемы построения сетки;
- Выбор уровня оптимизации.



Выбор способа построения сетки



Улучшение сетки

1. Импорт геометрии

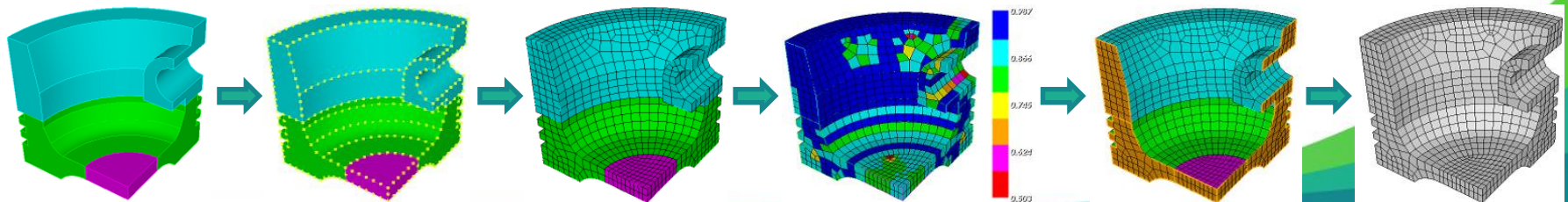
2. Установка шагов сетки

3. Построение сетки

4. Проверка качества

5. Установка ГУ

6. Параметры расчета

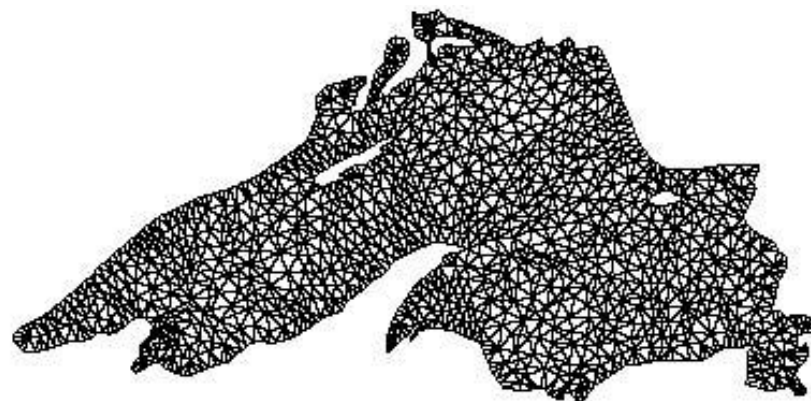
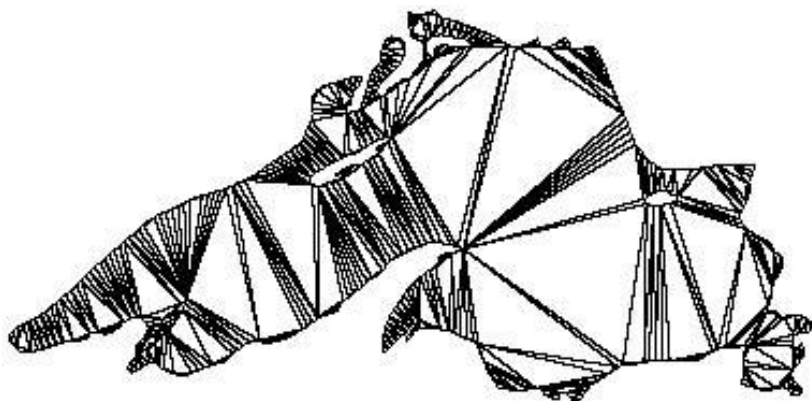




Возможности CAE Fidesys

Построение неравномерной сетки и проверка качества

- Улучшение сетки в заданной пользователем метрике

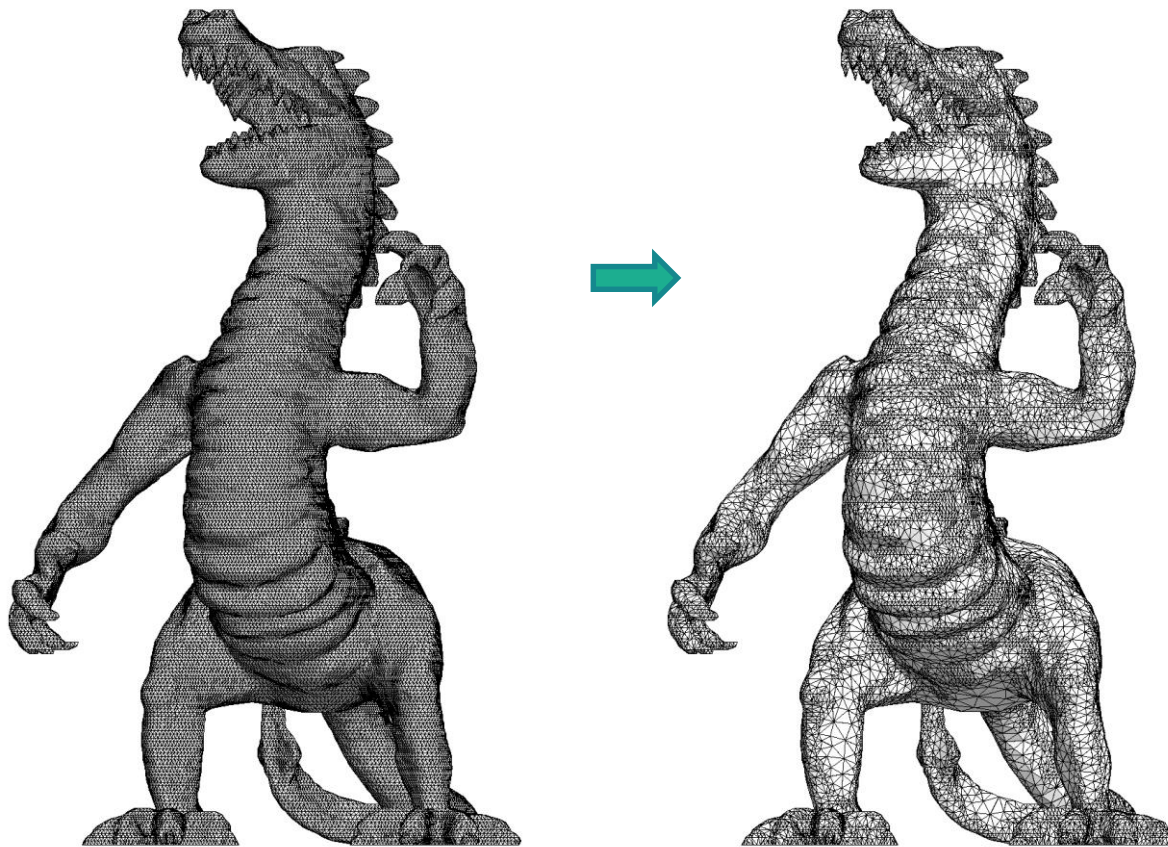




Возможности CAE Fidesys











Построение неравномерной сетки и проверка качества

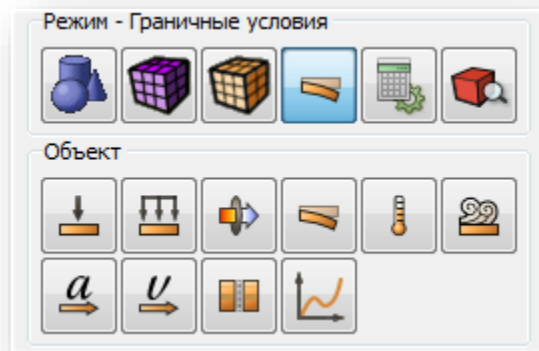
- Улучшение трехмерных сеток



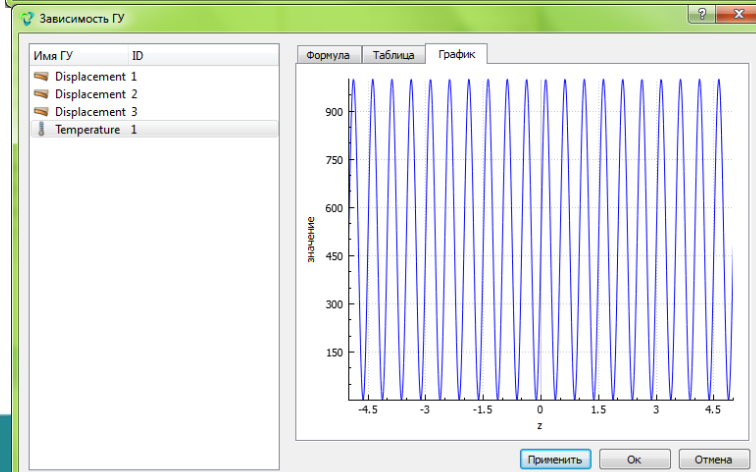
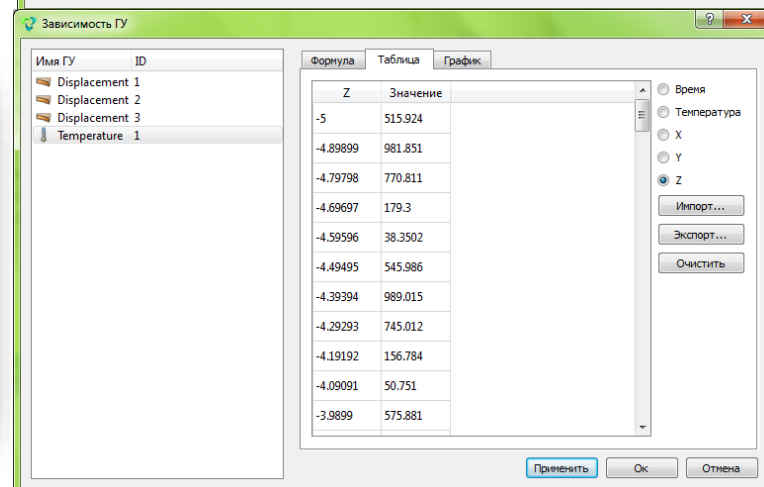
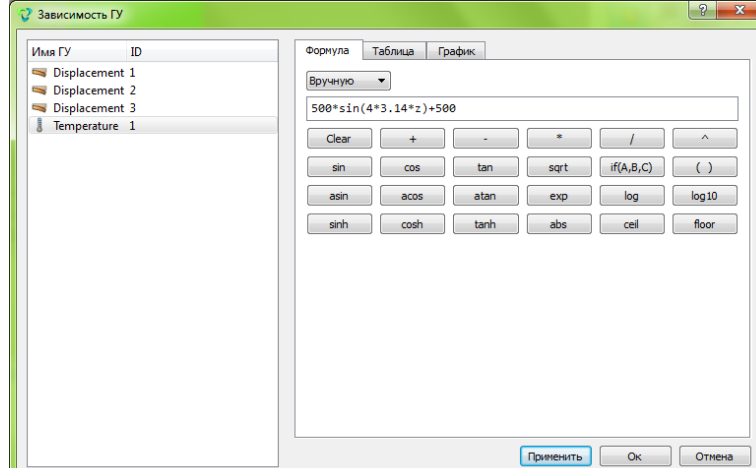
Задание граничных условий

Поддержка множества типов ГУ:

-  ➤ Точечная сила;
-  ➤ Давление;
-  ➤ Тепловой поток;
-  ➤ Перемещение;
-  ➤ Температура;
-  ➤ Конвекция;
-  ➤ Ускорения;
-  ➤ Скорости;
-  ➤ Контактная пара;
-  ➤ Жесткое соединение.



Режим задания ГУ

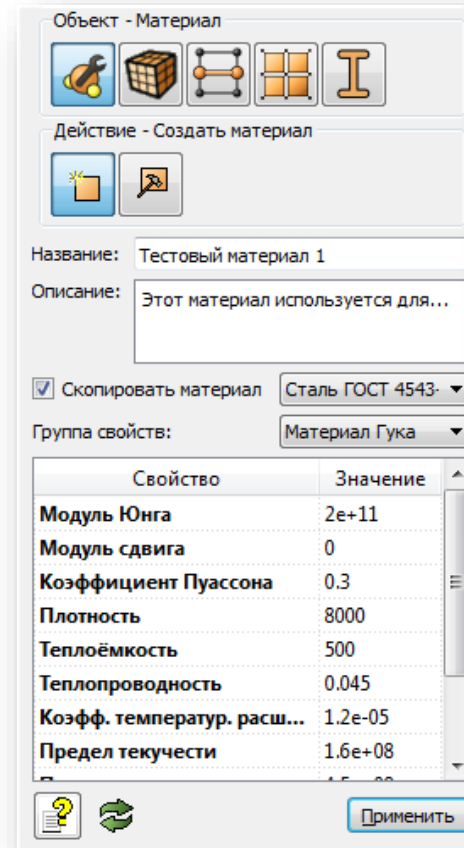
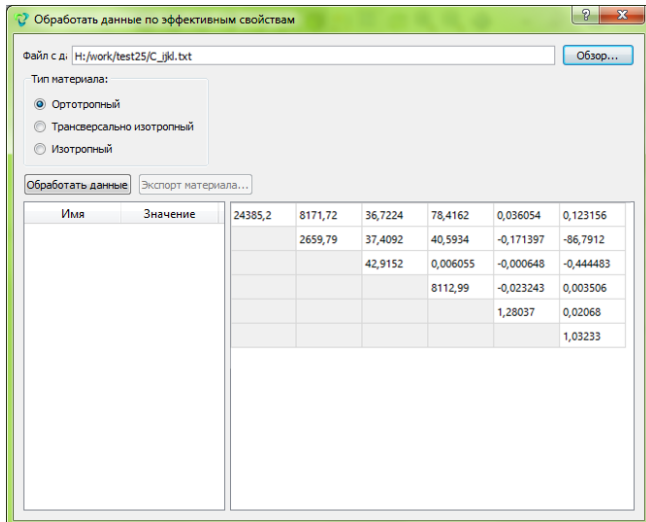




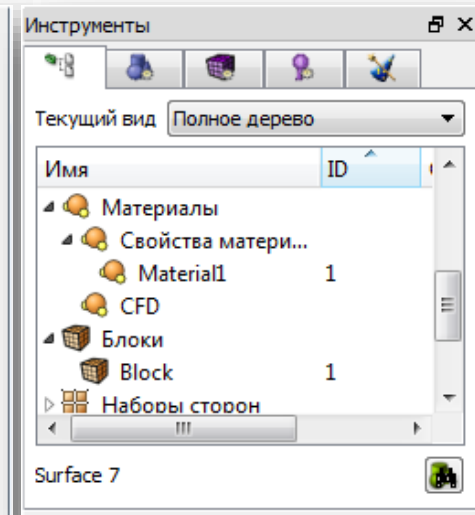
Возможности CAE Fidesys

Задание материалов

- Поддерживаемые группы материалов:
 - Линейный изотропный материал (закон Гука);
 - Композитные материалы, железобетон, геомеханические образцы;
 - Резиновые изделия;
 - Сталь, оргстекло, медь и т.д.
- Библиотека материалов;



Окно создания материала



Отображение материалов и блоков в дереве объектов



Возможности CAE Fidesys

Балки и оболочки

- Задание толщины и эксцентриситета для оболочек;
- Задание параметров сечения балок;

Толщина оболочки

ID блока(ов)

Экран

Нормальный

Утолщенный

Масштаб 1.0

Использовать постоянный цвет

Выбрать цвет

Добавить

Толщина

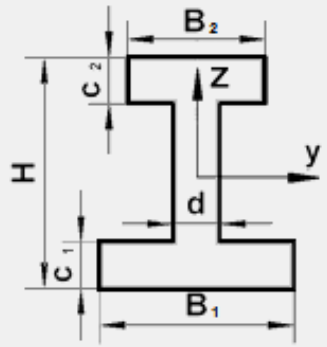
Коэффициент лффта

ID блока

Угол поворота системы координат 0.0

Профиль сечения

Двутавр



Высота (H) 0.1

Нижняя ширина (B_1) 0.055

Верхняя ширина (B_2) 0.055

Нижняя толщина (c_1) 0.0072

Верхняя толщина (c_2) 0.0072

Толщина (d) 0.0045

Координаты центра масс (z_1) 0.05

Установить параметры

Момент инерции I_y 4377e-06

Момент инерции I_z .003e-07



Возможности CAE Fidesys

Параметры расчета

- Поддержка следующих типов анализа:
 - Статический;
 - Динамический;
 - Модальный;
 - Гармонический;
 - Устойчивость;
 - Эффективные свойства композиционных материалов.
- Выбор метода анализа:
 - Метод конечных элементов (по умолчанию);
 - Метод спектральных элементов.
- Отображение процесса расчета в консоли

Размерность: 3D

Метод спектральных элементов

Порядок спектральных элементов: 4

Использовать MPI

Настройки MPI

Локально. Кол-во процессоров: 8

Несколько хостов(0) Настроить...

Модель

Упругость

Пластичность

Теплопроводность

Конечные деформации

Контакт

Задать настройки нелинейного решателя

Настройки нелинейного решателя

Мин. кол-во шагов нагружения: 10

Макс. кол-во шагов нагружения: 30

Макс кол-во итераций: 100

Точность: 1e-6

Метод

Выборать автоматически

Выборать автоматически

Прямой

Итерационный

Другие методы (предусловливатели)



Гармонический анализ: задание демпфирования

$$[C] = \alpha[M] + \sum_{j=1}^{N_m} \alpha_j^m [M_j] + (\beta + \beta_c)[K] + \sum_{j=1}^{N_m} \left[\left(\beta_j^m + \frac{2}{\Omega} \beta_j^z \right) [K_j] \right] + \sum_{k=1}^{N_m} [C_k]$$

2 5 2 1 6 4 7

1

2

3

Настройки расчета - Гармонический анализ

Гармонический анализ - Демпфирование

Конструктивное демпфирование 0.0

Демпфирование матрицы масс 0.0

Демпфирование матрицы жёсткости 0.0

Применить

Начать расчет

4

5

6

Действие - Создать материал

Имя:

Описание:

Задать ID <запрошенный id>

Скопировать материал Углеродистая ста

Группа свойств: Линейный изотроп

Свойство	Значение
Предельные деформации на ...	
Козфф. затухания	
Козфф. массового демпфиров...	
Козфф. жесткостного демпф...	

Применить

7

Объект - Свойства пружины

ID блока

Тип пружины: Линейная пружина

Жёсткость на растяжение 0

Жёсткость на кручение 0

Коэффициент демпфирования 0

Линейный коэффициент демпфирования 0

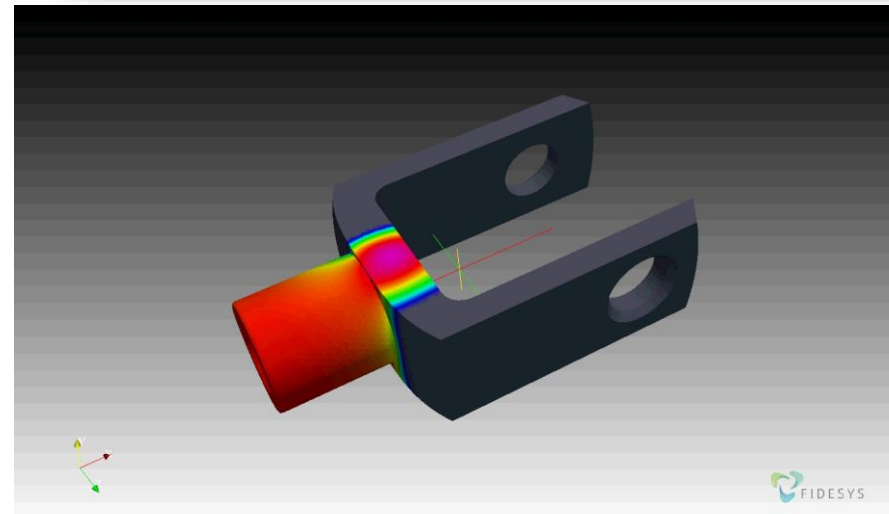
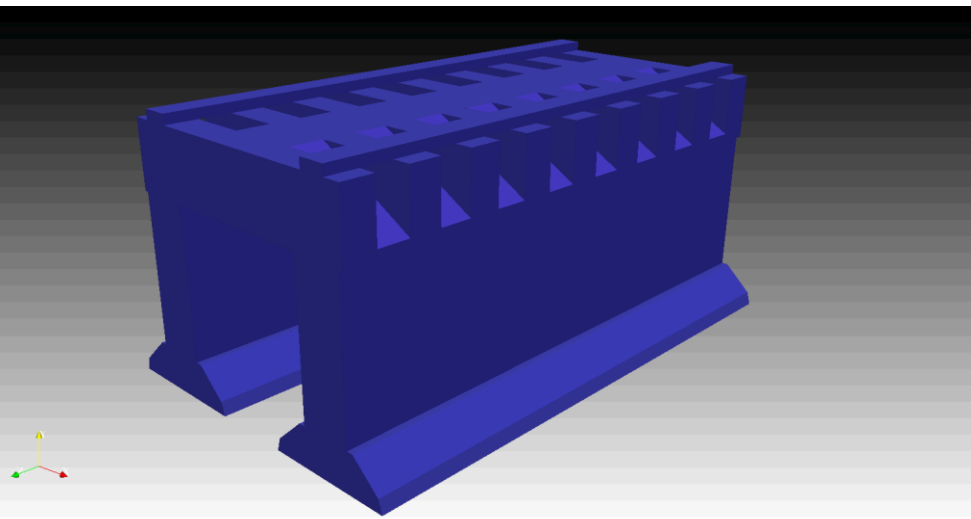
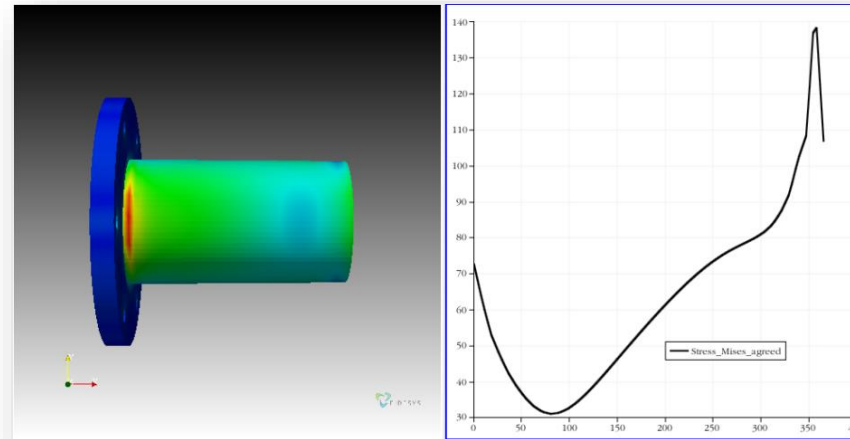
Применить



Возможности CAE Fidesys

Визуализация результатов и постпроцессинг

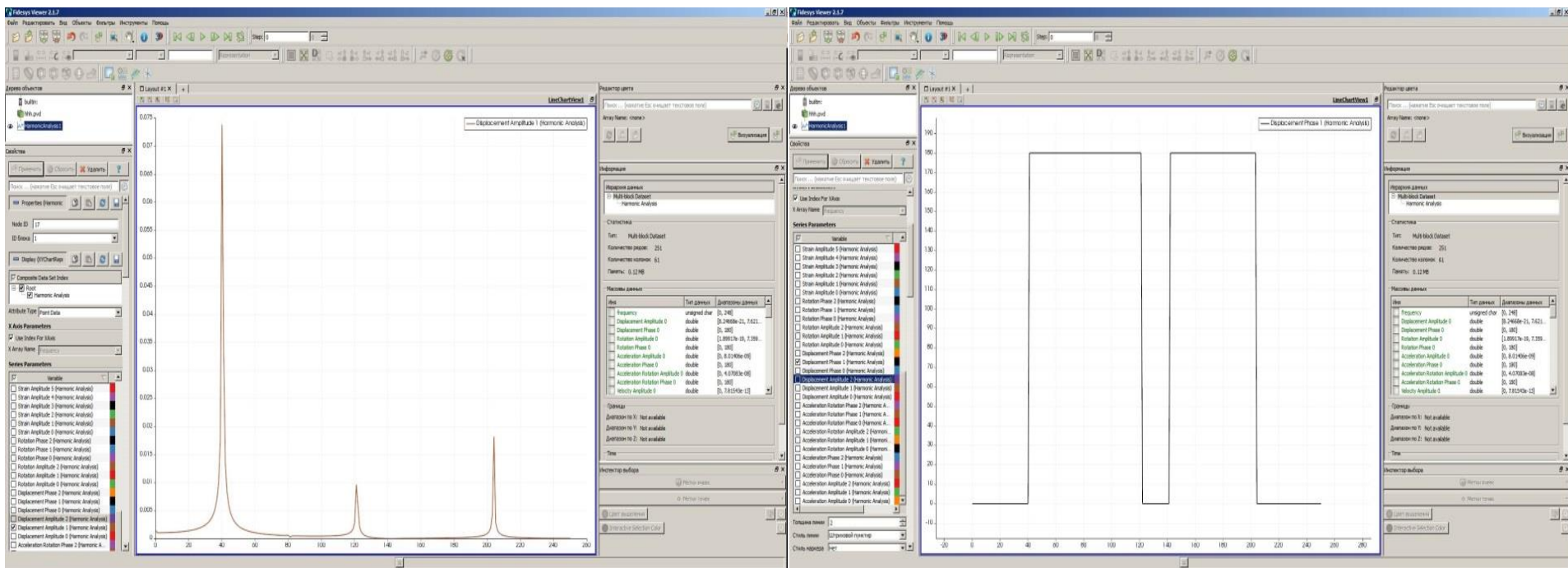
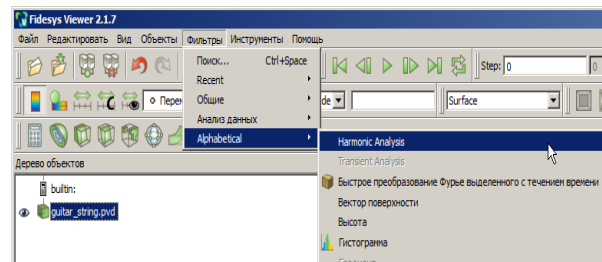
- Просмотр и анализ полученных результатов:
 - Визуализация векторных и тензорных полей;
 - Построение графиков и диаграмм;
 - Анализ временных зависимостей.
- Оценка качества сетки
- Просмотр в режиме среза, сечения
- Экспорт данных





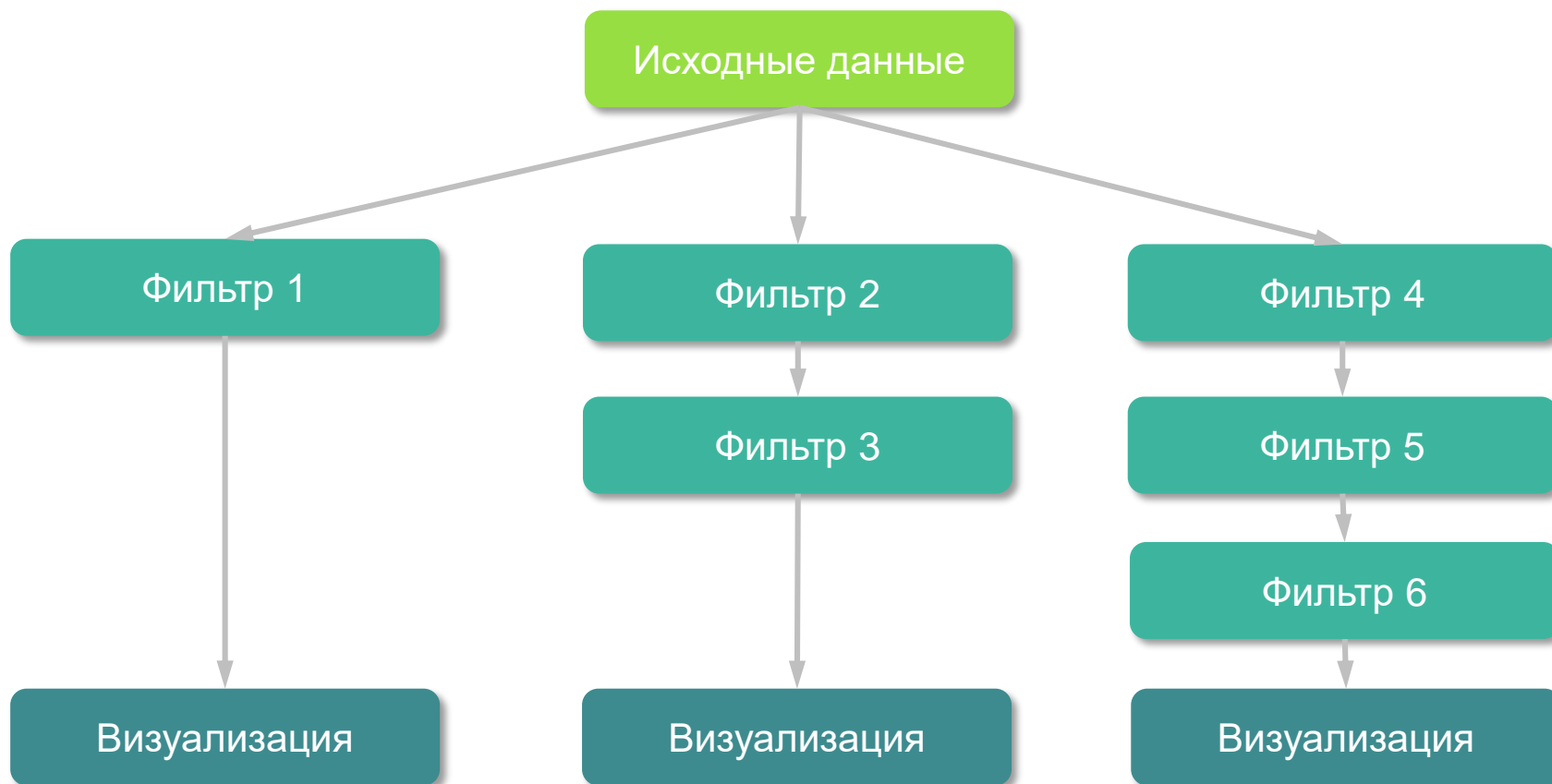
Гармонический анализ: представление результатов

- В фильтре «Гармонический анализ» выбрать узел
- Вывести амплитуды и фазы для перемещений, напряжений, скоростей и т.д.





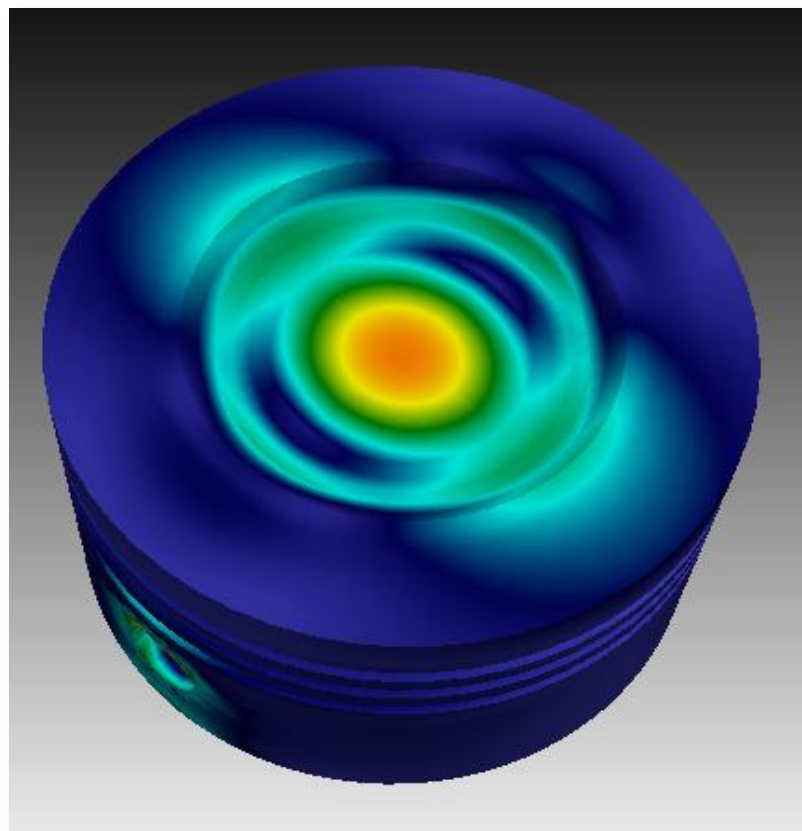
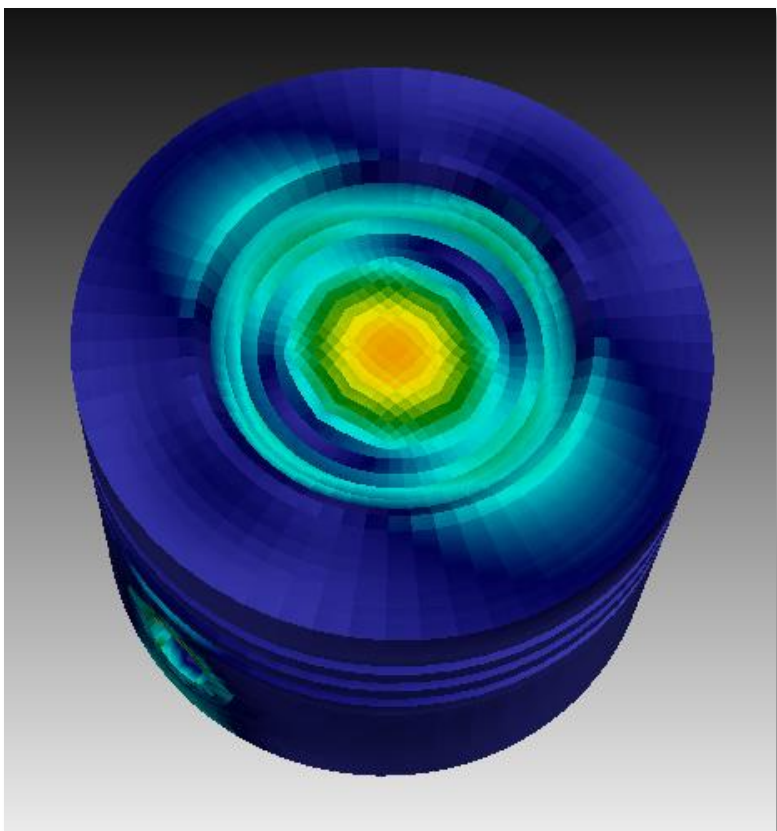
Система визуальных фильтров





Сглаживание результатов

Фильтр: *Согласованные результаты*





Запасы прочности

- Первая теория прочности $n = \frac{\sigma^+}{\sigma_1}$
- Энергетическая теория прочност $n = \frac{\sigma_T}{\sigma_i}$
- Теория Писаренко-Лебедева

$$n = \frac{\sigma^+}{\chi\sigma_i + (1-\chi)\sigma_1}, \text{ где } \chi = \frac{\sigma^+}{\sigma^-}$$

- Теория Мора $n = \frac{\sigma^+}{\sigma_1 - \chi\sigma_3}$, где $\chi = \frac{\sigma^+}{\sigma^-}$

- Теория Треска $n = \frac{\sigma^+}{\sigma_1 - \sigma_3}$

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ — главные напряжения

σ_i — интенсивность напряжений по Мизесу

σ^+, σ^- — пределы прочности на растяжение и сжатие

σ^T — предел текучести

n — запас прочности

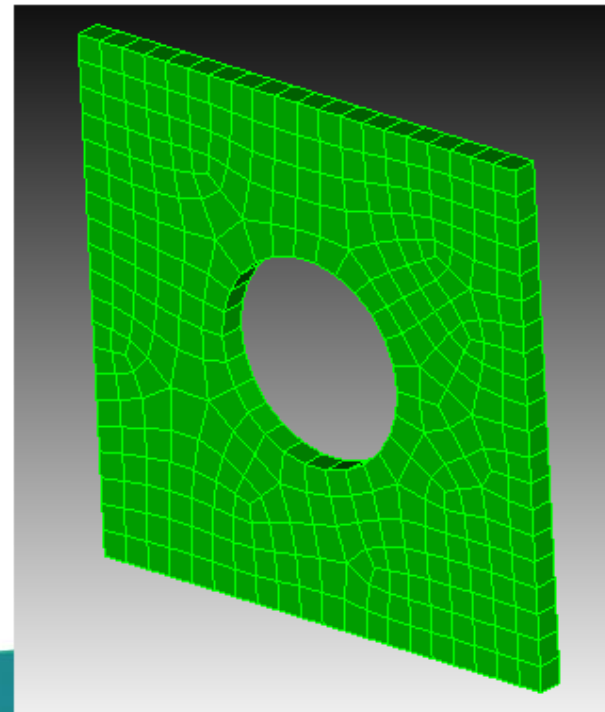


Язык команд Fidesys

Fidesys может управляться с помощью команд:

- Команды на специальном языке генерируются GUI и передаются в обработчик команд.
- История команд может быть записана в файл *.jou.
- Команды выводятся в командное окно в интерфейсе.
- На языке команд можно программировать.

```
bri x 10  
cyl radius 2 z 12  
subtract vol 2 from vol 1  
vol 1 size .5  
vol 1 scheme auto  
mesh vol 1  
draw surf in vert 1  
draw hex in node in surf 1
```





- Aprepro = **A**lgebraic **P**re-**P**rocessor
- Миниатюрный встроенный язык программирования:
 - Параметризация файлов журнала
 - Проверка на наличие ошибок
 - Логический контроль

```
#{i=1}  
#{size=10}  
#{loop(50)}  
brick x {size}  
move volume {i} location {size*i} 0 0  
#{i++}  
#{endloop}
```



Python — широко распространенный скриптовый язык. Многие пакеты используют его для автоматизации, например:

- *Abaqus*
- *Paraview*
- *PyTrilinos*

Дистрибутив и полная документация доступны на официальном сайте www.python.org.



Пример

Открываем файл результатов

```
from vtk import *
```

```
reader = vtkXMLUnstructuredGridReader()
filename = os.path.abspath(os.path.join(os.getcwd(), "C:/result/result.vtu"))
reader.SetFileName(filename)
reader.Update()
grid = vtkUnstructuredGrid()
grid = reader.GetOutput()
```

Расчет интенсивности напряжений по Мизесу

```
stress = grid.GetPointData().GetArray("Stress")
maxmises = -1.0
```

```
for i in xrange(stress.GetNumberOfTuples()):
    XX = stress.GetTuple(i)[0]
    YY = stress.GetTuple(i)[1]
    ZZ = stress.GetTuple(i)[2]
    XY = stress.GetTuple(i)[3]
    YZ = stress.GetTuple(i)[4]
    ZX = stress.GetTuple(i)[5]
    mises = math.sqrt( ( SQUARE(XX - YY) + SQUARE(YY - ZZ) + SQUARE(ZZ - XX) +
                       6 * ( SQUARE(XY) + SQUARE(YZ) + SQUARE(ZX) ) ) * 0.5)
    if maxmises < mises:
        maxmises = mises
print maxmises
```



Преимущества CAE Fidesys

Высокая точность и скорость вычислений

Гибкий и надежный построитель адаптивных геометрии сеток

Большое число поддерживаемых CAD-форматов

Кроссплатформенность (ОС Windows, Linux)

Низкие аппаратные требования

Невысокая стоимость по сравнению с аналогами

Возможность использования облачной версии



Создание специализированных отраслевых продуктов

- На основе программных модулей пакета Фидесис компания может создать внутрикорпоративный или отраслевой программный продукт для прочностных расчетов
- Пакет «Фидесис» будет функциональней и удобней, чем лучшие зарубежные аналоги, а также «заточен» под конкретные задачи заказчика
- Создание программного продукта будет осуществляться в течение 6-18 месяцев по техническому заданию заказчика с привлечением ведущих отраслевых консультантов
- По результатам работы заказчику будут передаваться исходные программные коды (на уровне библиотек) специализированного корпоративного продукта. Разработчик оставит за собой право оставить название «Фидесис»
- **Пакет может использоваться как 2-ой расчетный пакет, что особенно важно на стадии НИР и ОКР.**
- Переход крупнейших российских компаний и госкорпораций на собственный продукт позволит снизить зависимости стратегических отраслей промышленности от зарубежного программного обеспечения

Теория многократного наложения больших деформаций

(Теория для решения задач о перераспределении в теле больших деформаций, то есть задач, в которых в процессе нагружения изменяются (неоднократно) границы и (или) граничные условия)

Задачи (включая связанные) о последовательном дискретном или непрерывном образовании в нагруженном теле концентраторов напряжений (полости, включение) и их взаимодействии и взаимовлиянии.





Fidesys Online – облачное САЕ

- Доступность из любого браузера <http://sim4design.com>
- Все расчеты производятся на облачных серверах
- Совместная онлайн работа над задачей

The screenshot shows the Onshape web interface. The browser address bar displays <https://partner.dev.onshape.com/documents?filter=recently-opened&column=modifiedAt&order=desc>. The interface includes a search bar, storage usage indicators (4 of 10 Private documents, 3 MB of 100 MB Private storage, 3 MB of 5.00 GB Total storage), and a 'Recently opened' table. A 3D model of a blue knuckle joint is displayed on the right side of the interface.

Name	Workspace	Modified	Modified by	Owned by	Size
Knuckle Joint		2:13 PM Today	me	me	165
One more	Main	5:02 PM Yest..	me	me	2 MB
Something	Main	10:44 PM Au..	me	me	173
Imported	Main	10:31 PM Jul..	me	me	639

Knuckle Joint

Owner: me

Sharing: Not shared

Created by: me
7:30 PM Yesterday

Last modified by: me
2:13 PM Today



Корпоративная CAE-платформа

- Единое решение для внутрикорпоративного применения
- Доступ из любой точки внутренней сети Ethernet/VPN
- Экономия на ресурсах: стоимость владения, поддержки

The screenshot displays the Fidesys website homepage. At the top left is the Fidesys logo with the tagline "strength analysis system". To the right, there is a search icon, a language selector, and contact information: "call +7 (495) 930-87-53" and "or write to us email". A navigation menu includes links for PRODUCTS, SERVICES, DOWNLOAD, SUPPORT, ABOUT, REVIEWS, and SIMFORDESIGN. The main content area features a large banner for "Fidesys Viewer" with the text "Postprocessing, analysis and visualization of computational results" and a prominent "Free download" button. Below the banner are three columns of text: "Buy CAE Fidesys" (highlighting cost and speed advantages), "About" (describing the company's founding and expertise), and "Training" (offering on-site and center-based training). A "News" section at the bottom left mentions a visit to Teknopark Istanbul AS in August 2015.



CAE Fidesys в магазине приложений Azure/Amazon

The screenshot shows the Azure Marketplace page for Fidesys. The browser address bar displays the URL: <https://azuremarketplace.microsoft.com/en-us/marketplace/apps/fidesys.fidesys?tab=Overview>. The page features a navigation menu with options like 'Why Azure', 'Solutions', 'Products', 'Documentation', 'Pricing', 'Training', 'Marketplace', 'Partners', 'Support', 'Blog', and 'More'. A search bar is present with the text 'Search Marketplace'. The main content area includes the Fidesys logo, a 'GET IT NOW' button, and pricing information: 'Starting at 0,30 \$/hour + Azure infrastructure costs'. It also lists categories like 'Compute' and 'Support', and provides links for 'License Agreement' and 'Privacy Policy'. A list of features is provided, such as 'The universal CAE system with the wide functionality range for any type of industry' and 'Attractive price – several times lower than for well-known international CAE brands'.

Препроцессинг,
расчеты,
постпроцессинг,
рендеринг – все
выполняется в
облаке.
24/7 доступность
через браузер.

The screenshot shows the AWS Marketplace page for Fidesys. The browser address bar displays the URL: <https://aws.amazon.com/marketplace/seller-profile?id=7c456747-5771-41a7-ae00-55a874b8d645>. The page features the AWS Marketplace logo and a navigation menu with options like 'Amazon Web Services Home', 'Sign in or Create a new account', 'Your Account', 'Help', and 'Sell on AWS Marketplace'. A search bar is present with the text 'Search AWS Marketplace'. The main content area includes the Fidesys logo, a 'Visit the Fidesys Website' link, and a list of products. The first product is 'CAE Fidesys', sold by Fidesys, with plans from \$10 to \$500. The second product is 'CAE Fidesys on Windows', version 1.6.3.560, sold by Fidesys, with plans from \$1.00 to \$11.506/hr for software + charges for EC2 with Windows + AWS usage fees. The page also includes an 'About Fidesys' section with a detailed description of the company's history and expertise.

Оплата по мере
использования с гибкой
ценовой политикой в
зависимости от размеров
решаемой задачи.



Триальная версия CAE Fidesys

<http://www.cae-fidesys.com/>

- 30 дней
- Без ограничения функционала
- Пошаговые примеры (+скрипты)
- Отчет о тестировании
- Русская и английская версии
- Windows/Linux
- Fidesys Viewer бесплатно!

ПРОДУКТЫ УСЛУГИ ЗАГРУЗКА ПОДДЕРЖКА О КОМПАНИИ ОТЗЫВЫ SIMFORDESIGN

Загрузка

Anatoly Vershinin [\[Выход\]](#)

Fidesys Professional

Название	Версия	Операционная система	Дата
CAE Fidesys	1.5 R2	Linux, 64-бит	2014-06-26
CAE Fidesys	1.6 R2	Windows 7 / 8 / 8.1 / 2008 R2 / 2012 R2, 64-бит	2015-05-19
CAE Fidesys	1.6 R2	Windows XP / 2003 R2, 64-бит	2015-04-29
CAE Fidesys	1.6 R2	Windows XP / 7 / 8 / 8.1 / 2003 R2 / 2008 R2 / 2012 R2, 32-бит	2015-05-19
Журнальные файлы для отчета по тестированию	1.6 R2		2015-04-27
Журнальные файлы для руководства пользователя	1.6 R2		2015-04-29
Отчет по тестированию	1.6 R2		2015-05-19
Руководство пользователя	1.6 R2		2015-05-19

* Все дистрибутивы Fidesys Professional также содержат Fidesys Viewer. Расчет методом спектральных элементов и распараллеливание на основе технологии MPI доступны только для 64-битной версии.

Fidesys Viewer

Название	Версия	Операционная система	Дата
Fidesys Viewer	1.1.5	Windows x32	2014-08-08
Fidesys Viewer	1.1.5	Windows x64	2014-08-08

Пожалуйста, ознакомьтесь с [системными требованиями](#) перед установкой.

Продукты

CAE Fidesys Professional
Fidesys Viewer
SimForDesign

Компания

Информация о компании
Вакансии
Контакты

Услуги

Консалтинг
Обучение



Спасибо за внимание!

Вершинин Анатолий Викторович
Технический директор ООО «Фидесис»

Email: a.v.vershinin@cae-fidesys.com

Тел.: + 7 (495) 177-36-18

WWW: www.cae-fidesys.com

SaaS: <https://prove.design>