





Прочностной анализ с применением CAE FIDESYS

Цой Валерьян Эдуардович

к.ф.-м.н., доцент каф. РМДПМ НИУ МЭИ

Обзор функциональных возможностей



- Высокая точность и скорость вычислений
- Гибкий и надежный построитель адаптивной геометрии сеток
- Большое число поддерживаемых CAD-форматов
- Кроссплатформенность (ОС Windows, Linux)
- Низкие аппаратные требования
- Невысокая стоимость по сравнению с аналогами
- Возможность использования облачной версии

Структура Fidesys



Дополнительные модули

Fidesys Standard

Базовая версия

Fidesys Professional

Нелинейные задачи

- Линейные статические и динамические задачи прочности
- Анализ собственных частот и форм колебаний
- Анализ критических нагрузок и форм потери устойчивости
- 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 (стационарная и нестационарная теплопроводность)
- Нестационарные задачи с быстропротекающими процессами
- Моделирование неразрушающего контроля
- Распространение упругих колебаний в твердых телах
- Высокоточное описание волновых процессов
- Расчет эффективных свойств композитов
- Расчет пористых материалов при малых и конечных деформациях
- Определение упругих свойств монослоя
- Распараллеливание всех основных этапов решения задачи
- Ускорение расчетов и сокращение времени анализа
- Технологии OpenMP/MPI

Fidesys Dynamics

Метод спектральных элементов.
Нестационарные задачи с высокой точностью

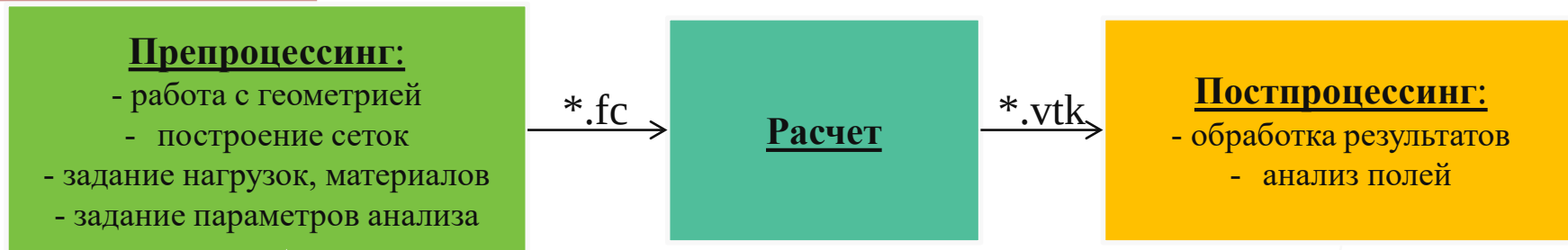
Fidesys Composite

Оценка эффективных свойств композитов

Fidesys HPC

Ускорение расчетов (распараллеливание
вычислительных процессов)

Процесс анализа



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

Препроцессинг модели в Fidesys

Поддержка форматов

Fidesys поддерживает импорт наиболее востребованных CAD-форматов, а также импорт сеток и моделей из других программных комплексов

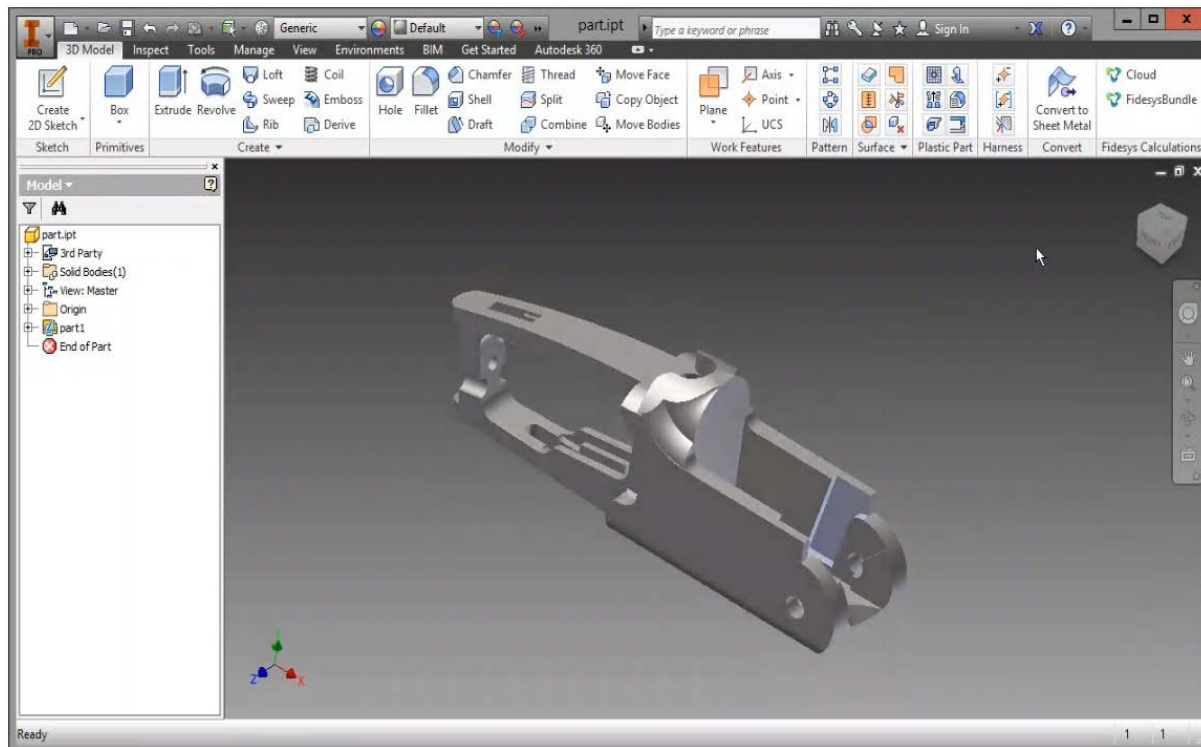


- ACIS (*.sat, *.sab);
- IGES (*.igs, *.iges);
- STEP (*.stp, *.step);
- AVS (*.avs);
- Genesis/Exodus (*.g, *.gen, *.e, *.exo);
- Facets (*.fac);
- GAMBIT Real Geometry (*.dbs)
- Parasolid (*.x_t, *.x_b)
- CATIA (*.CATPart, *.CATProduct)
- SolidWorks (*.sldprt, *.sldasm)
- Pro/E (*.prt, *.asm)
- STL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

Интеграция с Autodesk Inventor



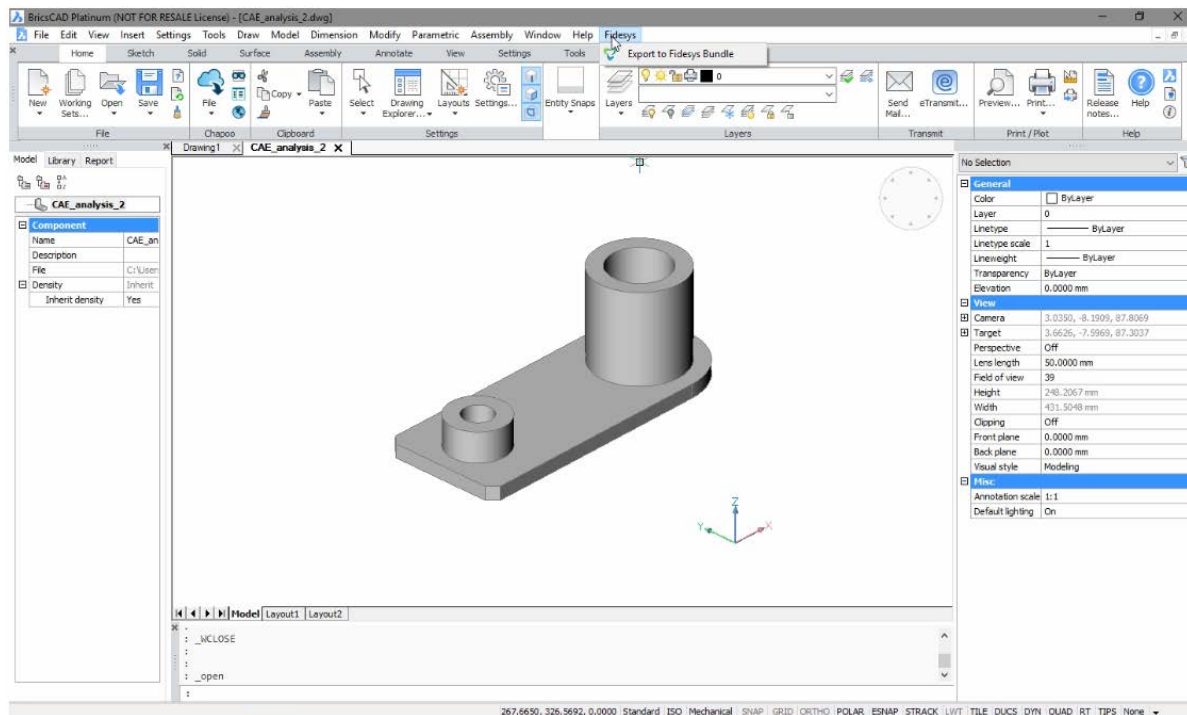
- Экспорт CAD-модели из Inventor в Fidesys одной кнопкой;
- Не нужно изменять параметры расчетной модели при ее изменении в Autodesk Inventor;
- Возможность экспорта модели в Fidesys Online для дальнейшего анализа в облаке



Интеграция с BricsCAD

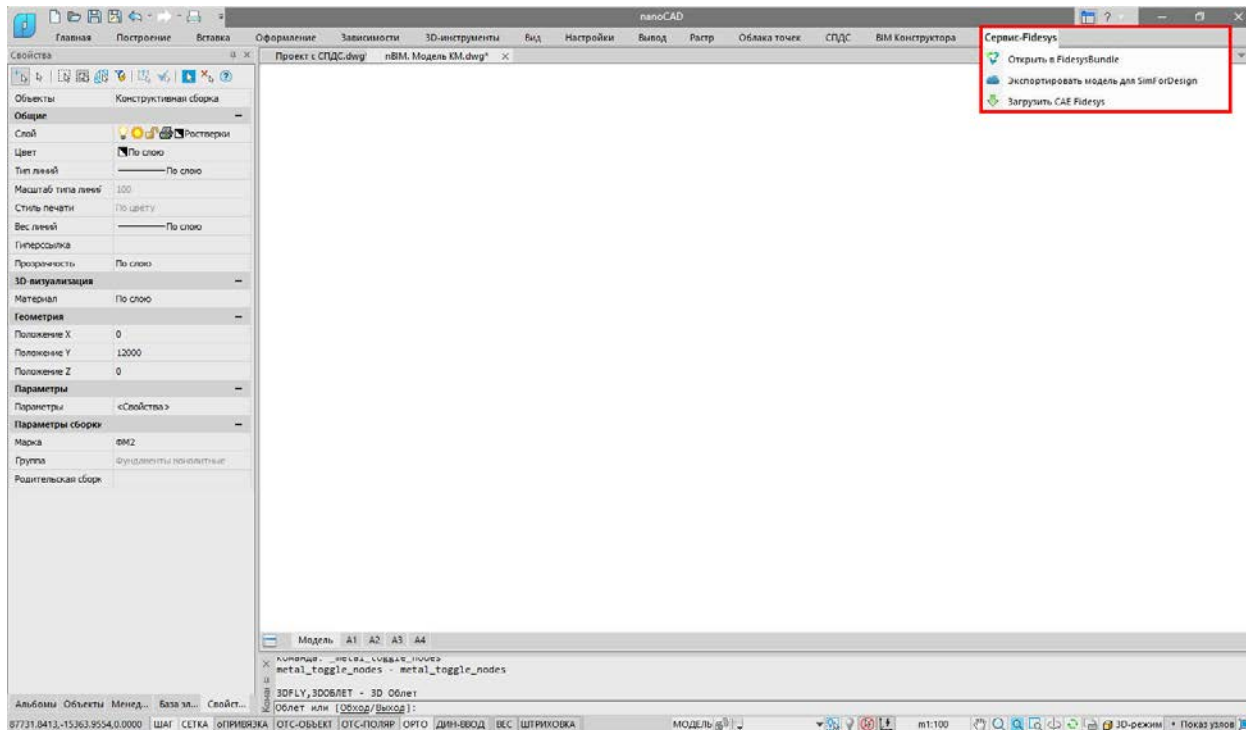


- Экспорт CAD-модели из BricsCAD в Fidesys одним нажатием;
- Автоматизация процесса расчета модели при ее изменении в BricsCAD;
- Возможность проведения оптимизации геометрии модели



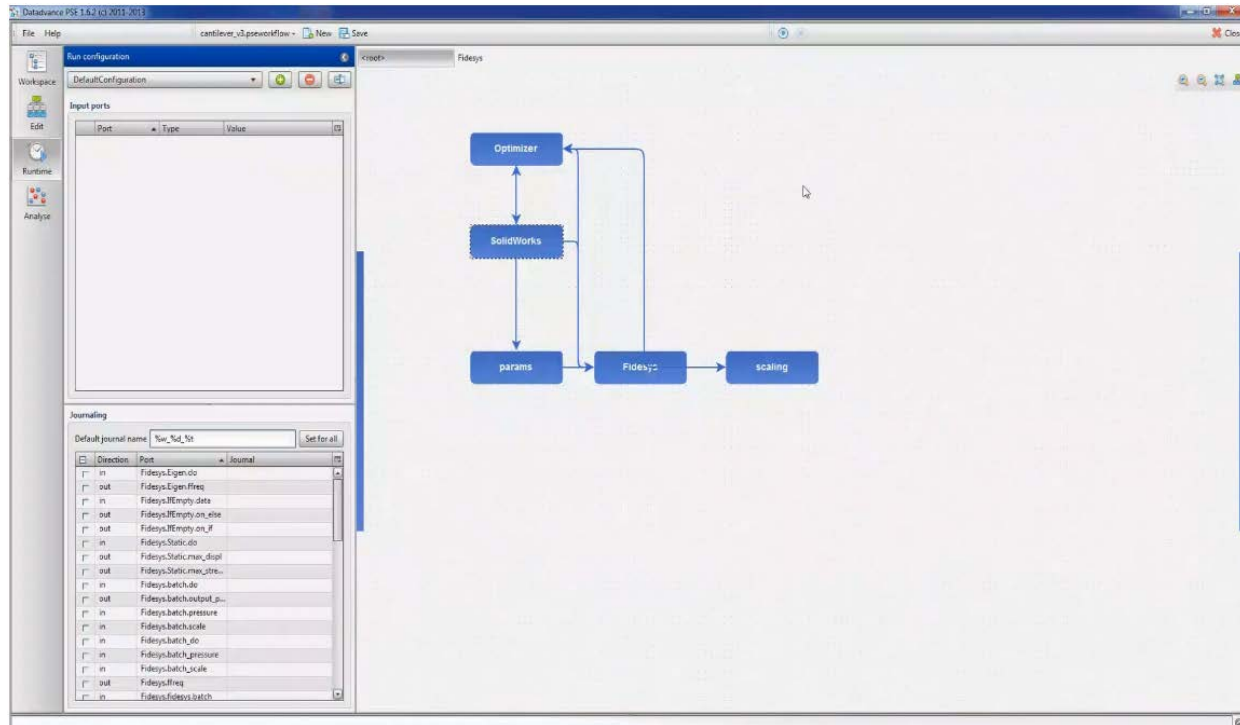


- Экспорт CAD-модели из nanoCAD в Fidesys одним нажатием;
- Автоматизация процесса расчета модели при ее изменении в nanoCAD;
- Возможность проведения оптимизации геометрии модели

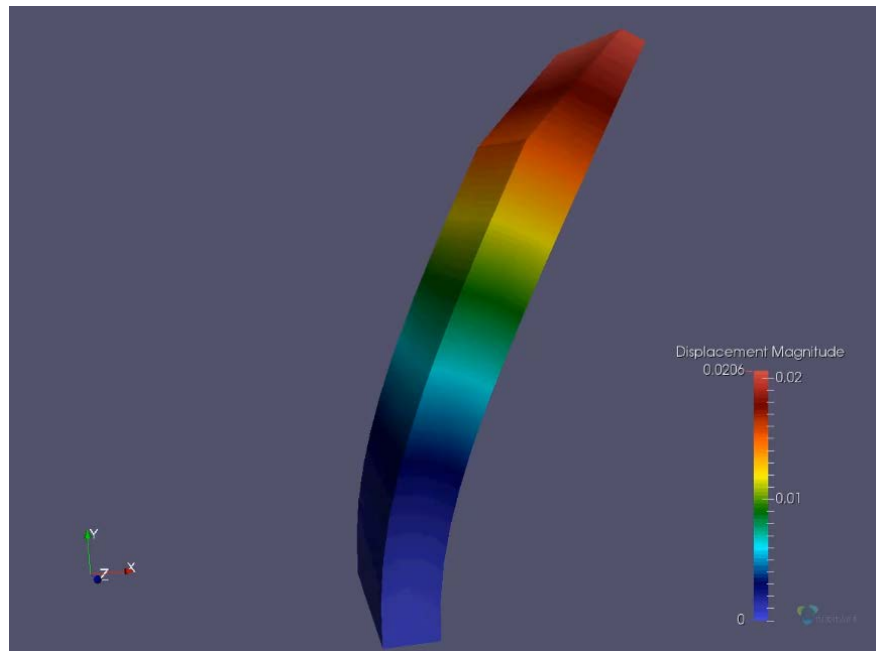
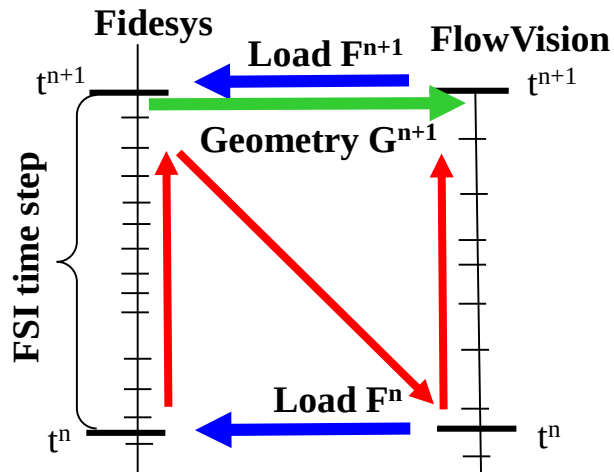


Интеграция с Datadvantage

- 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

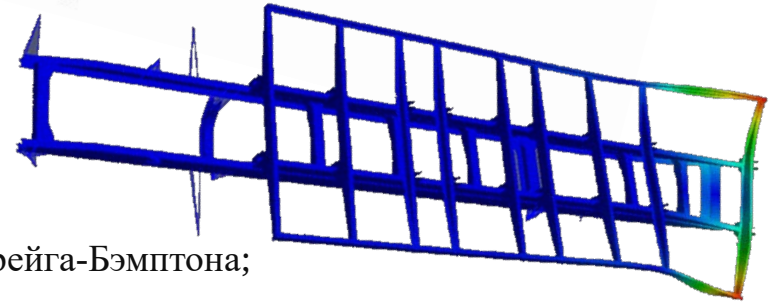
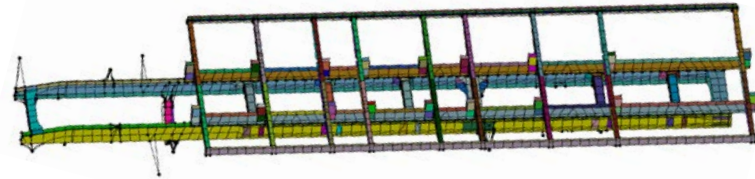
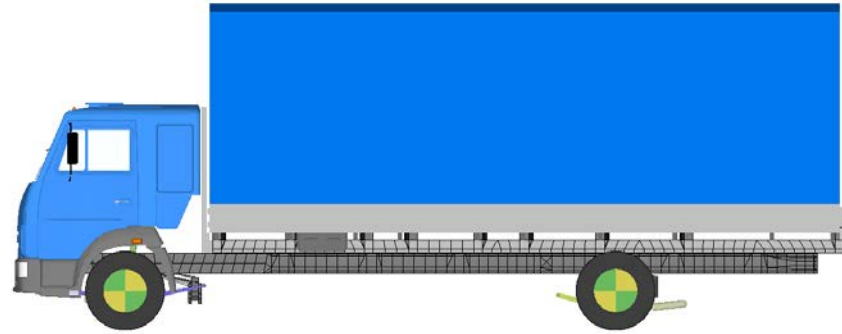
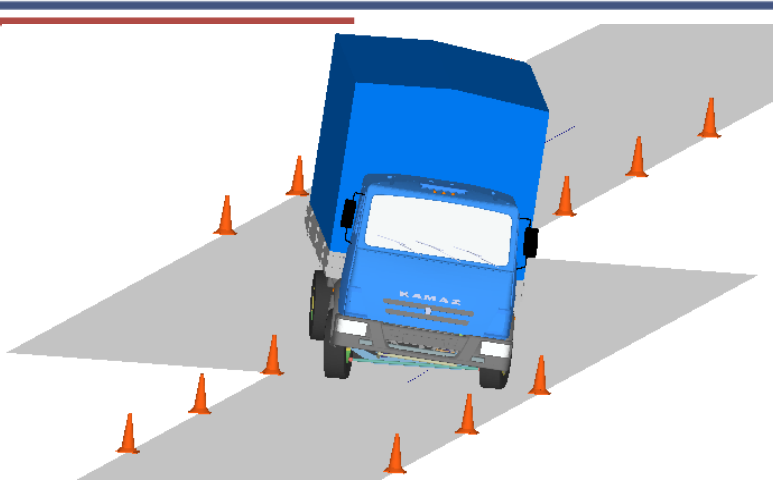


Интеграция с FlowVision



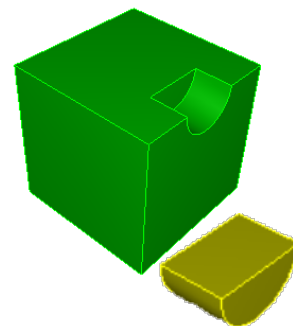
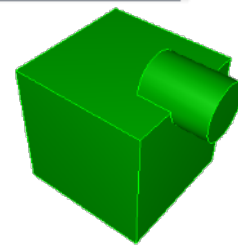
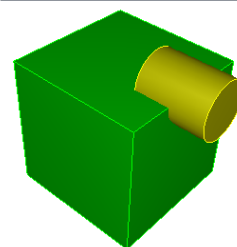
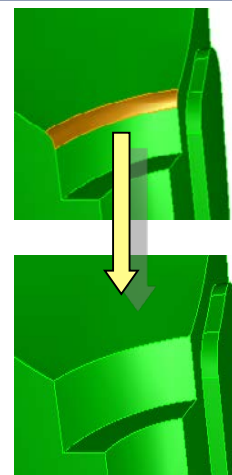
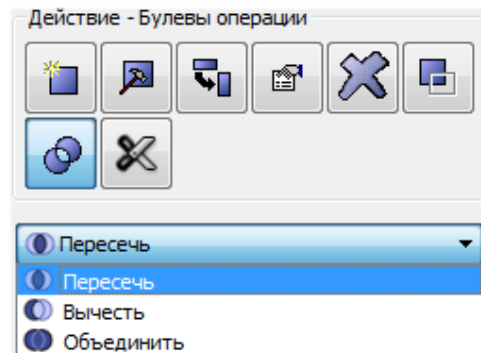
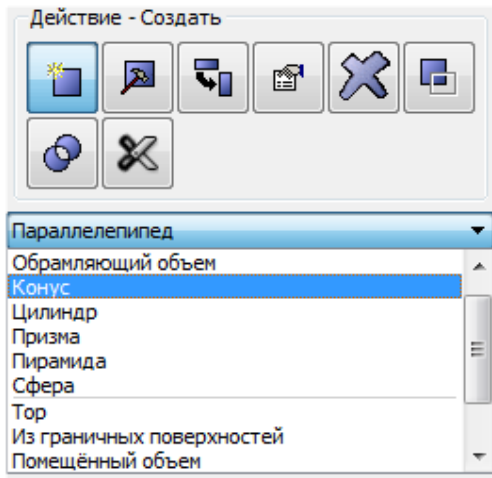
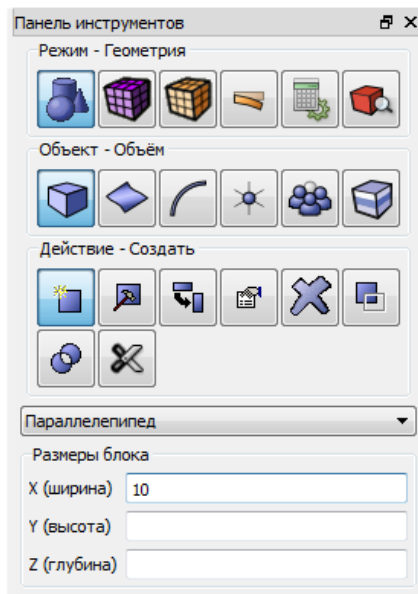
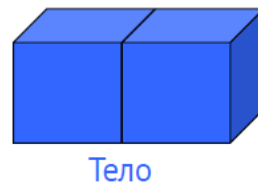
- Решение связанных (FSI) задач;
- Интерфейс прямой интеграции между решателями;
- Использование независимых неконформных расчетных сеток в CFD и FEA решателях.

Интеграция с Euler



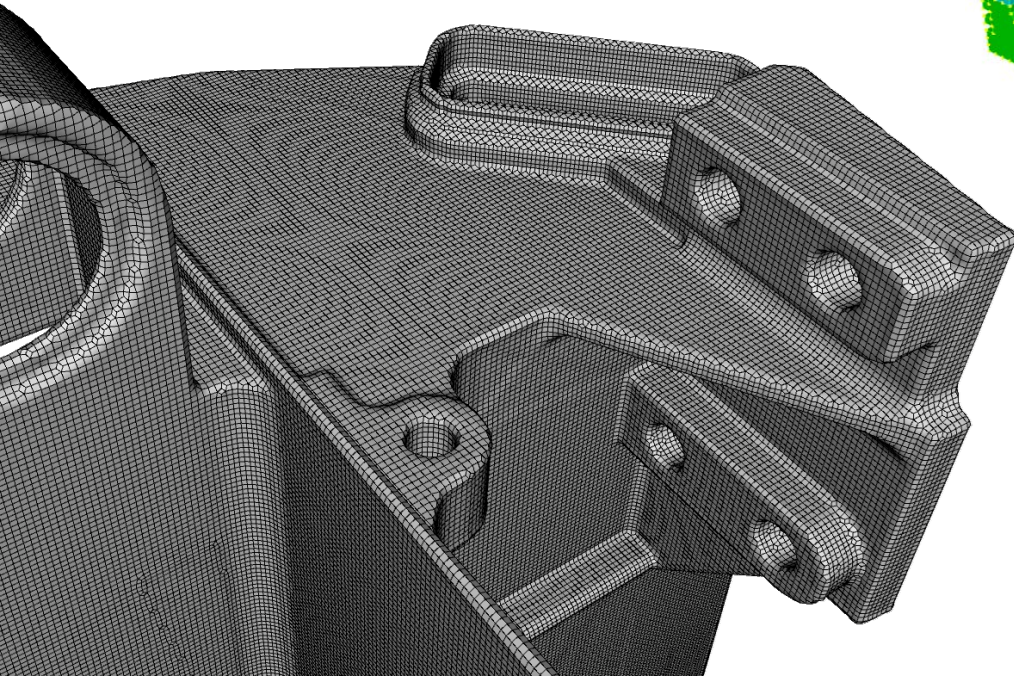
- Расчет динамики механических систем с учетом упругих деформаций отдельных частей;
- Прямая интеграция между пакетами на основе метода Крейга-Бэмптона;
- Учет изменения параметров движения и структуры механизма на напряженно-деформированное состояние детали.

Геометрический движок

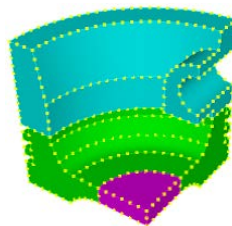


Мощный сеточный генератор

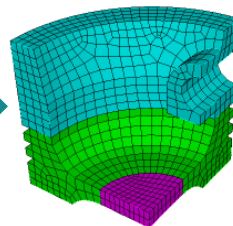
Сеточный генератор Fidesys имеет инструменты для построения и анализа сеток на моделях любой сложности



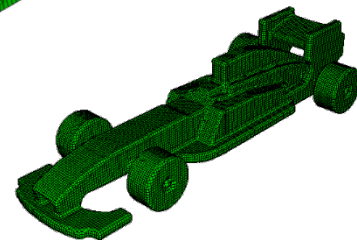
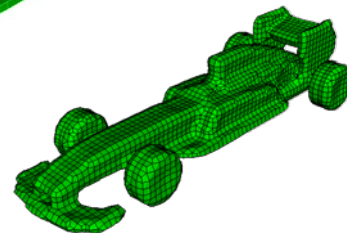
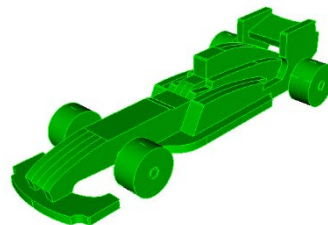
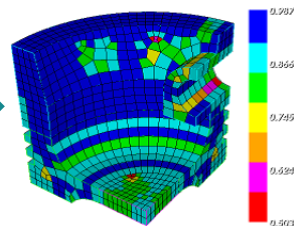
1. Установка шагов сетки



2. Построение сетки

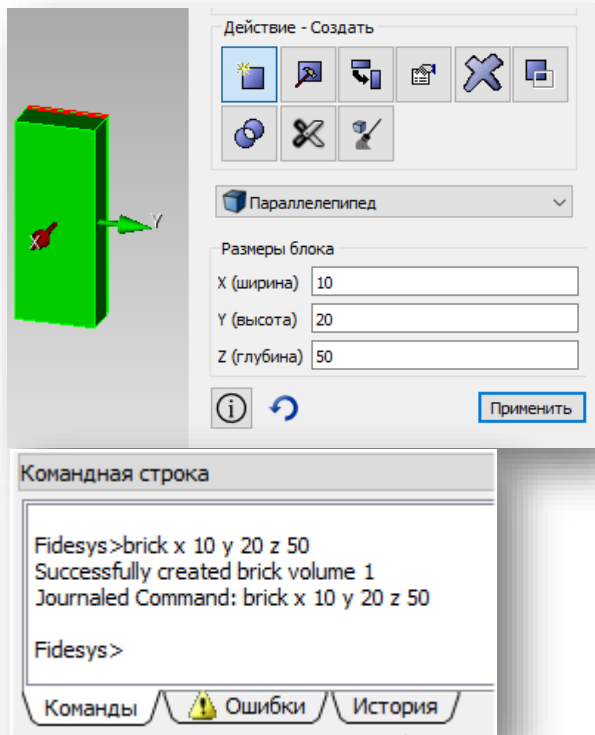


3. Проверка качества



Скриптовый язык APREPRO

Скриптовый язык Fidesys позволяет не только сохранять действия построения модели, но и использовать циклы и условия для работы со сложной периодической геометрией и свойствами модели



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

```
bri x 10
cyl radius 2 z 12
subtract vol 2 from vol 1
vol 1 size 0.5
vol 1 scheme auto
mesh vol 1
```

Материалы и свойства



Имеется обширная библиотека свойств материалов, также можно осуществлять импорт материалов из файла, возможно задавать зависимость любого из свойств материала от различных параметров – координат, времени, частоты и др.

Управление материалами

Свойства

Упругость

Материал Гука

Материал Муни-Ривлина

Материал Блейца-Ко

Материал Мурнагана

Ортотропный материал

Трансверсально изотропный материал

Общие

Плотность

Коэффициент постоянного демпфирования

Коэффициент массового демпфирования

Коэффициент демпфирования жёсткости

Прочность

Изотропная прочность

Пластичность

По Мизесу

Первый критерий прочности Друкера-Прагера

Второй критерий прочности Друкера-Прагера

Материал

ID

Material2

Укажите имя материала

Импортированный материал

Углеродистая сталь

Сталь ГОСТ 4543-71

Резина

Кевлар

Титан

Упрочнение

Линейное изотропное, тип 2

Полилинейное изотропное

Температурные свойства

Температурные изотропные

Температурные трансверсально изотропные

Температурные ортотропные

Коэффициент удельной теплоемкости

Излучательная способность

Константа Стефана-Больцмана

Геоમેchanics

Изотропная модель Био

Трансверсально изотропная модель Био

Ортотропная модель Био

Преднапряжение

Начальное напряжение

Начальная деформация

Начальная пластическая деформация

Начальный градиент деформации

Начальная деформация Фингера

Начальное тепловое напряжение

Свойства

Напряжения/деформации

Свойства материала

Значение

Material

Материал Гука

Модуль Юнга0

Коэффициент Пуассона0

Изотропная прочность

Предел прочности0

Предел прочности на сжатие0

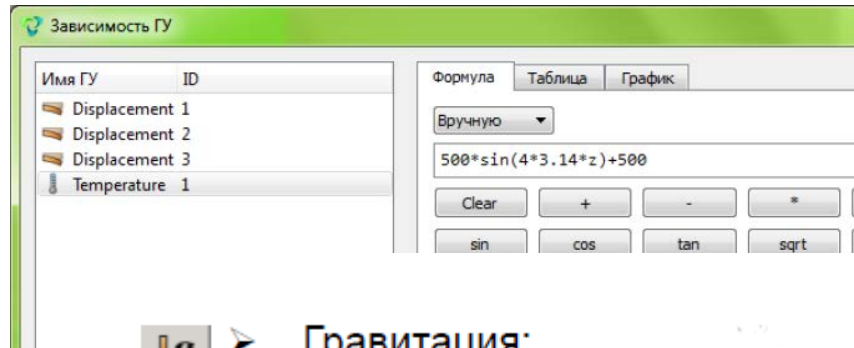
По Мизесу

Предел текучести0

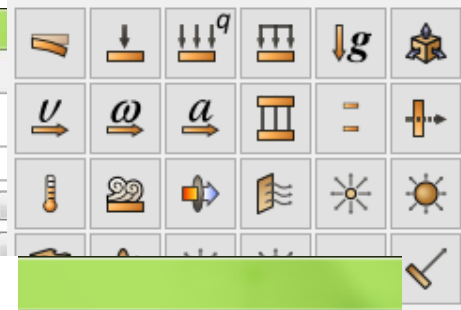
Граничные и начальные условия

Fidesys позволяет не только задавать обширный набор различных ГУ и НУ, но и задать их зависимость от различных параметров в виде формул или таблично

-  ➤ Точечная сила;
-  ➤ Давление;
-  ➤ Тепловой поток;
-  ➤ Перемещение;
-  ➤ Температура;
-  ➤ Конвекция;
-  ➤ Ускорения;
-  ➤ Скорости;
-  ➤ Контактная пара;
-  ➤ Распределенная сила;



-  ➤ Гравитация;
-  ➤ Напряжения;
-  ➤ Угловая скорость;
-  ➤ Связи;
-  ➤ Неотражающее условие;
-  ➤ Поровое давление.



Зависимость ГУ		
Формула Таблица График		
Z	Значение	
-5	515.924	
-4.89899	981.851	
-4.79798	770.811	
-4.69697	179.3	
-4.59596	38.3502	

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

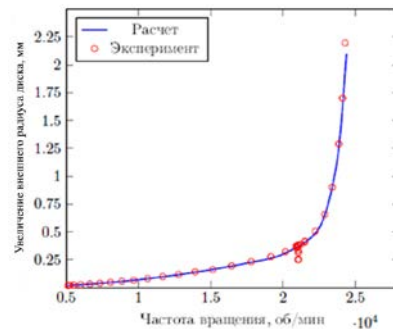
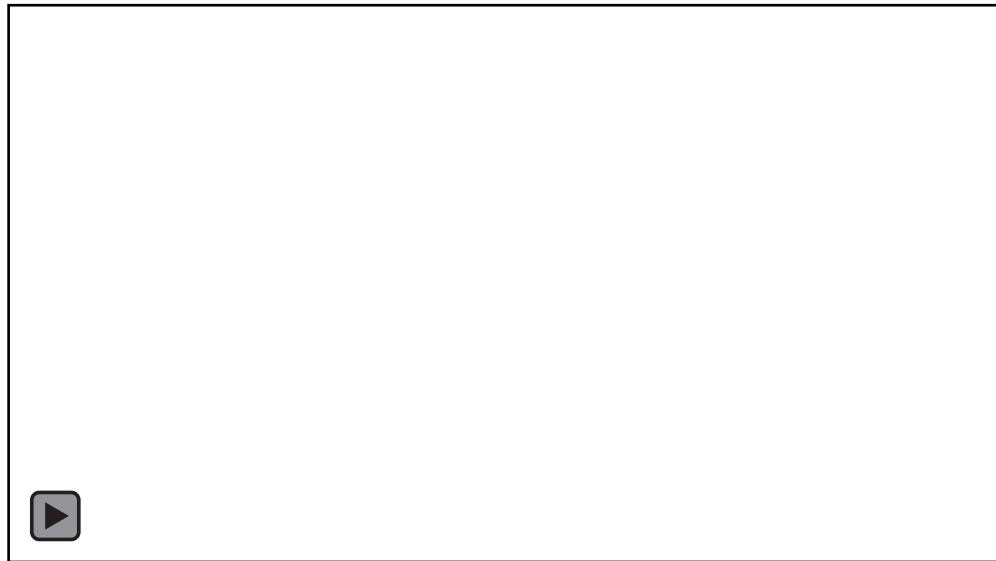
Постпроцессинг - Fidesys Viewer

Моделирование больших пластических деформаций

Разгонные испытания диска в ЦИАМ



Использование программы Фидесис для моделирования развития больших пластических деформаций во вращающемся диске. С. М. Абрамов, С. А. Амелькин, Л. В. Ключев, К. Ю. Крапивин, Ю. А. Ножницкий, А. Н. Серветник, А. А. Чичковский / Чебышевский сборник. Том 18. Выпуск 3, сс. 15-27.



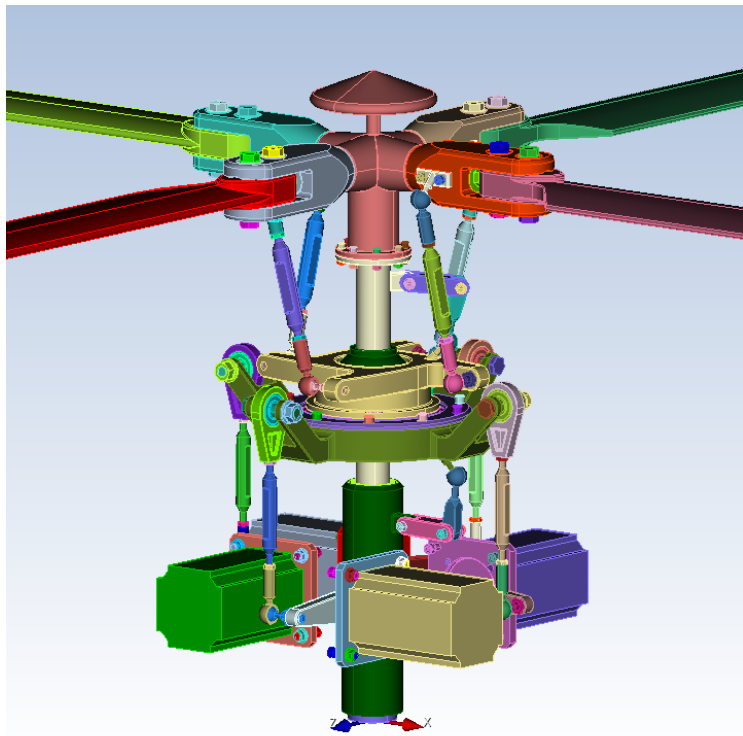
Динамика по неявной схеме

Задачи кинематики механизмов



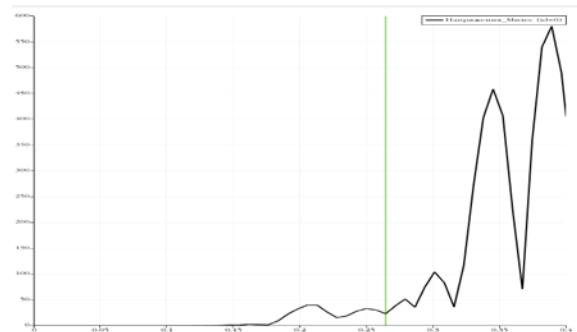
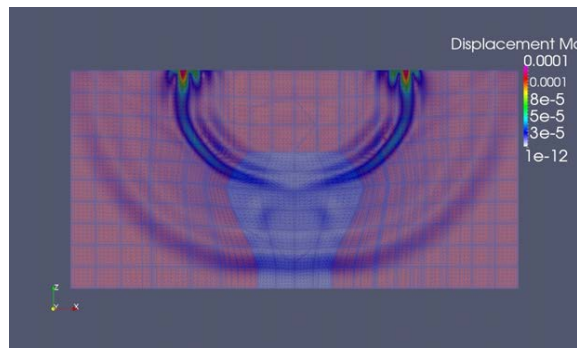
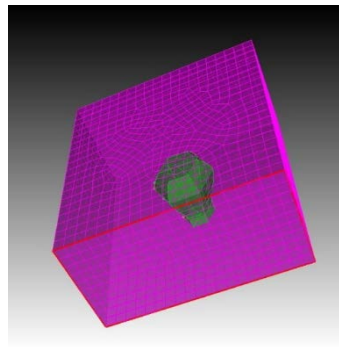
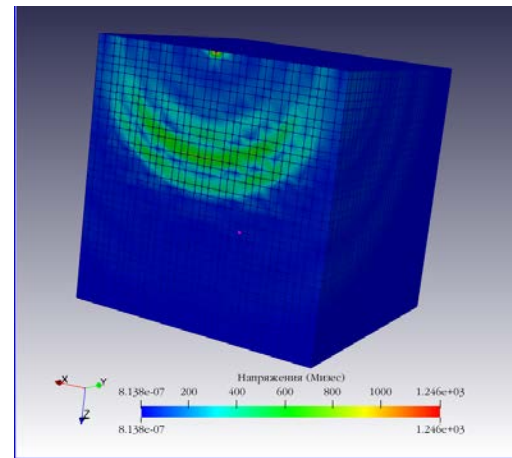
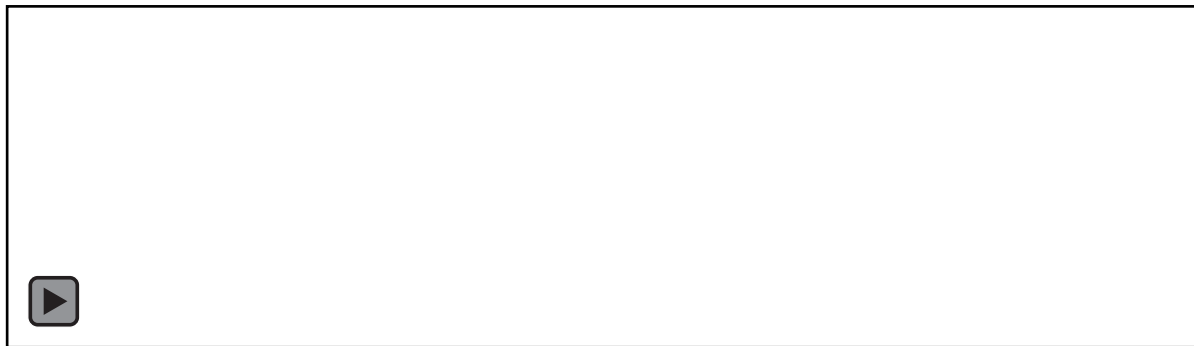
Динамика по неявной схеме

Задачи кинематики механизмов

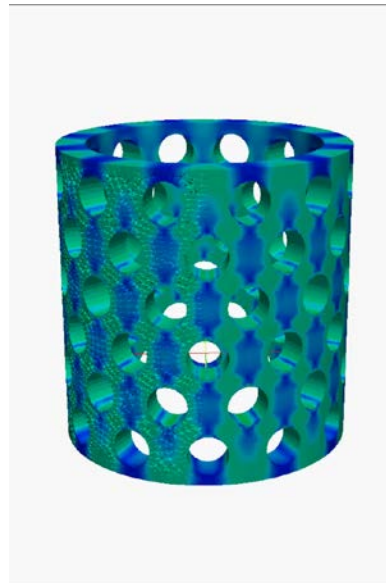
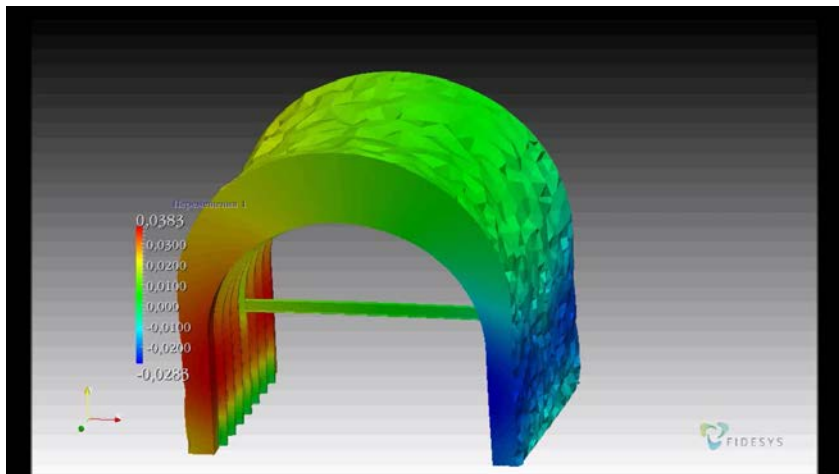


Моделирование волновых процессов (явная схема)

В металле и грунтах (учет отражений/неотражающее ГУ)



Комплексные нелинейные задачи



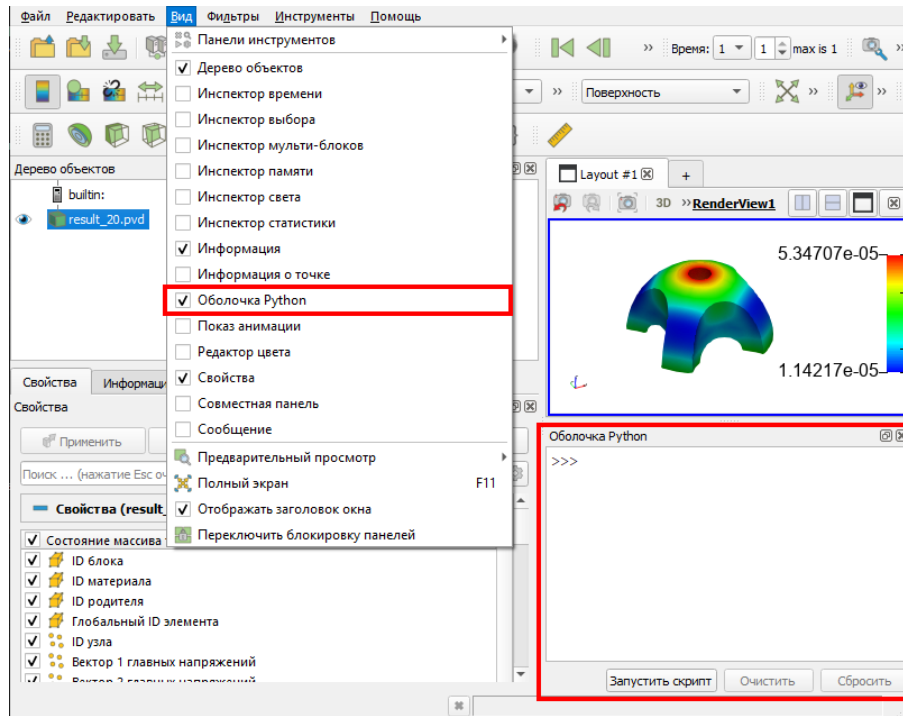
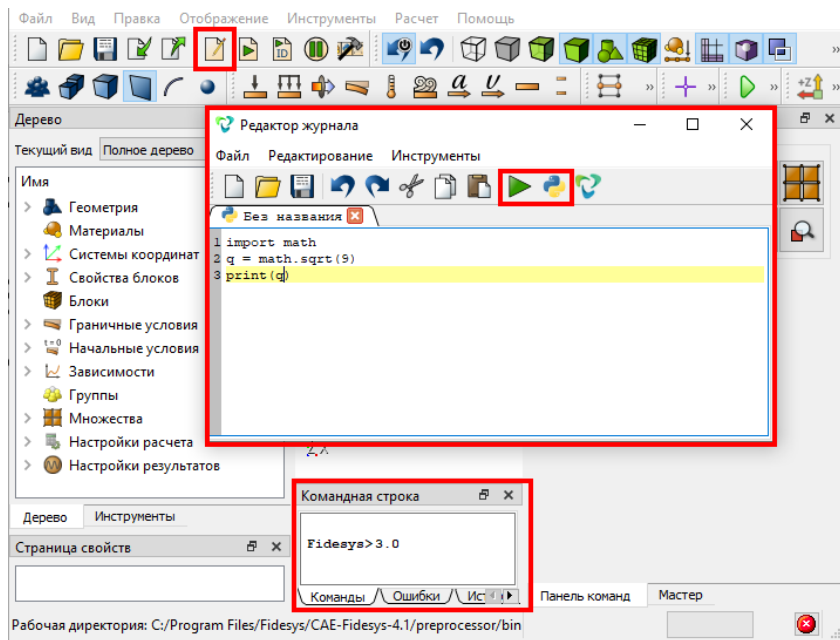
Задачи механики разрушения

Падение бетонного контейнера НЗК с РАО на жесткое основание



Python внутри Fidesys

Внутри препроцессора и постпроцессора есть свои интерпретаторы кода



Требования и запуск

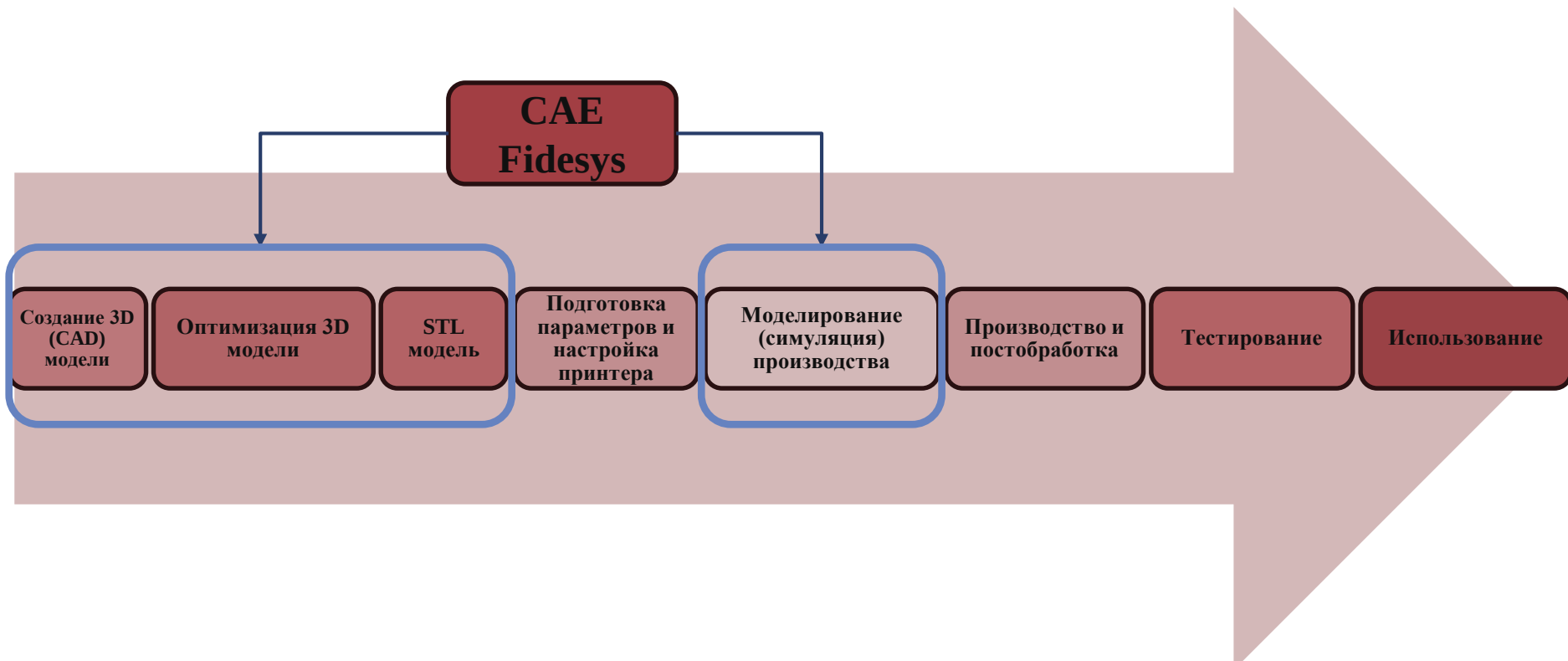


- Python v.3.8 выше
- Библиотека vtk – для чтения результатов
- Библиотека numpy – для преобразования результатов
- Библиотеки sys и os – для работы с путями к файлам
- Библиотеки cubit и fidesys – для препроцессинга данных

```
import vtk
from vtk.util.numpy_support import vtk_to_numpy, numpy_to_vtk
import sys
import os
fidesys_path = r'C:\Program Files\Fidesys\CAE-Fidesys-4.0'
base_dir = os.path.dirname(os.path.abspath(__file__))
pvd_file = os.path.join(base_dir, '1.pvd')
result_dir = os.path.join(base_dir, 'results')
prep_path = os.path.join(fidesys_path, 'preprocessor', 'bin')
calc_path = os.path.join(fidesys_path, 'bin', 'FidesysCalc.exe')
os.environ['PATH'] += prep_path
sys.path.append(prepare_path)
import cubit
import fidesys
fidesys.cmd('brick x 1.640 y 1.640 z 1.355')
```

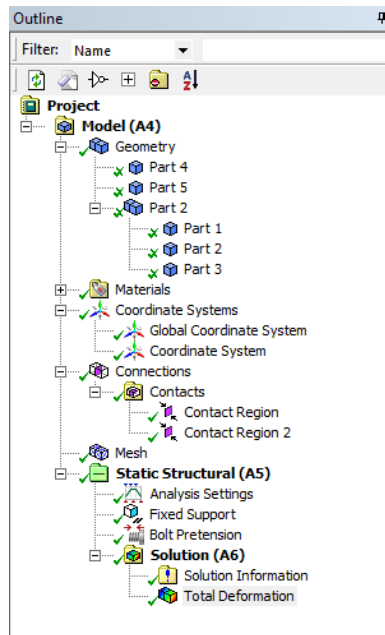
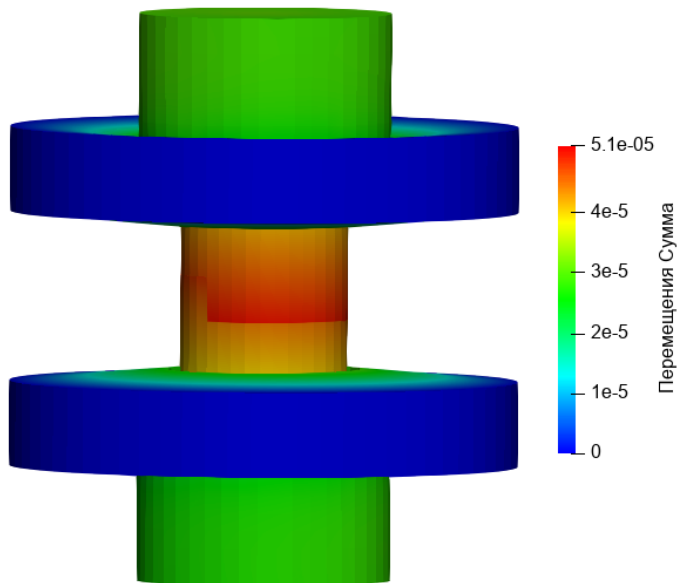

Fidesys и Аддитивные технологии

Место CAE Fidesys в цепочке аддитивного производства

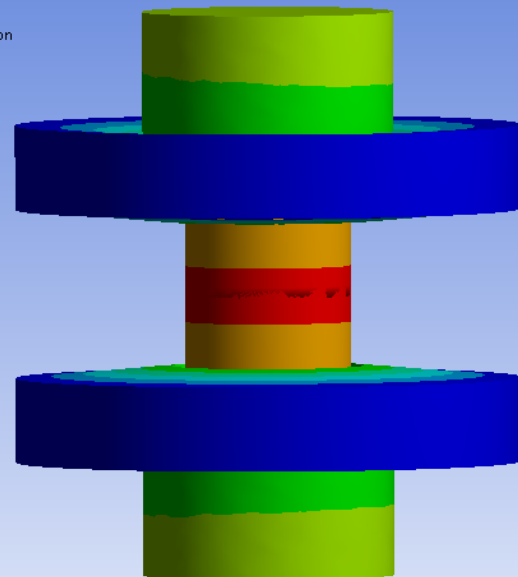
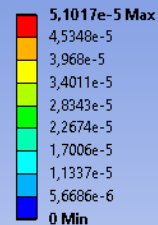


Сравнение с другими программными комплексами

Расчет преднатяга болтового соединения

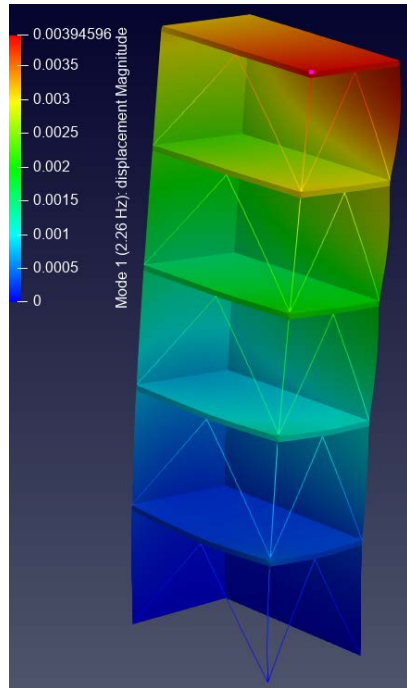


A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 1
16.03.2022 12:20

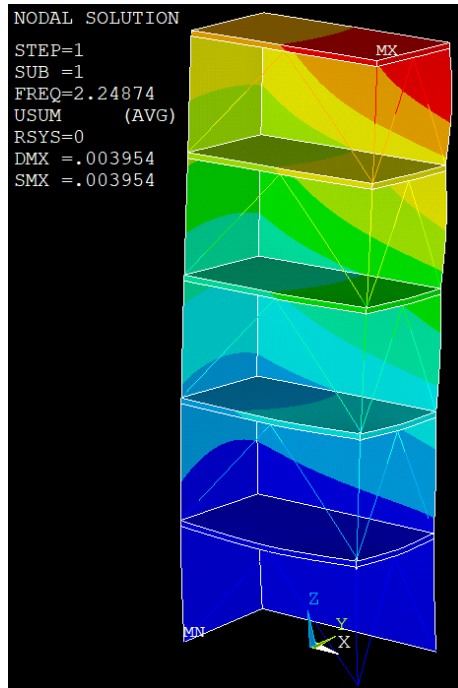


Модальный анализ этажерки

1 форма колебаний

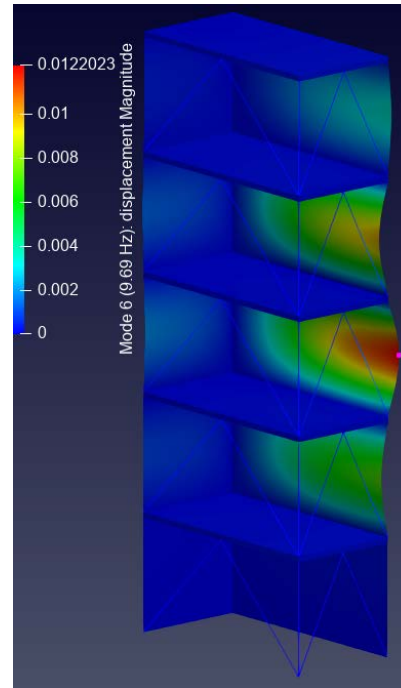


Fidesys

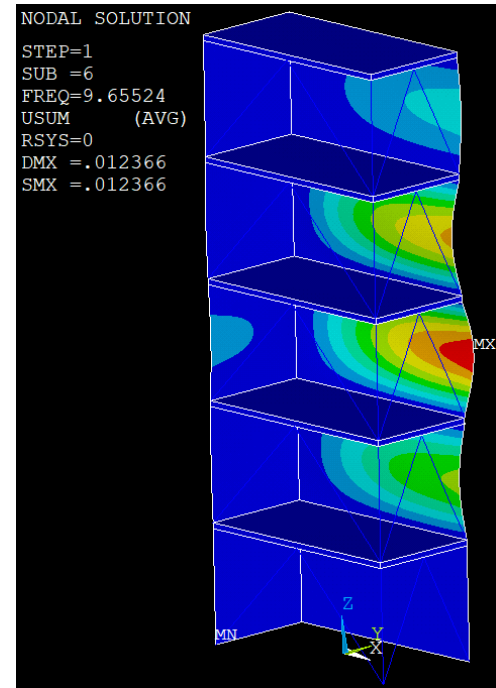


ANSYS

6 форма колебаний



Fidesys

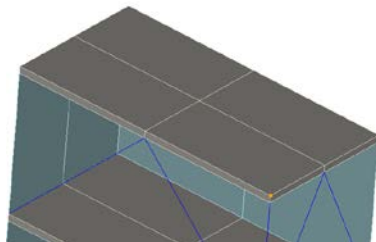


ANSYS

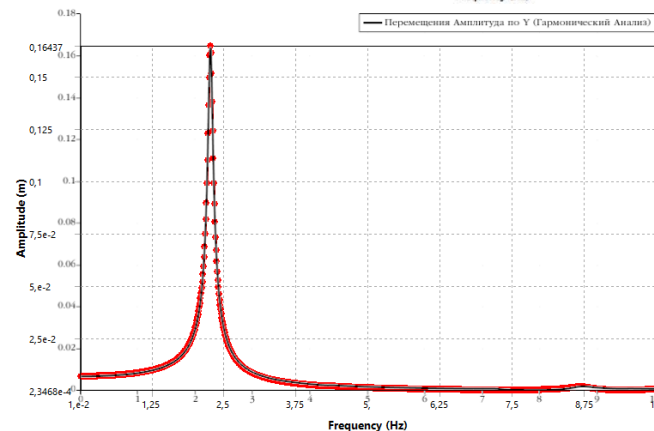
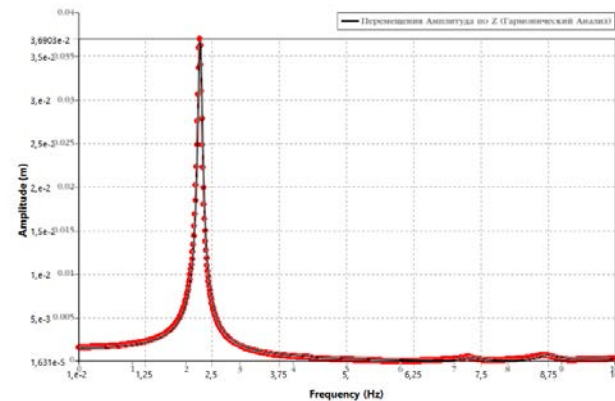
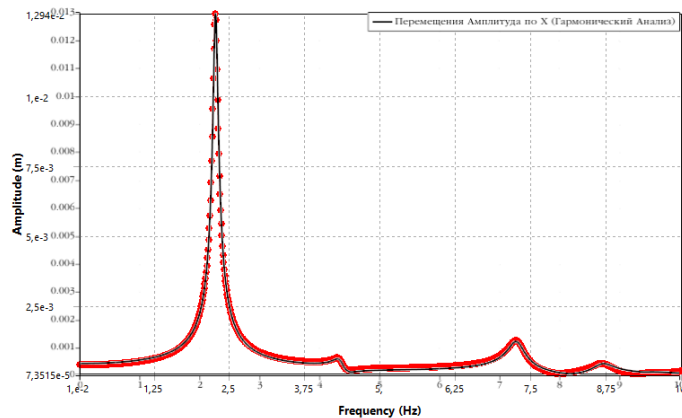
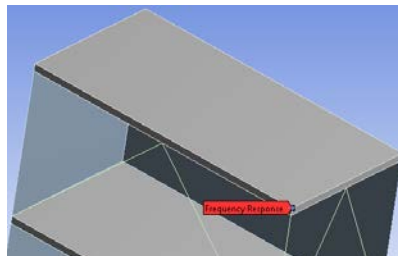
Гармонический анализ этажерки

с демпфированием 0,02

Fidesys



ANSYS WB



Опыт применения CAE Fidesys в МЭИ

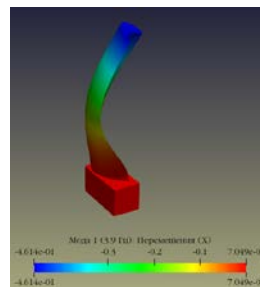
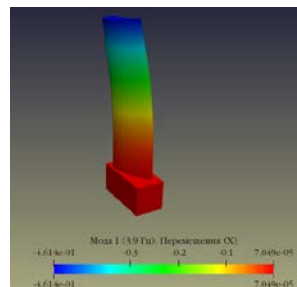
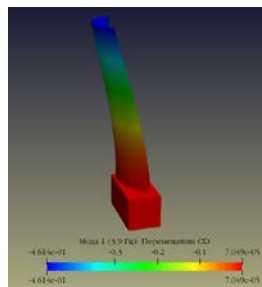
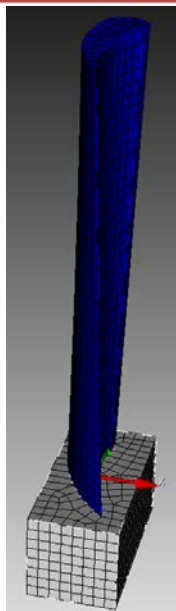


Производственная практика студентов 3-го курса ЭиМиИ в
ФГУП «НПЦ газотурбостроения «САЛЮТ» КБ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАЗРАБОТОК
обучающихся по направлению 15.03.03 - прикладная механика

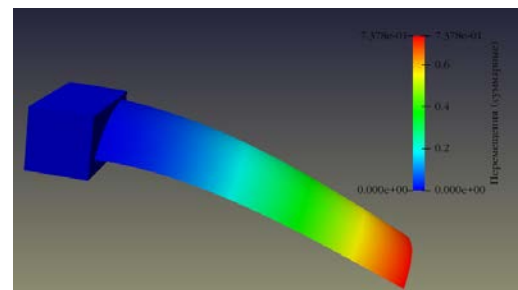
Проведение усталостных испытаний лопаток направляющих аппаратов 1 ступени

Для уменьшения времени проведения испытаний требуется определить частоты максимально возможного количества возбуждаемых резонансных форм, исследовать распределение напряжений в лопатке по выявленным в формам

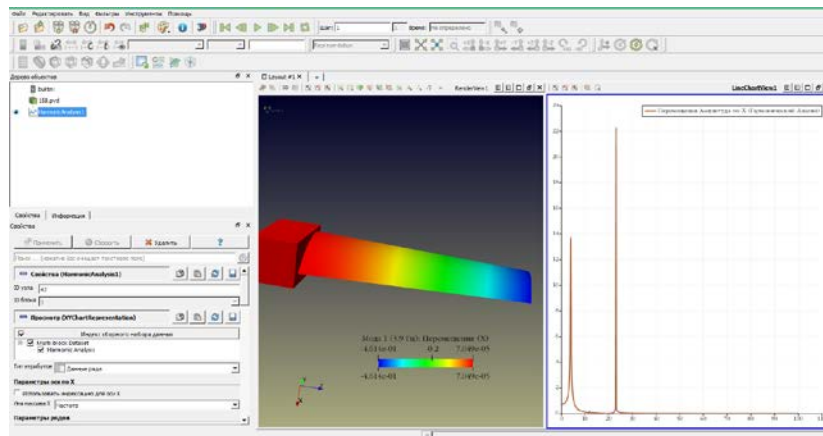
Расчет лопатки



Модальный анализ

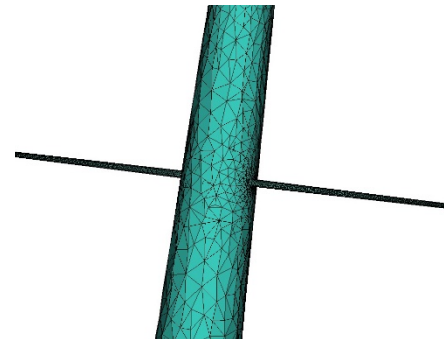
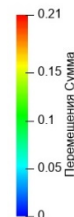
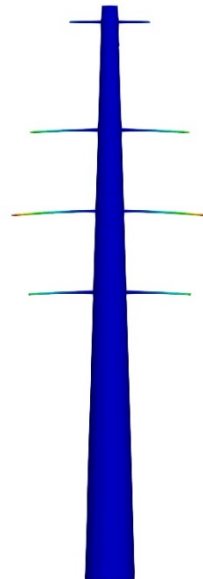
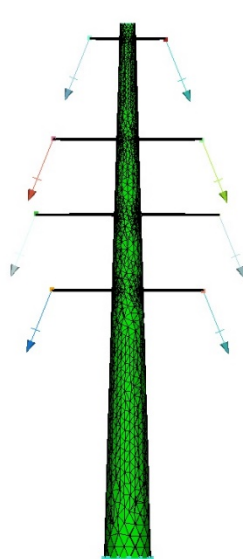


Статический расчет

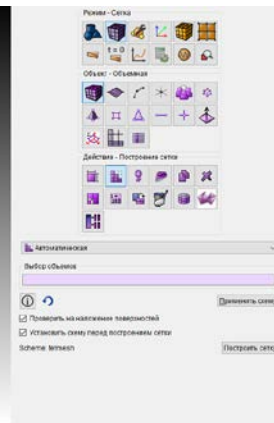
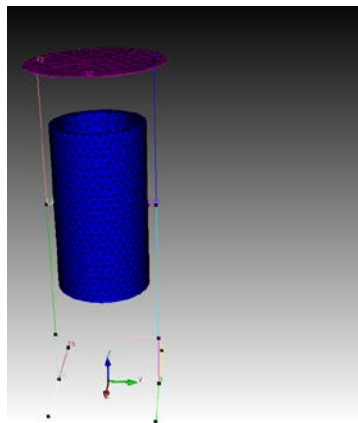
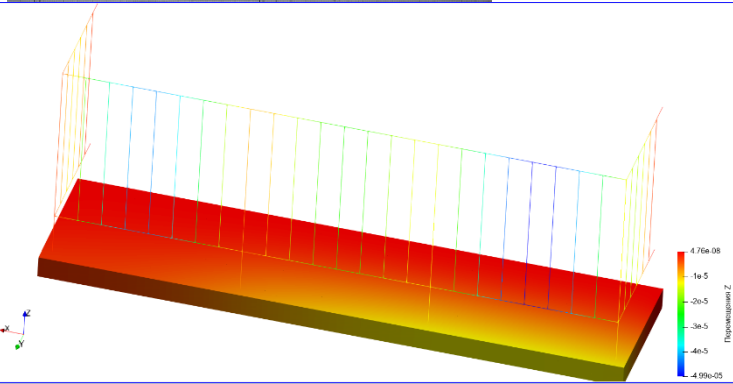
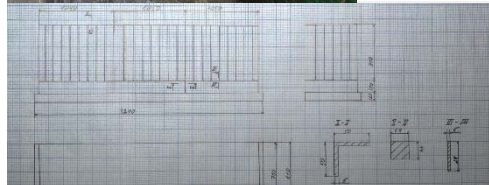
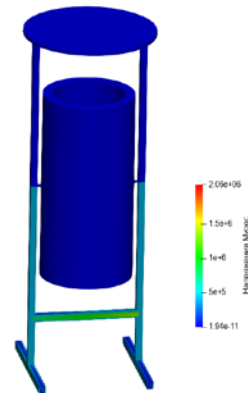
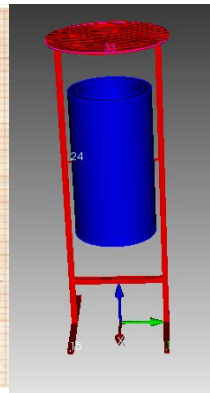
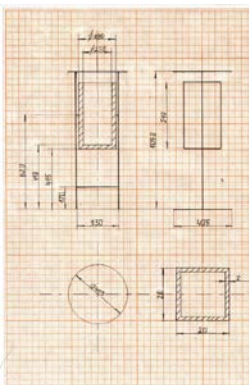
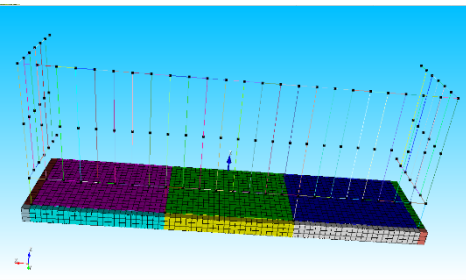


Частотный анализ

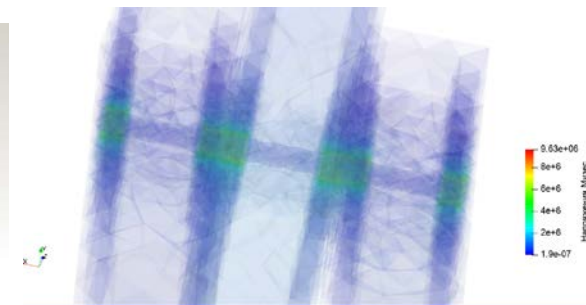
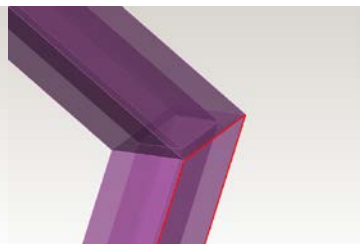
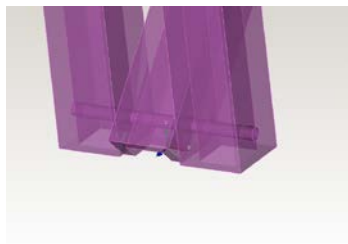
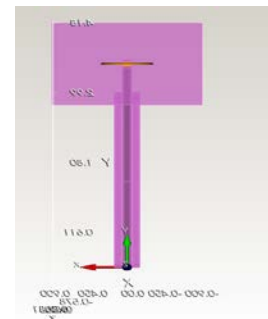
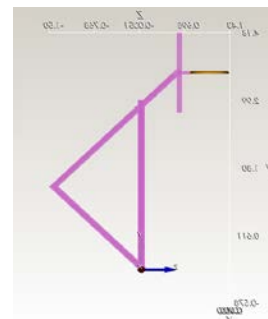
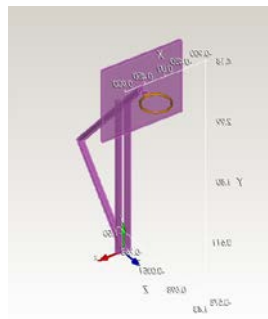
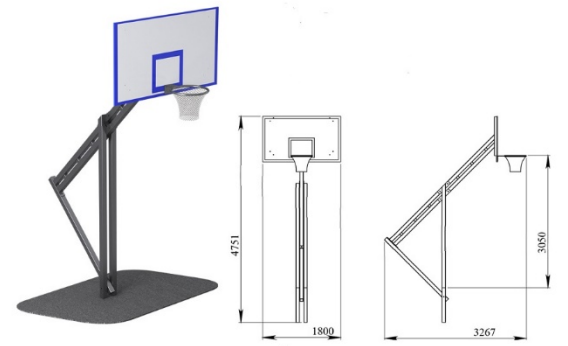
Работы студентов 2-го курса направления подготовки теплоэнергетика и теплотехника



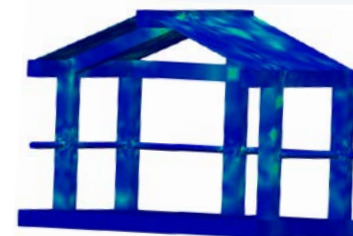
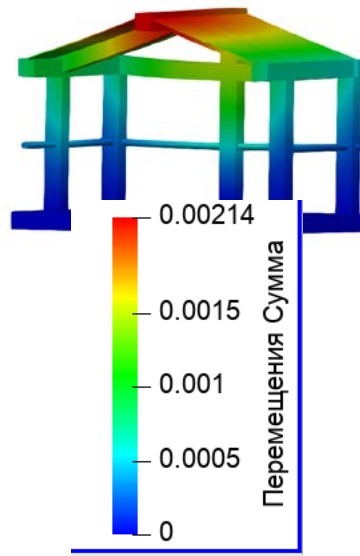
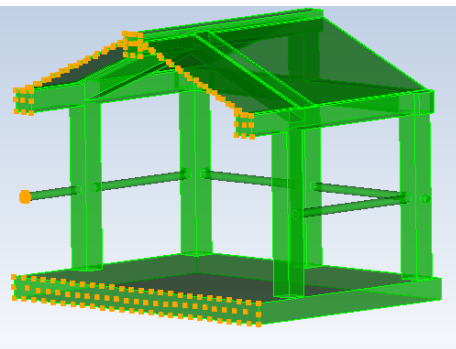
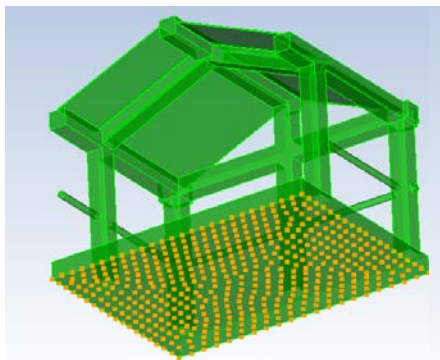
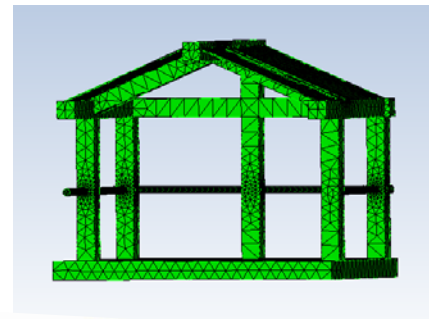
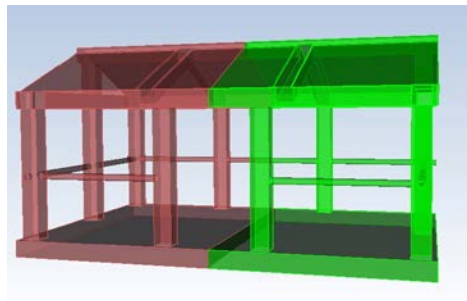
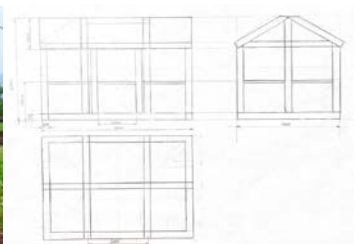
Работы студентов 2-го курса направления подготовки теплоэнергетика и теплотехника



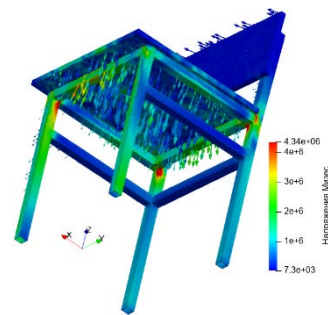
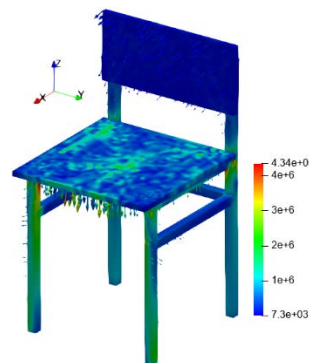
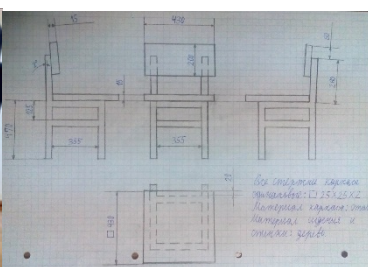
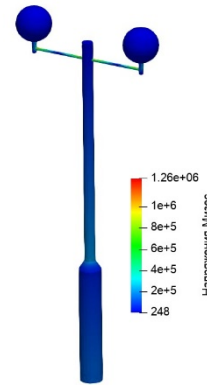
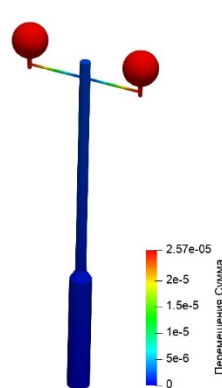
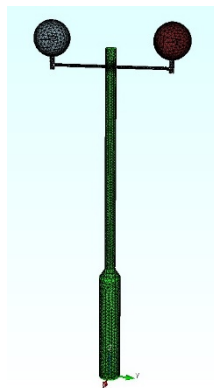
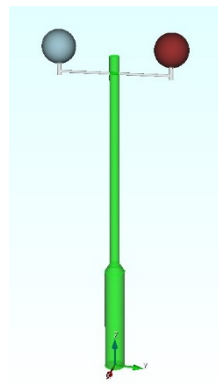
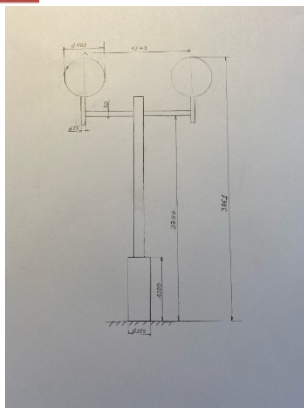
Работы студентов 2-го курса направления подготовки теплоэнергетика и теплотехника



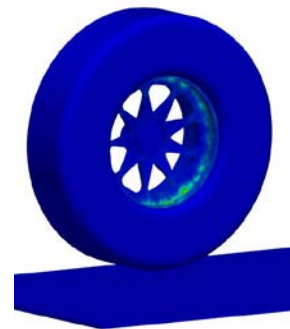
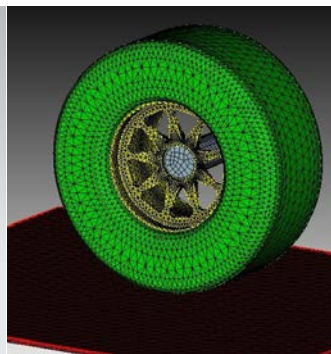
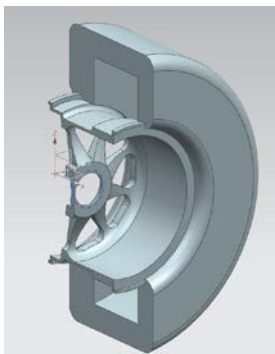
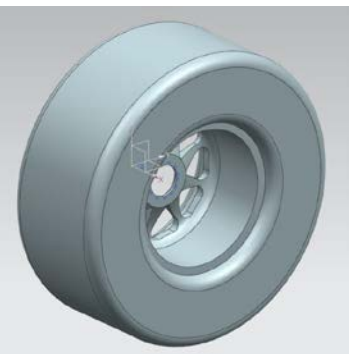
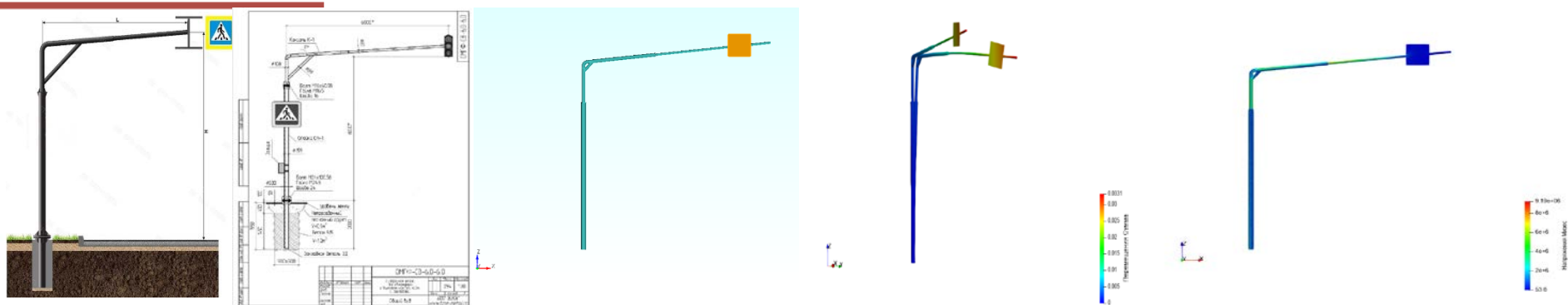
Работы студентов 2-го курса направления подготовки теплоэнергетика и теплотехника



Работы студентов 2-го курса направления подготовки теплоэнергетика и теплотехника



Работы студентов 2-го курса направления подготовки теплоэнергетика и теплотехника



Спасибо за внимание!