

Образовательная технология

Сквозное предметно-ориентированное проектирование

в новой дисциплине:

«Математическое и компьютерное моделирование механических систем»

Попов В.Ю., к.т.н.

Доцент кафедры РМДиПМ ЭнМИ.

Научный сотрудник «Института автоматизации проектирования РАН».

Руководитель направления внедрения и тех. сопровождения разработок ООО «Фидесис».

ПРОБЛЕМА, ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, НАПРАВЛЕННОСТЬ

Основная информация

Проблема: снижение усваиваемости материала из-за

- оторванности материала от прикладных задач и натуральных объектов (в ряде случаев и абстрактности);
- оторванности друг от друга знаний разных смежных дисциплин;
- оторванности преподаваемого материала от реально используемых в практике подходов;
- сравнительно низкой эффективности классических подходов относительно современных комбинированных вариантов в условиях нового типа потребления информации (онлайн и видео контент, нейросетевые чаты).

Цель: создание сквозного образовательного процесса, в котором

- минимизирована абстрактность и обобщенность (в отрыве от конкретных примеров);
- ставка сделана на получение прикладного и предметно-ориентированного результата;
- применены самые современные технологии с упором на визуализацию и «приземление».

Задачи:

- сформировать процесс, увязанный с прикладными задачами и практическими подходами;
- сформировать процесс, увязанный с сопутствующими/смежными дисциплинами;
- сформировать материал, позволяющий использовать современные типы потребления информации.

Образовательная технология направлена на подготовку специалистов с самым актуальным набором прикладных навыков и компетенций, способных разрабатывать законченные комплексные решения для обеспечения цифровой трансформации и технологической модернизации современного производства.

ВНЕДРЕНИЕ И АПРОБАЦИЯ

В рамках ООО «Фидесис»

Опыт внедрения:

Образовательная технология была внедрена в ООО «Фидесис» и апробирована в рамках обучений прикладному пакету для прочностного инженерного анализа CAE Fidesys в течение 4 лет. Выдано более 150 сертификатов.

География апробации

(где обучение проводил лично Попов В.Ю.):

Обучение партнеров и интеграторов ООО «Фидесис»:

АО «МЦД», АО «ПЛМ Урал», АО «Нова инжиниринг», ГК Борлас (CAE подразделение), ГК СиСофт (CAE подразделение) и др.

Предприятия Росатома:

АО «НИКИЭТ», АО «НИИ НПО «ЛУЧ», АО «Атомтехэнерго» (филиал Балаково) и др.

Другие организации:

ОАО «Красцветмет», АО «ОКБ «Кристалл», ООО «Алитер-Акси», ООО Лаборатория «Вычислительная механика», ООО «Спецтехномаш», ООО «Клаас» и др.

ВУЗы:

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,
ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»,
ФГБОУ ВО «Сочинский государственный университет»,
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» и др.



ПРИМЕРЫ, УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ, ТИРАЖИРУЕМОСТЬ

Основная информация

В качестве отдельных примеров в сети интернет:

https://vkvideo.ru/video-134836739_456239357

https://vkvideo.ru/video-134836739_456239352

а также все ролики канала <https://vkvideo.ru/@fidesys/>

и все материалы портала <https://fidesys-solvers.ru/>

дополнительно: <https://lmsfidesys.glide.page/>

Технология является 100% тиражируемой

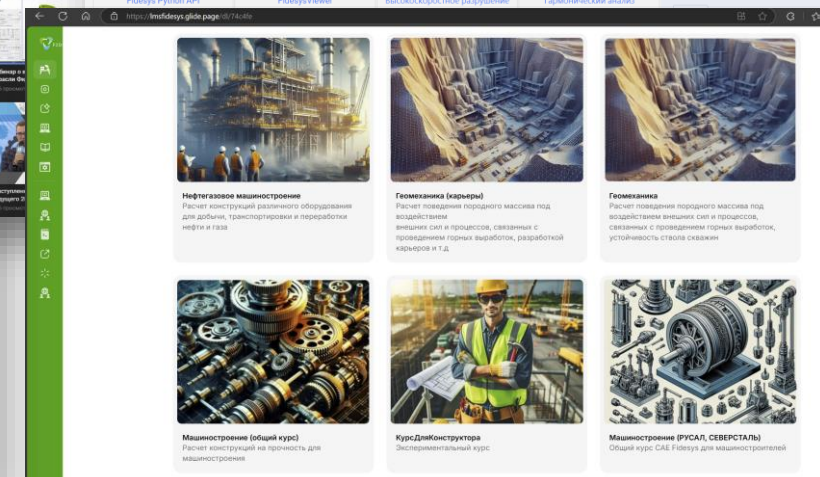
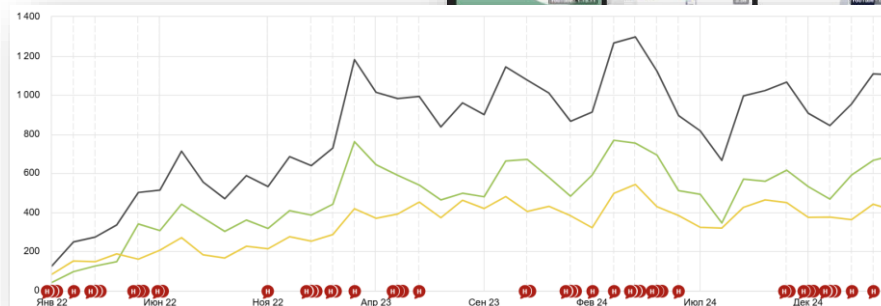
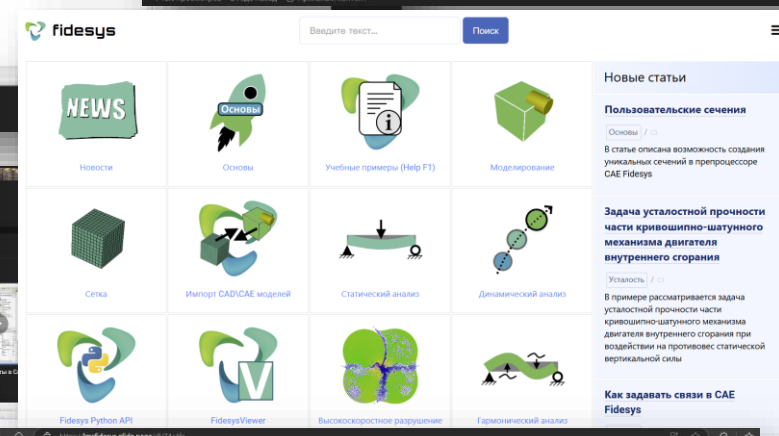
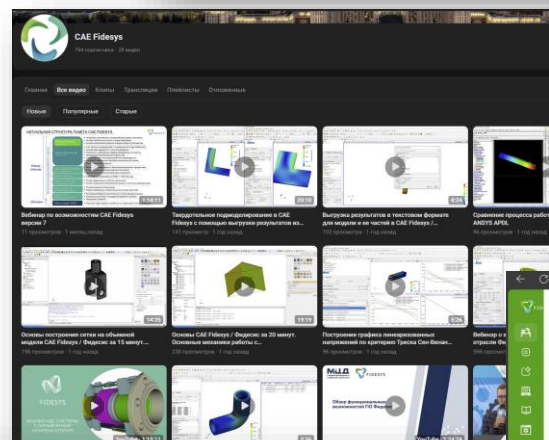
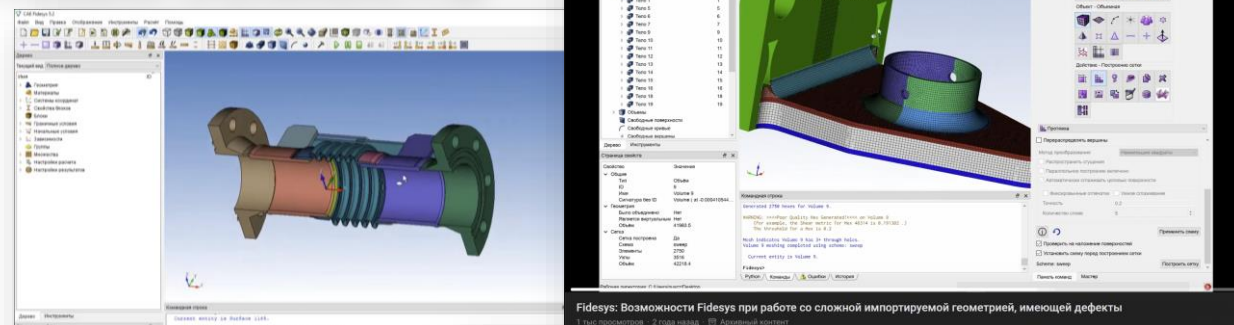
и универсальной, что подтверждается

воспроизведением процесса

обучения на предприятиях

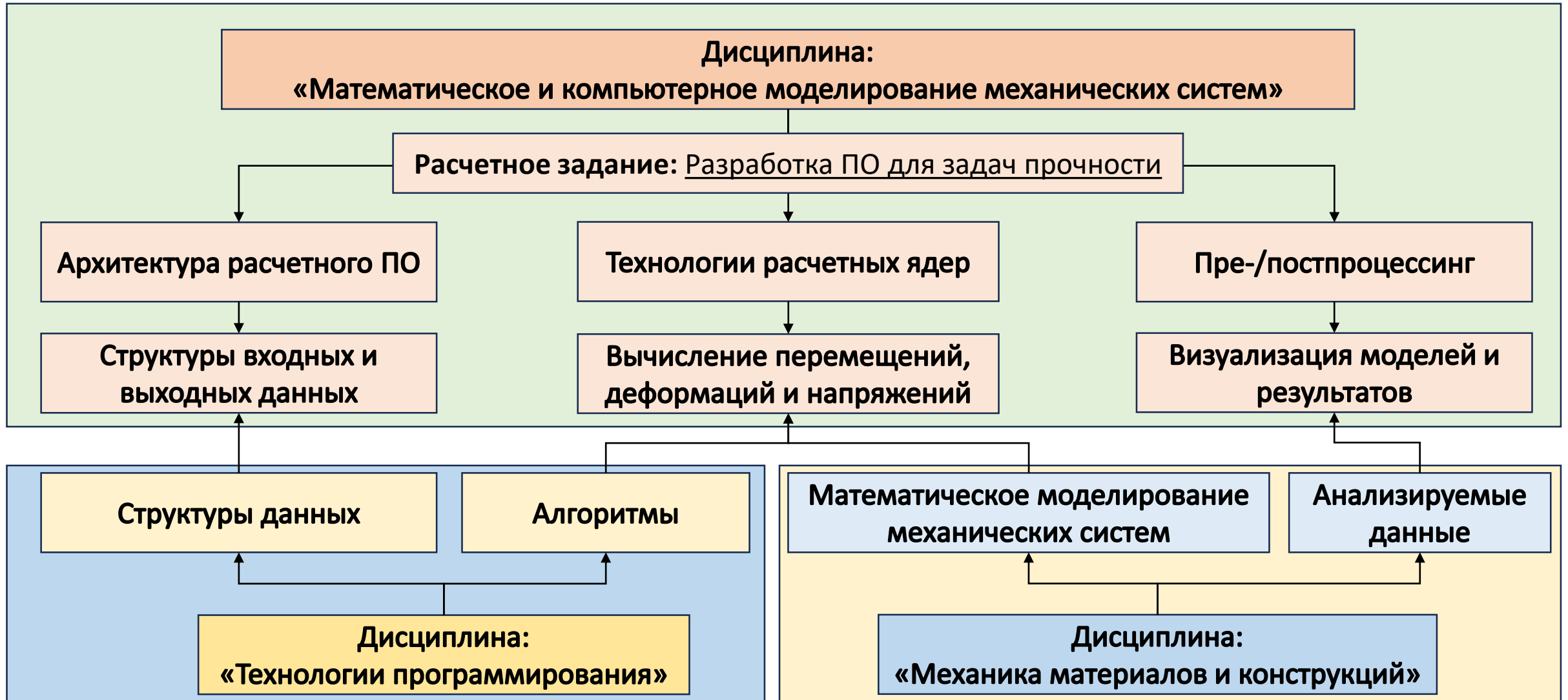
различного профиля

в течение 4 лет.



СКВОЗНОЙ ПРОЦЕСС ЧЕРЕЗ ИНТЕГРАЦИЮ

Интеграция с программой смежных дисциплин. Концепция



СКВОЗНОЙ ПРОЦЕСС ЧЕРЕЗ ИНТЕГРАЦИЮ

Интеграция с программой смежных дисциплин. Детально

3.4. Темы лабораторных работ

1. Разработка расчетного ядра на C++ для решения задач растяжения-сжатия стержней.
2. Разработка графического препроцессора на языке Python с применением библиотек для подготовки расчетных моделей.
3. Разработка графического постпроцессора на языке Python с применением библиотек для анализа результатов расчетов.
4. Стыковка компонентов программы. Доработка расчетного ядра для решения задач теплопроводности.
5. Доработка расчетного ядра для решения задач изгиба и кручения.
6. Доработка расчетного ядра для решения задач колебаний и устойчивости.
7. Разработка ядра для постпроцессингового анализа. Расчет усталости и запасов.
8. Разработка утилиты автоматизации расчетов CAE Fidesys на основе Python API.

3.3. Темы практических занятий

1. Архитектуры программного обеспечения, структуры и форматы данных.
2. Методы и алгоритмы компьютерного моделирования механических систем.
3. Технологии визуализации данных. 2D и 3D визуализация.
4. Метод конечных элементов. Конечные элементы для стержневых систем.
5. Решение задач статики, колебаний и теплопроводности.
6. Конечные элементы для балочных систем.
7. Конечные элементы для решения плоских задач.

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Разработка приложений в системе C++ Builder;
2. Разработка приложения на языке Python;
3. Разработка классов на основе динамических структур данных;
4. Разработка шаблонов классов;
5. Разработка классов на языке C#;
6. Создание приложения на языке C# на основе Windows Forms;
7. Разработка программы на языке C++ на основе Windows Forms;
8. Программирование на основе Windows API.

3.3. Темы практических занятий

1. Общие понятия механики деформируемого твердого тела;
2. Растяжение сжатие стержней;
3. Кручение стержней;
4. Расчеты на прочность при изгибе;
5. Перемещения при изгибе;
6. Сложные виды деформаций;
7. Расчеты на выносливость;
8. Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений. Критерии прочности;
9. Расчет статически неопределимых систем при изгибе;
10. Расчет толстостенных цилиндров и вращающихся дисков;
11. Безмоментная теория оболочек;
12. Осесимметричный изгиб цилиндрических оболочек;
13. Осесимметричный изгиб круговых пластин;
14. Устойчивость стержней;
15. Колебания механических систем.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

КОМПЕТЕНЦИИ И ИНДИКАТОРЫ

«Математическое и компьютерное моделирование механических систем»

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-2 Способен применять методы математического и алгоритмического моделирования, современный математический аппарат в научно-исследовательской и опытно конструкторской деятельности	ИД-1 _{ОПК-2} Определяет и применяет технологии и инструментальные средства для решения прикладных задач	знать: - основы математического и компьютерного моделирования механических систем. уметь: - разрабатывать программы на языках высокого уровня для решения задач моделирования механических систем.
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ИД-1 _{ОПК-4} Выбирает современные информационно-коммуникационные технологии для решения прикладных задач	знать: - архитектуры прикладного расчетного программного обеспечения; - структуры входных и выходных файлов; - подходы к хранению и обработке данных (включая ввод, вывод и визуализацию). уметь: - выбирать подходящие архитектуры программ и структуры для хранения и обработки данных.
ОПК-6 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ИД-1 _{ОПК-6} Выбирает и использует язык программирования и инструментальные системы программирования для решения прикладных задач	знать: - подходы к выбору языков программирования для решения задач разного типа; - основные инструменты для работы с данными (включая ввод, вывод и визуализацию) в рамках выбранных языков. уметь: - разрабатывать законченные программы на выбранных языках для решения задач моделирования механических систем.
ПК-1 Способен участвовать в разработке программного обеспечения для прочностных расчетов механических систем	-	знать: - основы работы с API и подходы к расширению функционала программного обеспечения на его основе. уметь: - разрабатывать утилиты для программного обеспечения для прочностных расчетов механических систем.

ПРЕДМЕТНО ОРИЕНТИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Доработка компонентов готовых продуктов или разработка своих решений

The image displays a workflow in the Fidesys software environment, illustrating the process of developing or refining components for ready-made products or creating custom solutions.

Top Left: Fidesys Main Interface

- The **Дерево** (Tree) panel on the left shows the project structure, including **Геометрия** (Geometry), **Материалы** (Materials), **Системы координат** (Coordinate Systems), **Свойства блоков** (Block Properties), **Блоки** (Blocks), **Граничные условия** (Boundary Conditions), **Начальные условия** (Initial Conditions), **Зависимости** (Dependencies), **Группы** (Groups), **Множества** (Sets), **Настройки расчета** (Calculation Settings), and **Настройки результатов** (Result Settings).
- The **Редактор журнала** (Log Editor) window shows a Python script snippet:


```
1 import math
2 q = math.sqrt(9)
3 print(q)
```
- The **Командная строка** (Command Line) window shows the execution of the script:


```
import vtk
from vtk.util.numpy_support import imp
import sys
import os
fidesys_path = r'C:\Program Fil
base_dir = os.path.dirname(os.p
pvd_file = os.path.join(base
result_dir = os.path.join(base
prep_path = os.path.join(fidesy
calc_path = os.path.join(fidesy
os.environ['PATH'] += prep_path
sys.path.append(prep_path)
import cubit
import fidesys
fidesys.cmd('brick x 1.640 y 1.
```
- The **Панели инструментов** (Toolbars) panel shows various tool options, including **Дерево объектов** (Object Tree), **Инспектор времени** (Time Inspector), **Инспектор выбора** (Selection Inspector), **Инспектор мульти-блоков** (Multi-block Inspector), **Инспектор памяти** (Memory Inspector), **Инспектор света** (Light Inspector), **Инспектор статистики** (Statistics Inspector), **Информация** (Information), **Информация о точке** (Point Information), **Оболочка Python** (Python Shell), **Показ анимации** (Show Animation), **Редактор цвета** (Color Editor), **Свойства** (Properties), **Совместная панель** (Shared Panel), **Сообщение** (Message), **Предварительный просмотр** (Preview), **Полный экран** (Full Screen), **Отображать заголовок окна** (Show Window Title), and **Переключить блокировку панелей** (Toggle Panel Locking).

Top Center: 3D Model Visualization

- The first image shows a 3D model of a turbine-like structure with a central hub and multiple blades, labeled with ϕ and D .
- The second image shows the same model with a mesh overlay, indicating a finite element analysis (FEA) setup.

Top Right: Экспресс-анализ (Express Analysis) Window

- Parameters for analysis:
 - Диаметр диска, D (mm)
 - Длина лопатки, L (mm)
 - Угол поворота кромки, ϕ (град.)
 - Частота вращения, N (об/мин.)
 - Материал: 12X18H10T
- Buttons: **Рассчитать в Fidesys** (Calculate in Fidesys), **Посмотреть результаты в Fidesys Viewer** (View results in Fidesys Viewer).
- Result: **Прочность обеспечена** (Strength is ensured).

Bottom Left: Python Shell (Оболочка Python)

- The shell shows the execution of the script, with the output:


```
>>>
5.34707e-05
1.14217e-05
```

Bottom Center: Visualization of Results

- A 3D visualization of the stress distribution on the turbine model, showing a color-coded stress field. The maximum stress value is $5.34707e-05$ and the minimum is $1.14217e-05$.

Bottom Right: One-Button Solution for Billboard

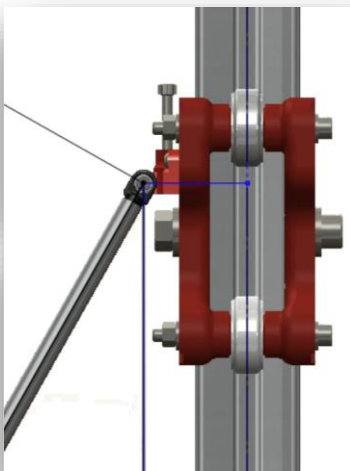
- Parameters for the billboard analysis:
 - Wind pressure: 230 p, Pa
 - Pillar length: 25 L, m
 - Pillar diameter: 0.5 D, m
 - Billboard width: 20 H, m
 - Billboard height: 10 W, m
 - Strength status: Unknown
- Buttons: **Calculate**, **Open in FidesysViewer**, **Close**.
- Result: $[\sigma] = 106 \text{ MPa}$.

ПРОСТЫЕ ПРИМЕРЫ «ПРИЗЕМЛЕНИЯ» МАТЕРИАЛА

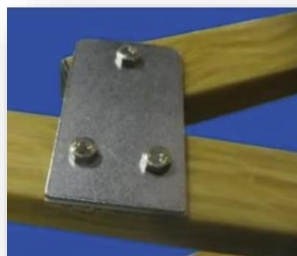
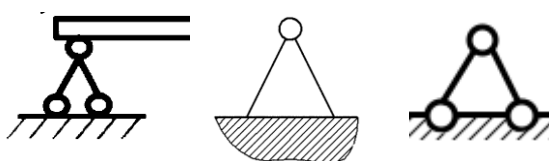
На примере объяснения вариантов схем закрепления через визуализацию

Закрепления

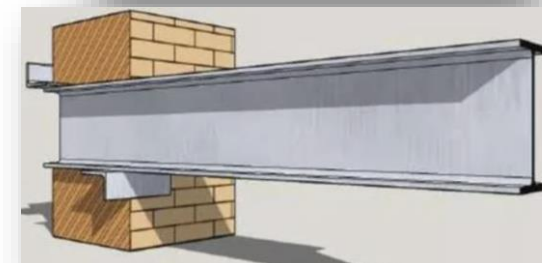
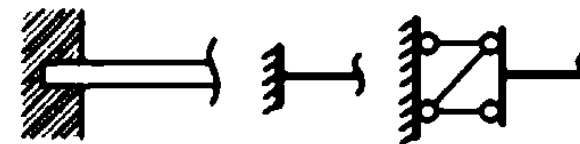
Шарнирно-подвижное



Шарнирно-неподвижное

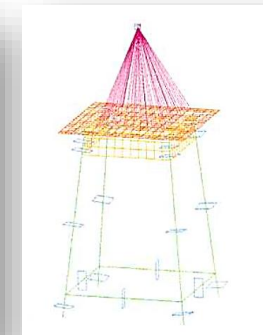


Заделка



ПРОСТЫЕ ПРИМЕРЫ «ПРИЗЕМЛЕНИЯ» МАТЕРИАЛА

На примере объяснения вариантов схем нагружения через визуализацию



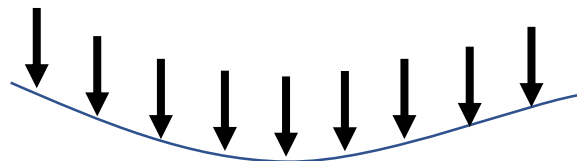
10

Нагрузки

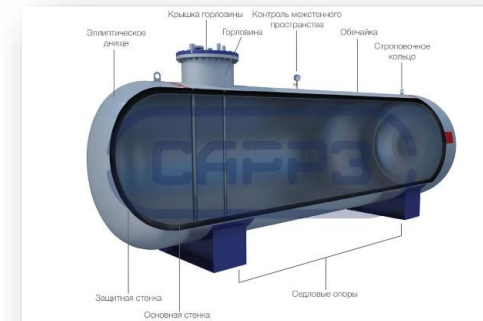
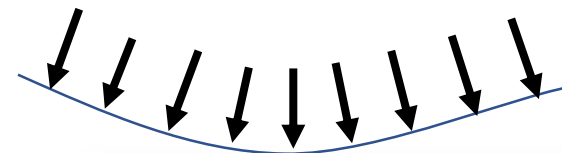
Точечная сила



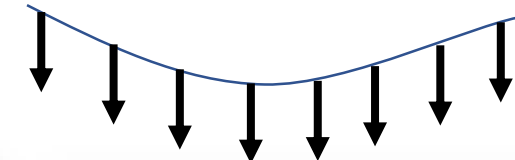
Распределенная сила



Давление



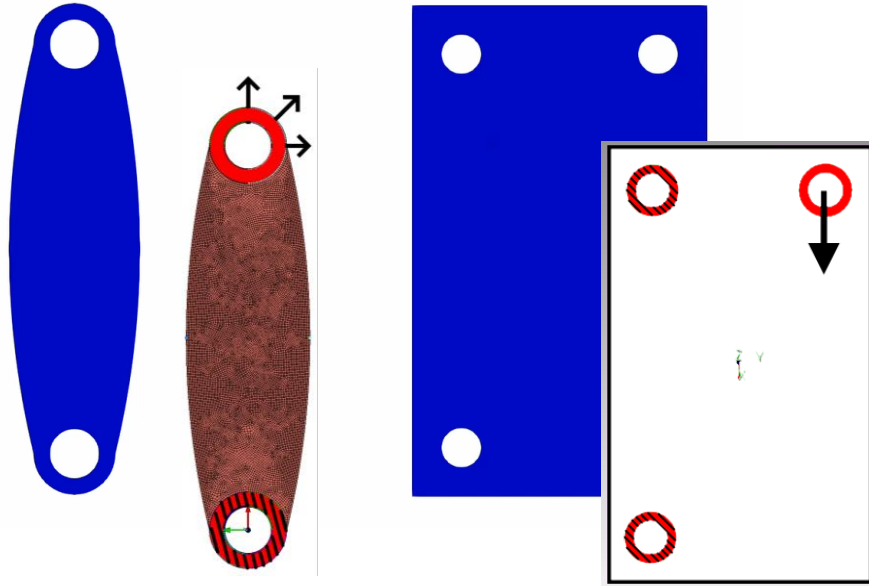
Гравитация



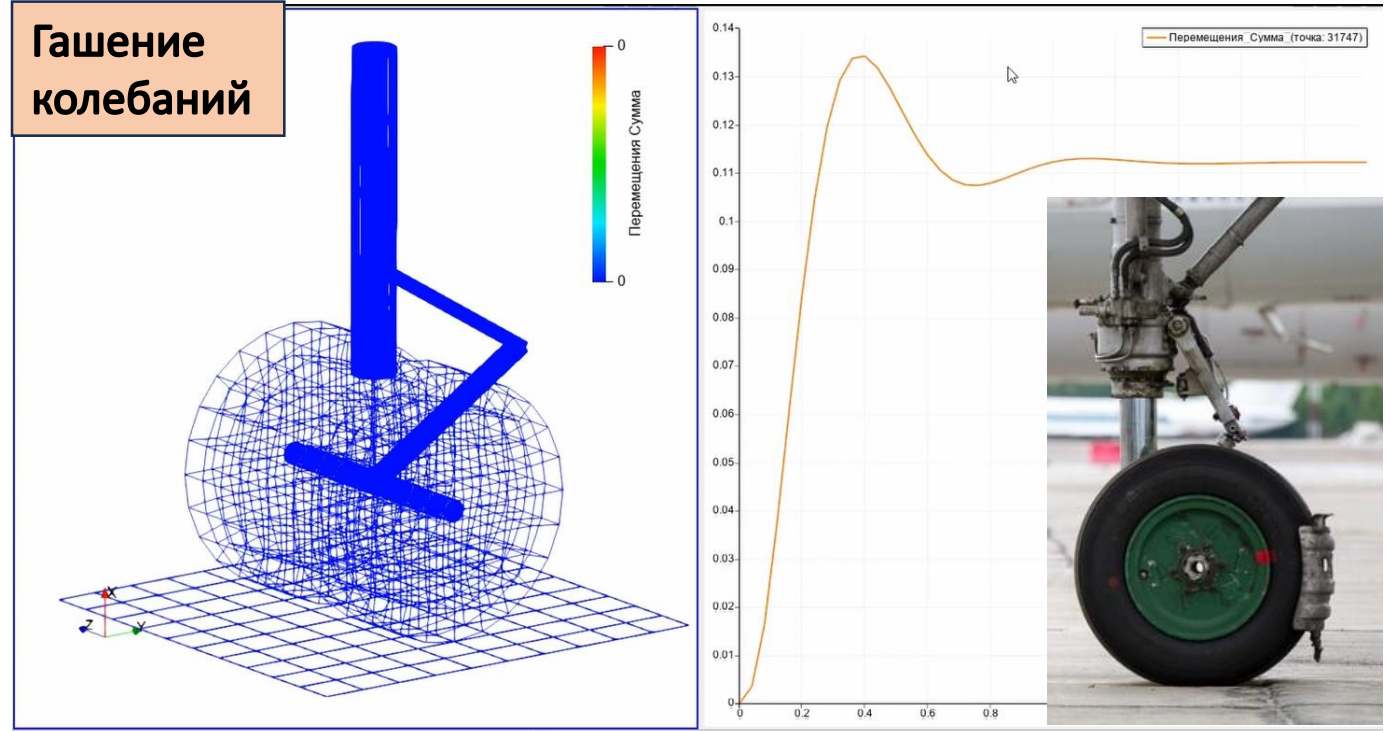
ПРОСТЫЕ ПРИМЕРЫ «ПРИЗЕМЛЕНИЯ» МАТЕРИАЛА

Через анимированную визуализацию

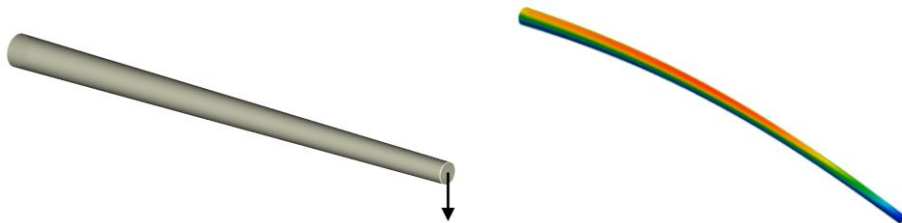
Топологическая оптимизация



Гашение колебаний



Параметрическая оптимизация



Контактная нелинейность

