

# CAE Fidesys - российский пакет для прочностного инженерного анализа

## **Левин Владимир Анатольевич**

Заслуженный деятель науки РФ, д.ф.-м.н., профессор кафедры “Вычислительная механика” механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, председатель совета директоров ООО «Фидесис»

## **Вершинин Анатолий Викторович**

Д.ф.-м.н., доцент кафедры “Вычислительная механика”  
Механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,  
Технический директор ООО «Фидесис»

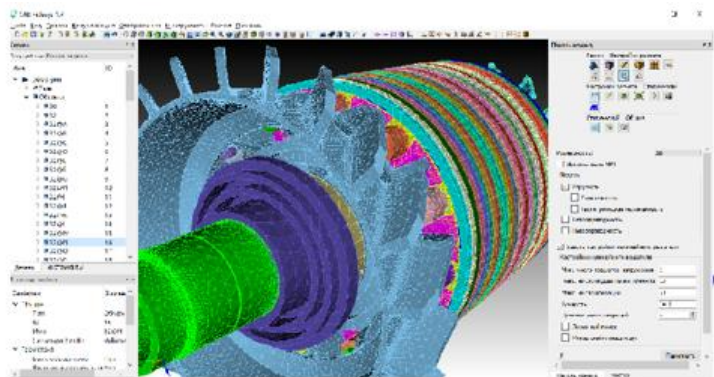
# CAE – цифровая разработка прототипа и тестирование

Классический метод тестирования



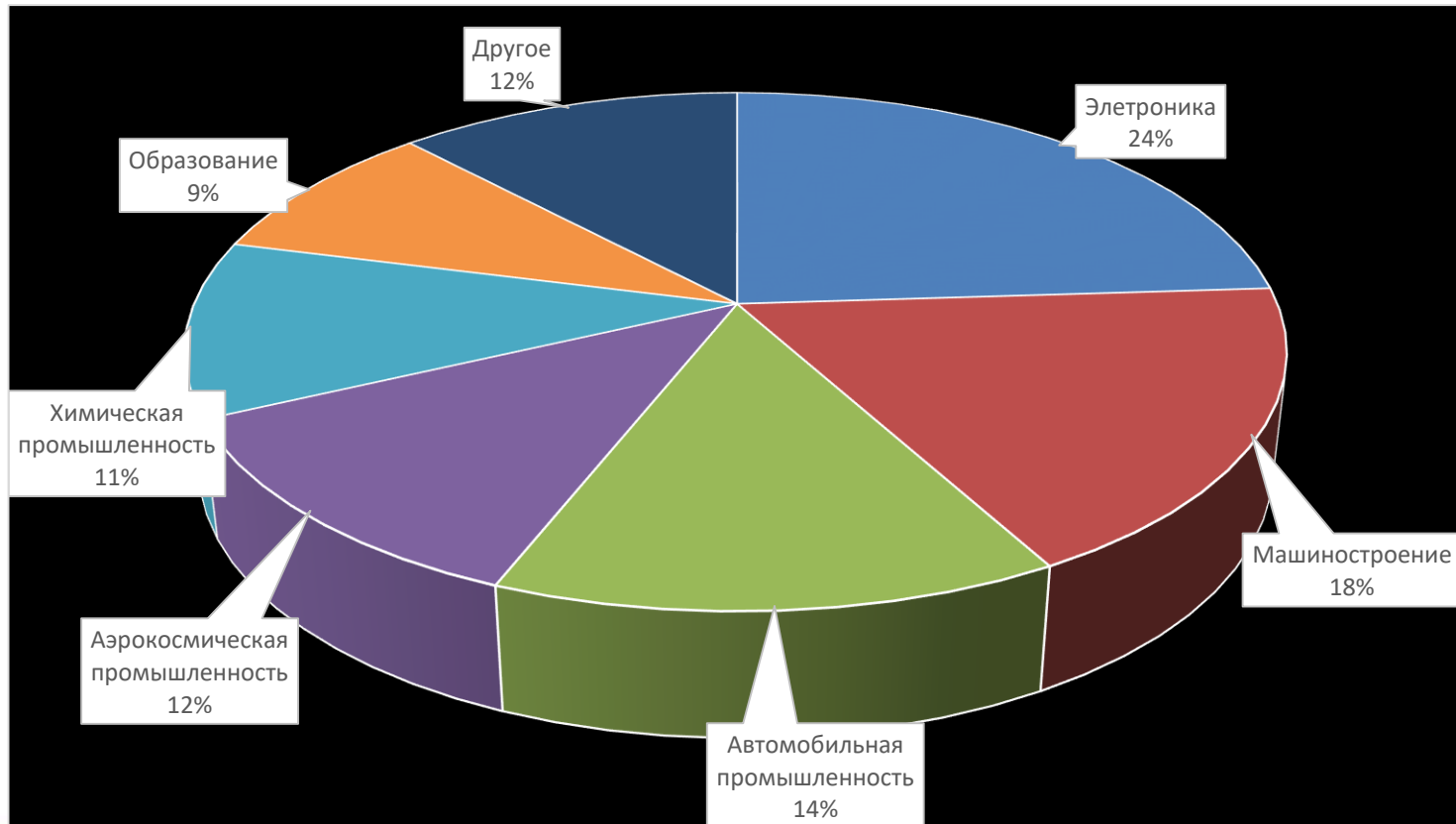
- CAE (computer-aided engineering) - это программное обеспечение, которое позволяет перейти от дорогих классических моделей тестирования (крэш-тесты, эксперименты в лаборатории, полевые испытания) к моделированию в цифровой среде и позволяет создать виртуального близнеца физического объекта
- Прежде всего, необходимо создать 3D-модель объекта. После этого можно применять различные нагрузки, давления, сжатия или любые другие физические процессы, которые влияют на качество продукта (например, прочность) в реальном мире.
- Возможность выполнять миллионы тестов в виртуальной среде с разнообразным набором входных параметров вместо ограниченного количества тестов в классической модели тестирования.
- Например, физическое тестирование стоит как минимум в пять-шесть раз дороже ресурсов на разработку продукта в транспортных проектах. Единственный способ значительно снизить стоимость физического тестирования - это использование моделирования.

Новое цифровое моделирование

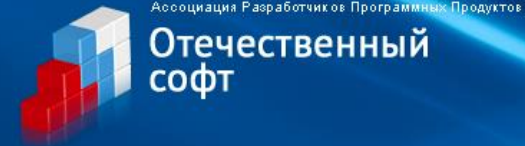


# Пользователи CAE-систем

Традиционные пользователи (например, автомобильная промышленность) и “новые отрасли” (добывающая и нефтегазовая промышленность) обеспечивают рост рынка CAE-систем в среднем на 15% в год.



# О компании



ООО «Фидесис» - российская компания по разработке программного обеспечения. Компания основана в 2009 году сотрудниками и выпускниками кафедры вычислительной механики МГУ им. М.В. Ломоносова.

ООО «Фидесис» занимается разработкой универсального программного комплекса нового поколения для высокоточных прочностных инженерных расчетов (CAE, computer-aided engineering) с использованием нового поколения численных методов.

CAE Fidesys уже используется в машиностроении, горнодобывающей, нефтяной и газовой промышленности.

Компания имеет статус резидента Инновационного центра «Сколково» и является членом NAFEMS – международного агентства по методам конечных элементов и стандартизации. Тестирование CAE Fidesys выполнено в строгом соответствии со стандартами NAFEMS.

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

Фидесис – компания-лидер НТИ по направлению “Новые производственные технологии” (TRL 9).



# Команда

Работу над продуктом ведут 25 программистов – выпускников, студентов и 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.

В совет директоров входят топ-менеджеры ИТ-индустрии (бывшие топ-менеджеры PTC CIS, Autodesk CIS)

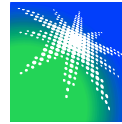
**Ключевые компетенции:** точное математическое моделирование в области прочностного анализа и смежных технических направлениях



# Наши клиенты



أرامكو السعودية  
Saudi Aramco



**Skoltech**  
Сколковский институт науки и технологий



РОСАТОМ



НОРНИКЕЛЬ



 urbanmining<sup>co</sup>

IOWA STATE  
UNIVERSITY



 Ростех



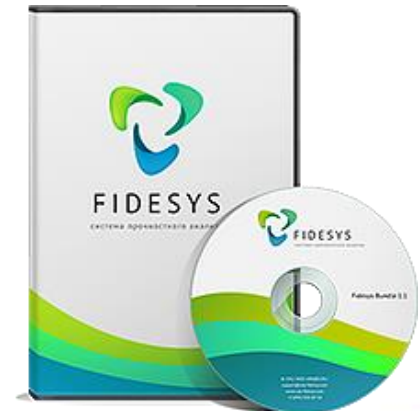
ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

CROCUS  
NANO  
ELECTRONICS



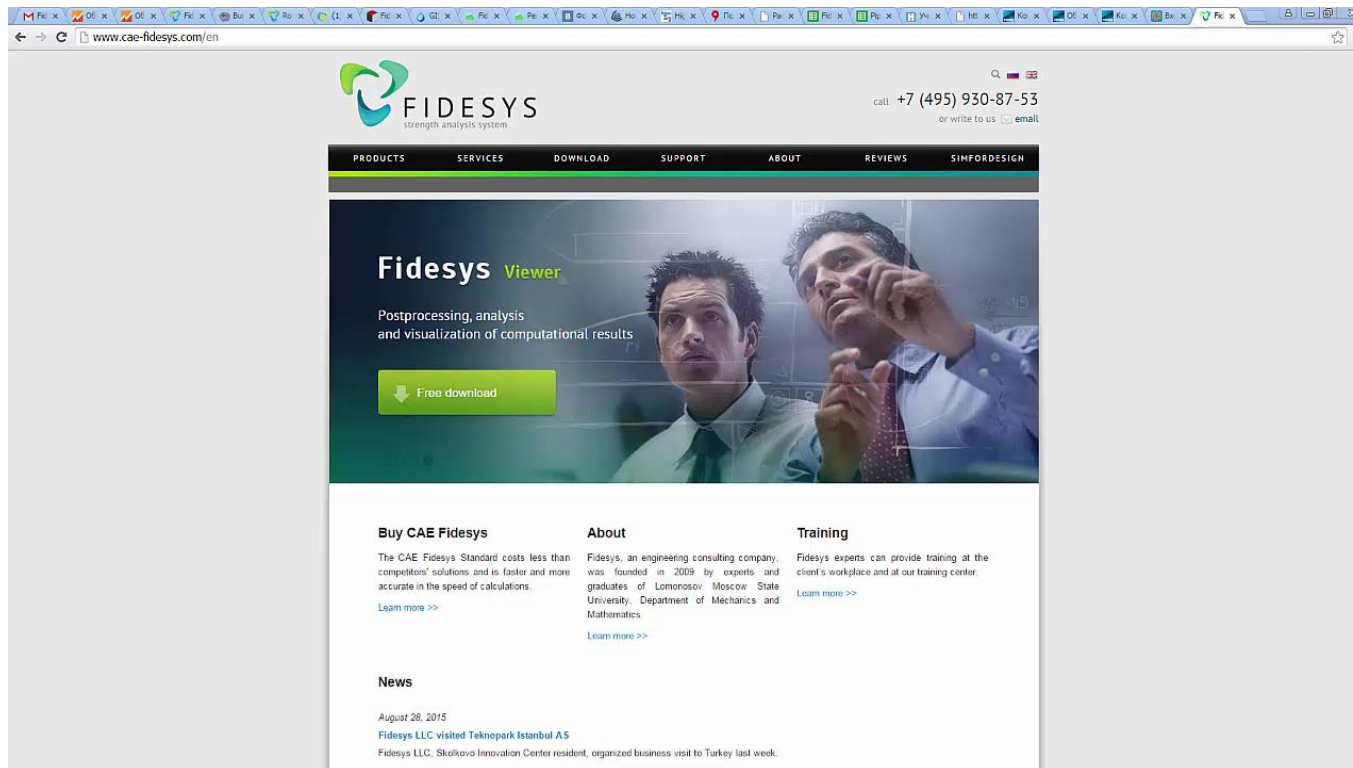
# Разработка специализированного программного обеспечения

- На основе модулей САЕ Фидесис возможна разработка специализированного корпоративного или отраслевого программного обеспечения (например, Fidesys Geomechanics для ПАО «Газпромнефть»).
- Специализированный пакет будет более функциональным и простым в использовании, чем коробочная версия САЕ. Он нацелен на специализированные задачи клиента.
- Период разработки специализированного программного обеспечения занимает около 6-18 месяцев в зависимости от особенностей заказчика с привлечением ведущих консультантов.
- Возможность привлекать экспертов из ведущих российских вузов и Российской академии наук
- В результате заказчик получает специализированный корпоративный продукт.
- Пакет может быть использован для более точной настройки параметров для исследования модели и широко применяться на этапе НИОКР.



# Корпоративная CAE-платформа

- Частное облако для использования в корпоративной сети
- Возможность доступа с любого устройства, подключенного к локальной сети/VPN
- Сокращение издержек: стоимости владения, поддержки, безопасности





# Преимущества CAE Фидесис

Высокая скорость и точность расчетов

Гибкий и адаптивный к CAD-модели генератор неструктурированных сеток

Широкий спектр поддерживаемых форматов импорта 3D-модели

Кроссплатформенное программное обеспечение (ОС Windows, Linux)

Низкие системные требования

Реализация в облаке - Fidesys online (SaaS)

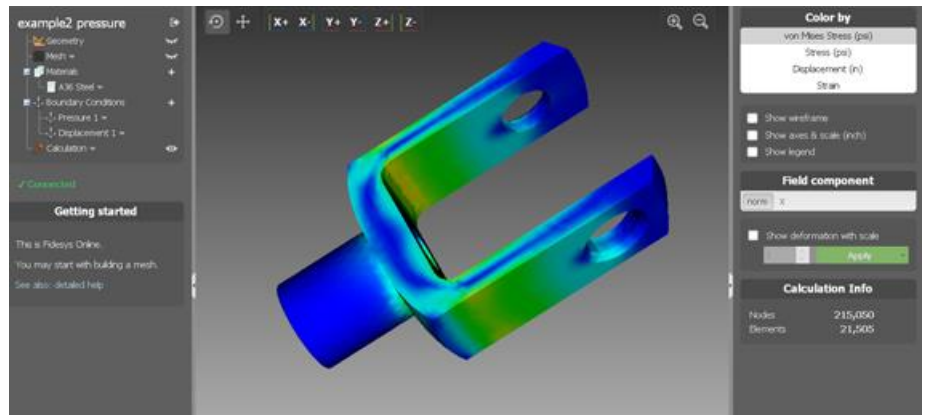
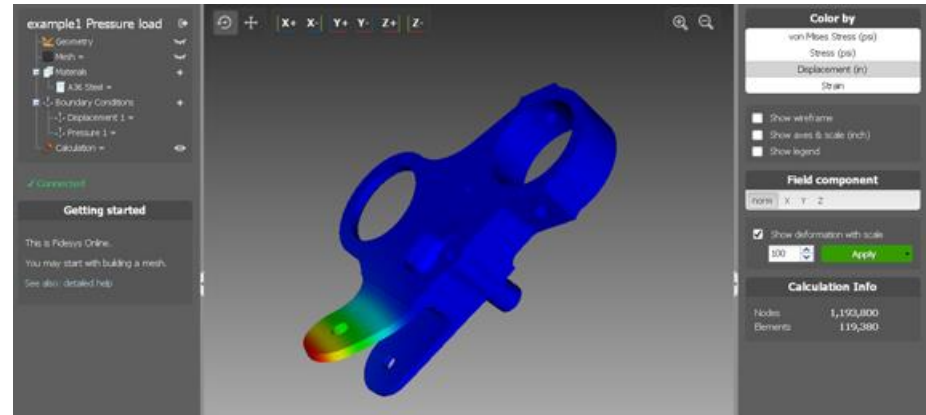
*“CAE Fidesys - это полнофункциональная CAE-система с уникальной функцией моделирования спектральных элементов (SEM), предлагающая высокоточные результаты и более надежную функциональность всем клиентам Autodesk в отрасли, которые полагаются на Autodesk Inventor в своих проектах. Я лично посетил офис ООО «Фидесис» в Научном парке МГУ им. М.В. Ломоносова и был впечатлен командой исследователей (10 из них имеют докторские степени в своих областях) и разработчиками, которые создают это инновационное решение иногда даже в нерабочее время.”*

**- Jim Quanci, старший директор Autodesk Developer Network**

# SaaS решение - Sim4Design

- SimForDesign предназначен для пользователей систем автоматизированного проектирования, которые теперь могут повысить эффективность процесса проектирования, применяя структурный анализ на всех этапах проектирования.
- Эти пользователи в настоящее время отрезаны от программного обеспечения САЕ из-за его сложности (требуется специальное образование / обучение) и высокой стоимости (около 40 тыс. долларов США на одно место в год).
- Нам удалось превратить SimForDesign в простой в использовании и доступный сервис, эффективно решающий эти проблемы.

***В декабре 2018 года Sim4Design вошел в программу стартап-акселератора «500 Startups».***



**500**

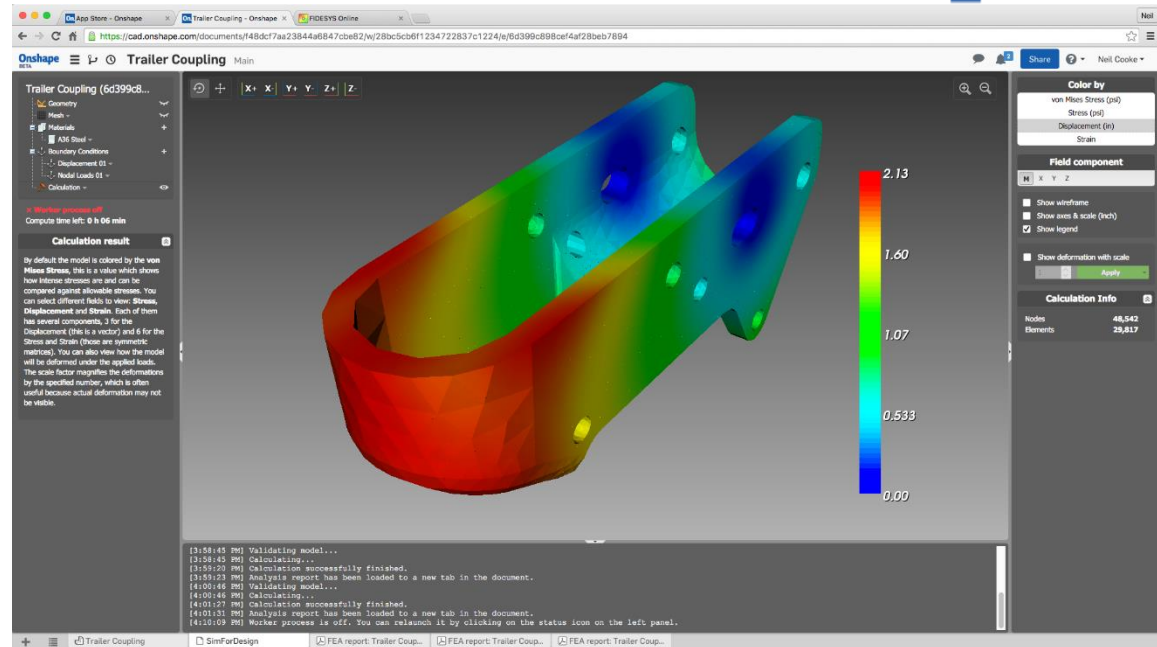
# SimForDesign и Onshape

SimForDesign - это первый сервис моделирования, полностью интегрированный с облачным CAD-сервисом под названием Onshape.

Учитывая то, что Onshape является единственной облачной CAD-системой и что SimForDesign рассматривается Onshape как пример полной интеграции с их системой, можно прогнозировать увеличение количества пользователей за счет OnShape.

В Onshape работают 150 000 пользователей, по крайней мере, половина из которых интересуется услугами САЕ, интегрированными в их рабочий процесс. Поскольку у Onshape сейчас огромный бюджет на маркетинговую деятельность, мы полагаем, что количество их пользователей будет расти в геометрической прогрессии в ближайшие несколько лет.

# Onshape

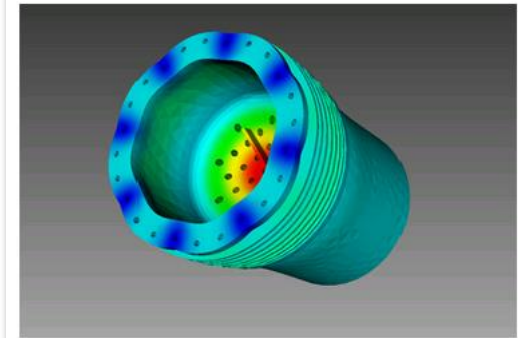
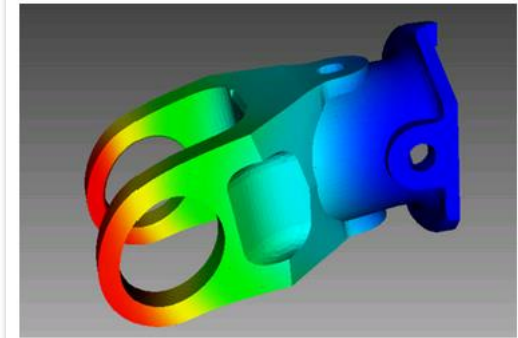
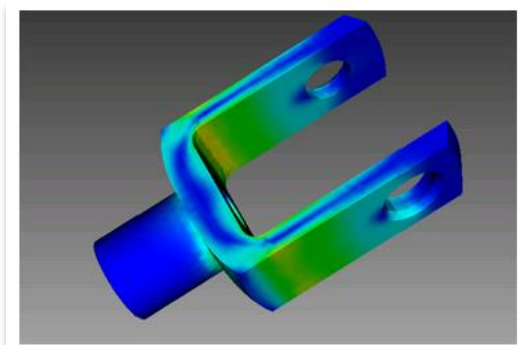


*"I am pleasantly surprised to see an innovative approach to reducing the expertise required for CAE as part of the design process ... Sim4Design.com focuses on leveraging commercial grade meshing and solver technology in an attempt to improve the design process. Providing a streamlined method to enable better design decisions may open the door for significantly broader use of CAE. Oh yeah... it's in the cloud."*

**Michael Payne, сооснователь PTC, Solidworks, Fidesys Advisory Board**

# Ключевые возможности

- SimForDesign позволяет проводить упрощенный технический анализ при разработке проектных решений
- Нет необходимости быть экспертом в использовании CAE-систем
- Быстрая оценка конструктивных характеристик проектных вариантов
- Лучшее понимание изменений при проектировании
- Все расчеты осуществляются в облаке – необходимы только интернет-соединение и браузер
- Конечные пользователи платят только за время, необходимое для вычислений, - существенная экономия по сравнению с десктопными решениями
- Возможность непрерывной работы над задачей для нескольких пользователей



*“The CAE Fidesys is a full function CAE with a **unique feature of spectral element modeling** (SEM), offering highly accurate results and more robust functionality to all Autodesk customers in the industry who rely on Autodesk Inventor for their design projects. I personally visited Fidesys LLC office in Science park of Lomonosov Moscow State University and was impressed by the team of researchers (**10 of them hold doctorates in their fields**) and developers who create this innovative solution sometimes even **out-of-working hours**”*

*Joe Walsh, генеральный директор intrinSIM*

# Наша целевая аудитория

Мы считаем специалистов в области проектирования нашей основной целевой аудиторией и SimForDesign не должен заменять традиционные CAE-системы. Данный сервис нацелен на помощь проектировщикам, использующих CAD-системы.

Это делает рынок пользователей, использующих CAD-системы, также нашим рынком.



# Совместимость и поддержка

- Поддержка большинства CAD/CAE форматов

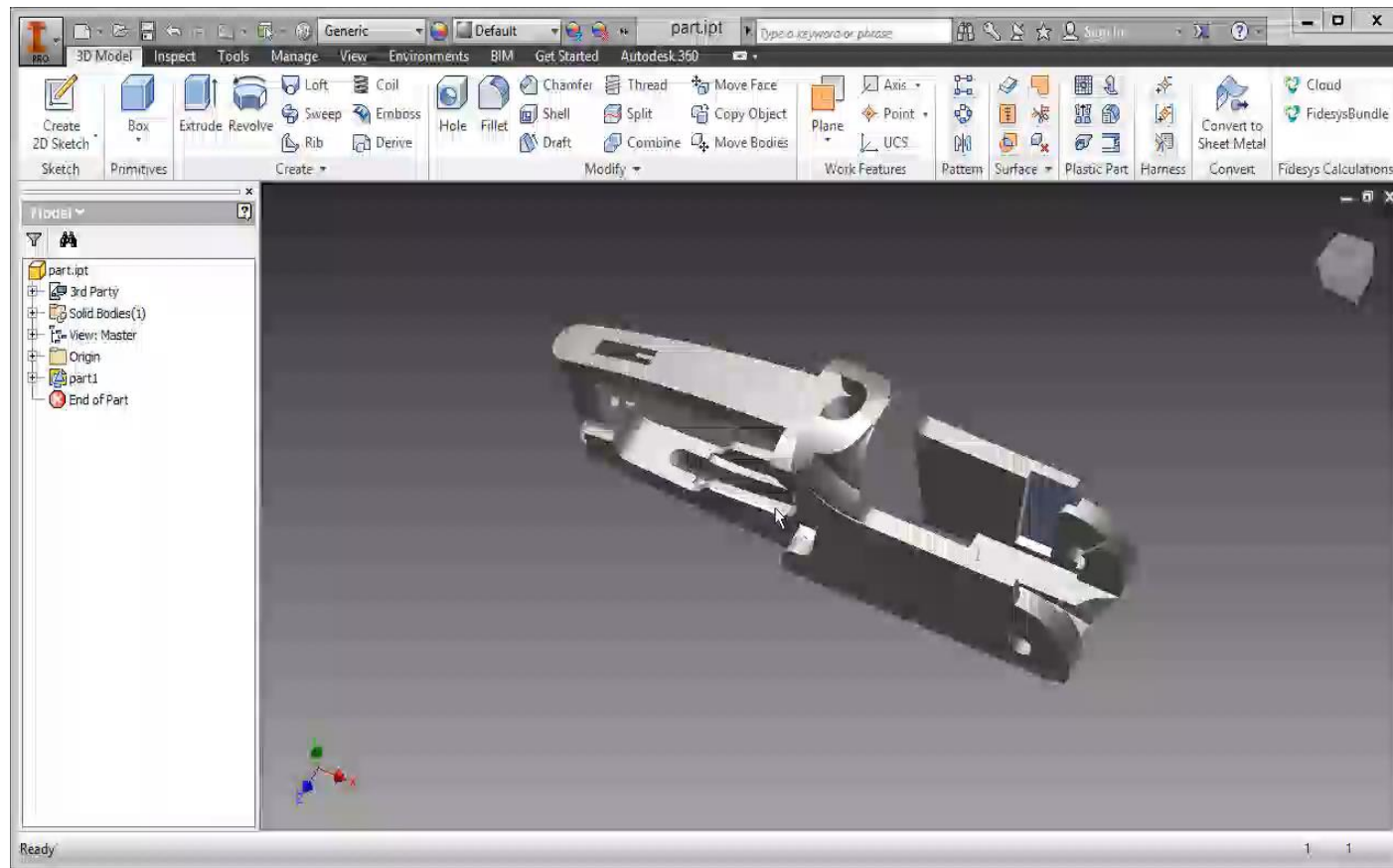


- Поддержка общих типов данных

- ACIS
- IGES
- STEP
- AVS
- Genesis/Exodus
- Facets
- STL
- Ideas
- Cubit

# Интеграция с Autodesk Inventor

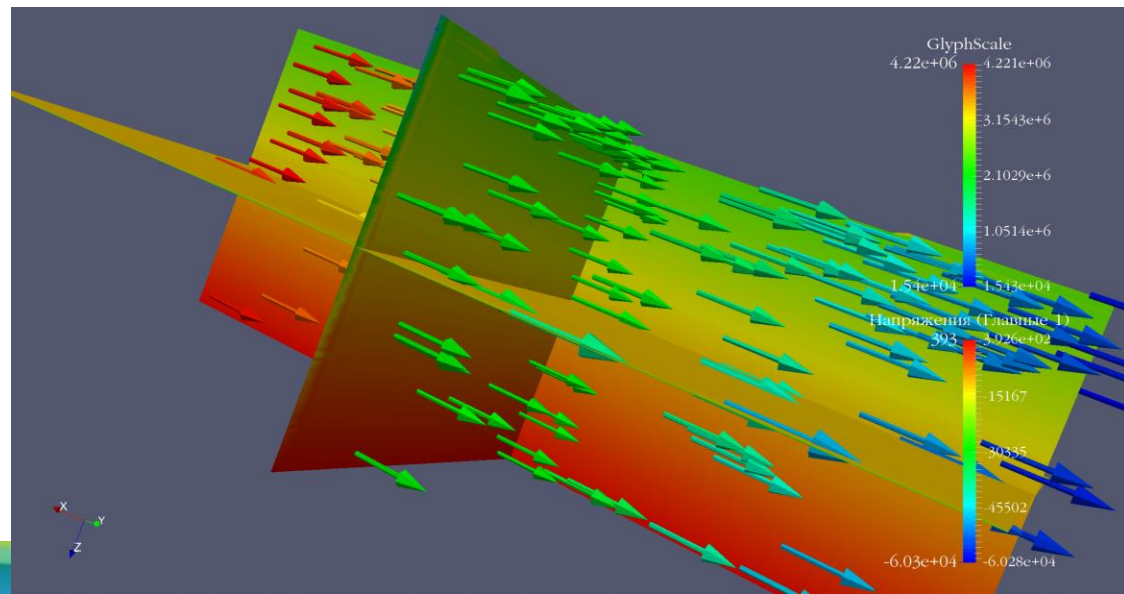
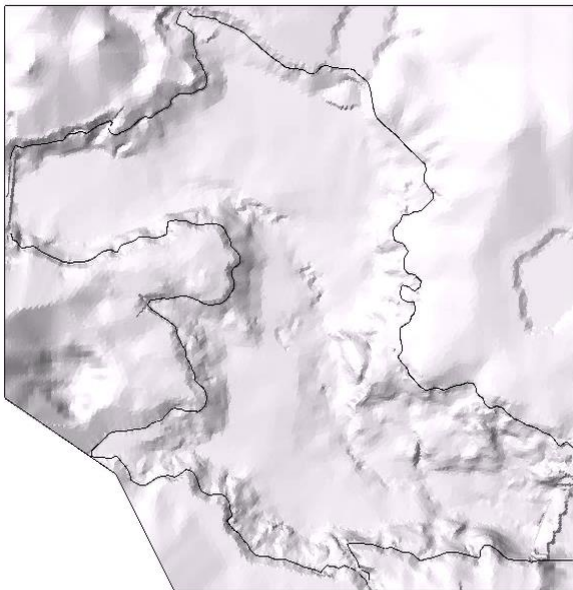
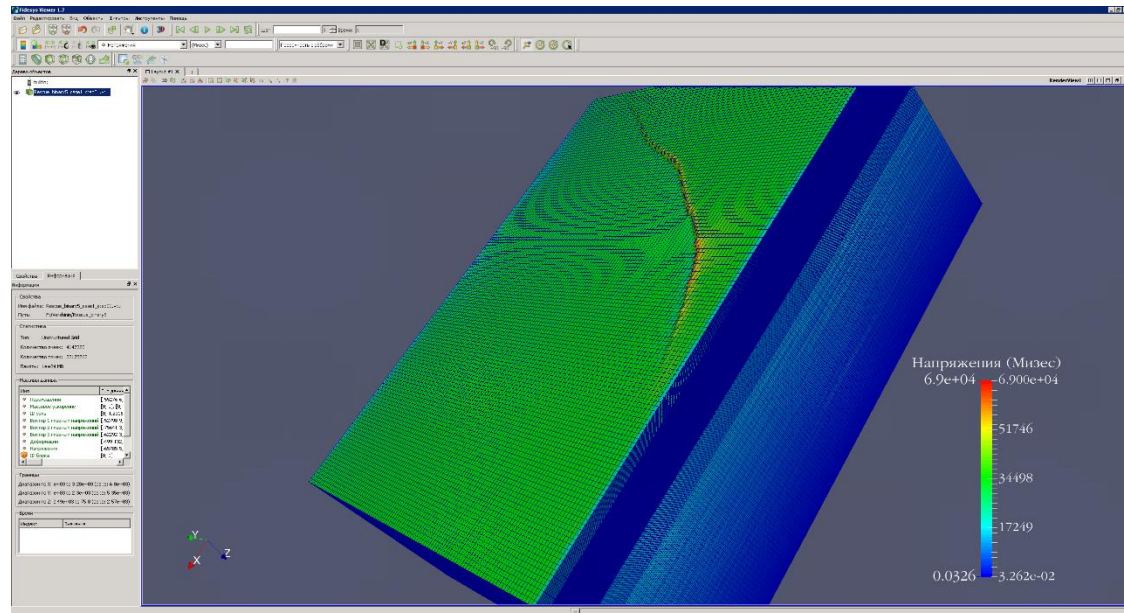
- Возможность экспорта CAD-модели из Autodesk Inventor в CAE Fidesys;
- Нет необходимости перестраивать FEA-модель, если параметры CAD-модели были изменены в Autodesk Inventor;
- Возможность экспорта в Sim4Design для дальнейшего анализа в облаке



# Взаимодействие с Roxar



- Полный 3D геомеханический анализ импортируемого объекта;
- Интерфейс прямой передачи модели из Roxar RMS в CAE Fidesys;
- Прогнозное моделирование для оптимизации и виртуальной разработки прототипа.

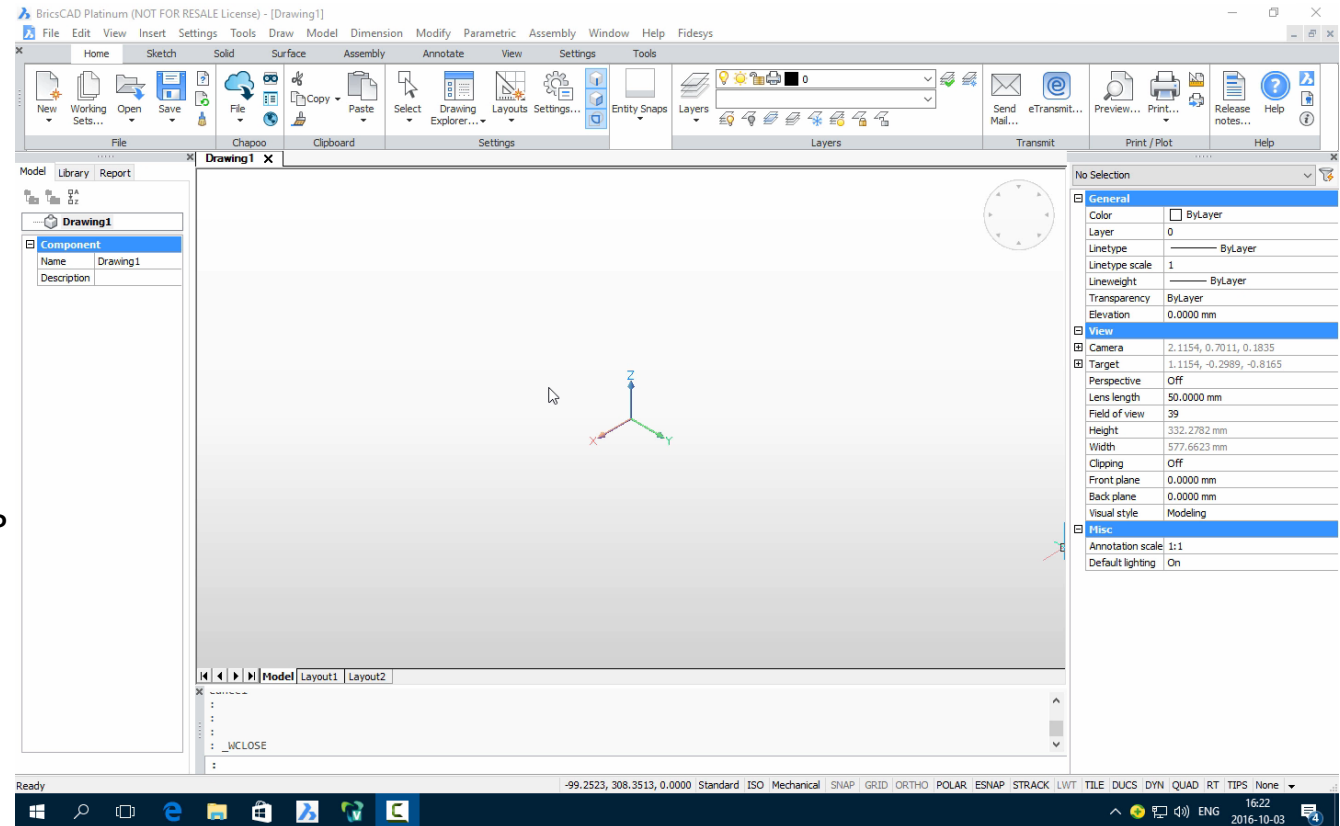




# Интеграция с BricsCAD



- Возможность экспорта CAD-модели из BricsCAD в CAE Fidesys;
- Автоматизация инженерного анализа модели в BricsCAD;
- Возможность выполнять оптимизацию и настройку модели



# Фидесис на платформах электронной торговли 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 a list of categories: 'Pricing information' (Starting at 0,30 \$/hour + Azure infrastructure costs), 'Categories' (Compute), 'Support' (Support), and 'Legal' (License Agreement, Privacy Policy). The product description states: 'Innovative CAE system, which performs a full cycle of engineering-strength analysis'. A list of benefits is provided: 'By choosing our software you get: • The universal CAE system with the wide functionality range for any type of industry • Attractive price – several times lower than for well-known international CAE brands • Powerful and flexible pre-processor allowing to get high-quality finite-element meshing • High speed and accuracy of calculations confirmed by international NAFEMS tests • Convenient interface.'

Препроцессинг, моделирование, анализ, рендеринг и т.д. осуществляются в облаке. Доступ 24/7 в браузере.

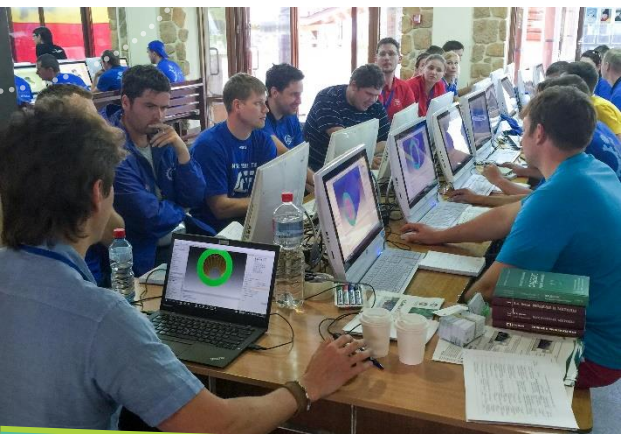
The screenshot shows the Fidesys product page on the AWS Marketplace. The browser address bar displays the URL: <https://aws.amazon.com/marketplace/seller-profile?id=7c456747-5771-41a7-ae00-55a874b8d645>. The page features the AWS Marketplace logo and navigation links for 'Sign in or Create a new account', '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: 'Fidesys Products (2)'. 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 product description states: 'CAE Fidesys is an easy-to-use and effective tool for performing a full cycle of engineering-strength analysis including loading a CAD mode and its analysis, meshing, setting ...'.

Модель оплаты "Pay-as-you go" и возможность подписки подходят для решения различных задач.

# Ключевые показатели

- > 50 промышленных клиентов CAE Fidesys
  - > 1000 пользователей, использующих Sim4Design в облаке
  - > 3000 загрузок десктопной версии пакета
  - > 20 защищенных IP адресов
  - 4 владельца (включая бизнес-ангела, инвестирующего в компанию на ранних этапах развития)
  - Офисы в России (Москва, Сколково, Тверь, Тула)
  - Партнеры в России, США, Бельгии, Германии, Индии, Бразилии, Турции
- 

# Услуги инженерного консалтинга и обучение

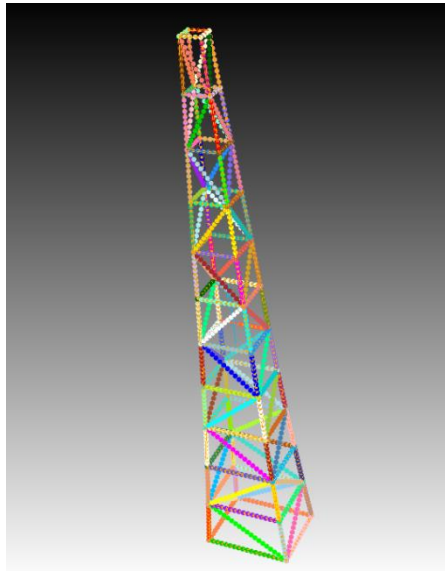




**FIDESYS**

**Приложения в промышленности**

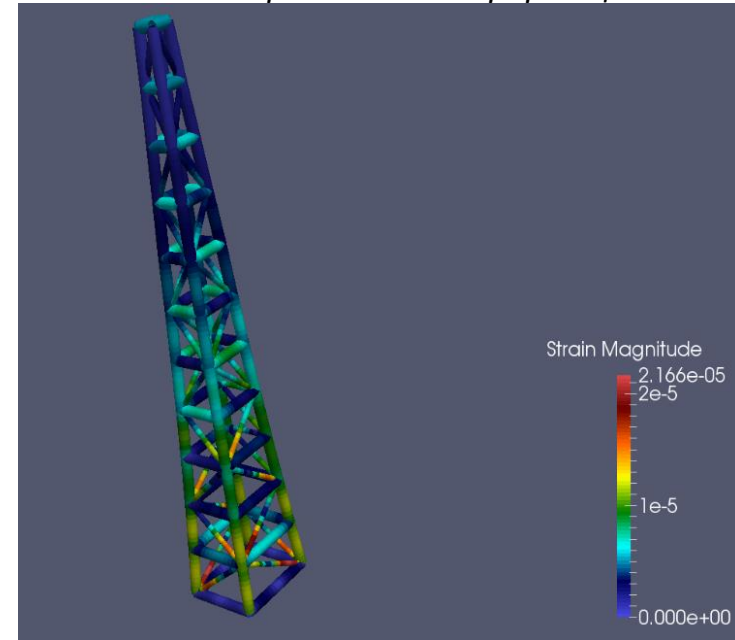
# Расчет металлоконструкции



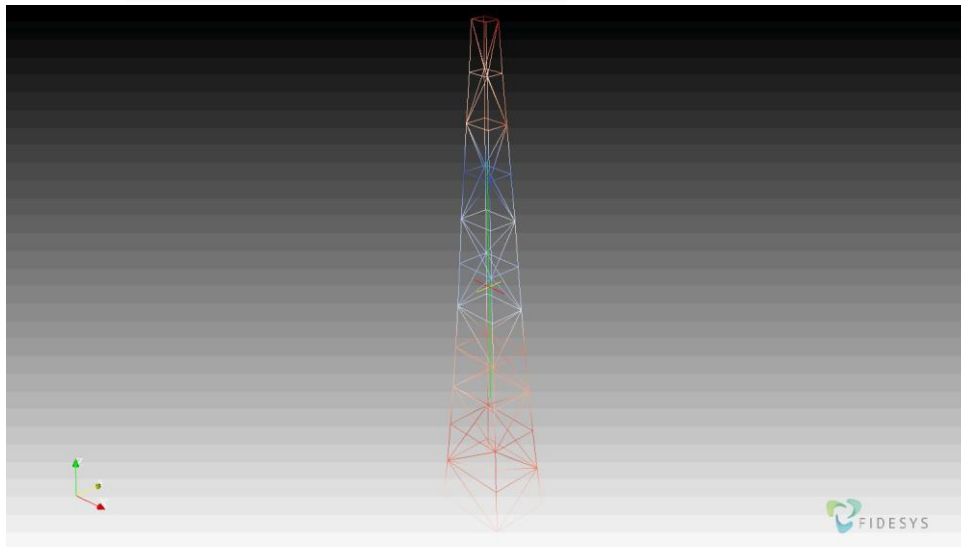
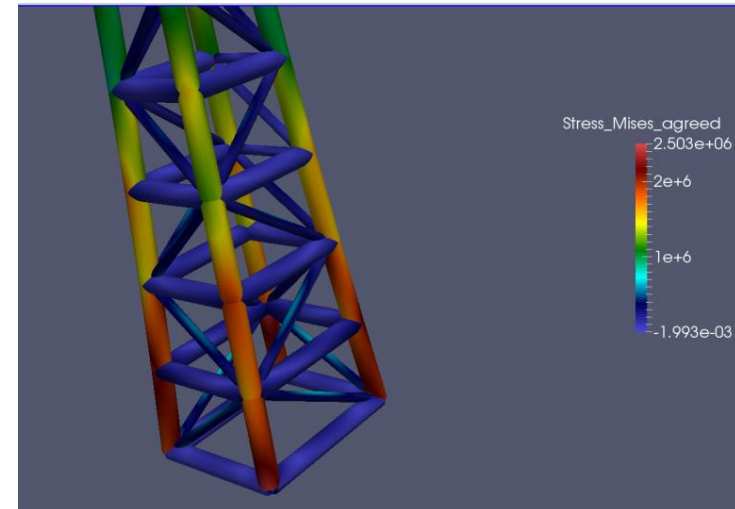
Расчетная сетка



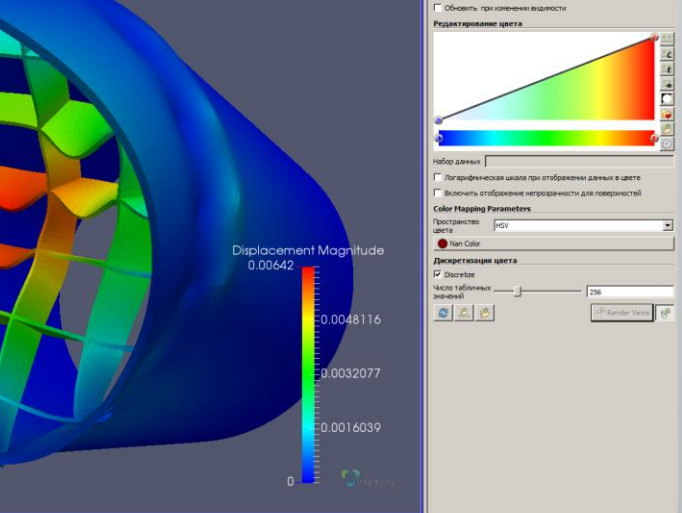
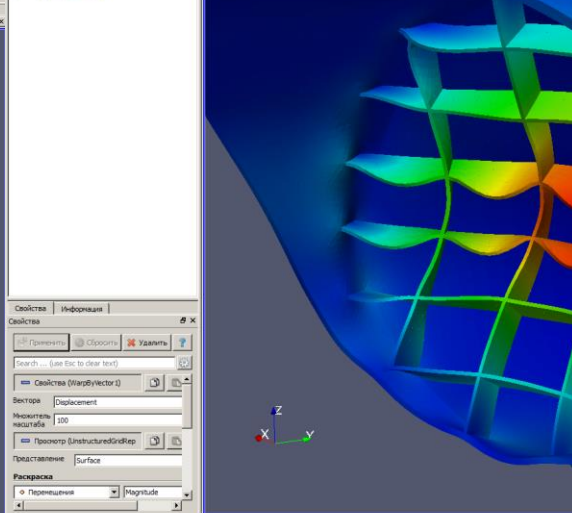
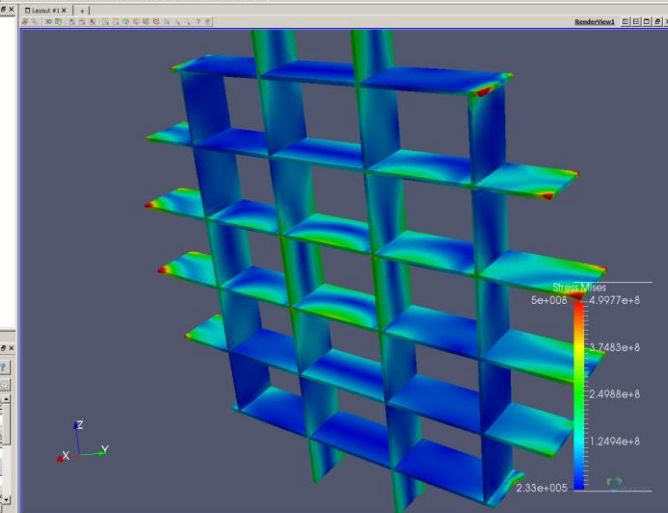
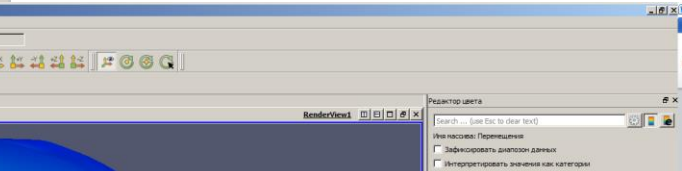
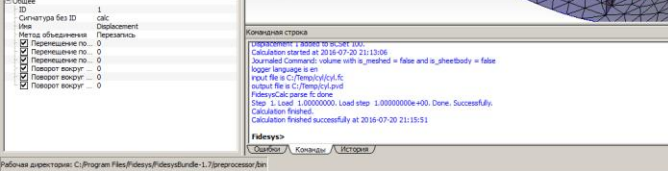
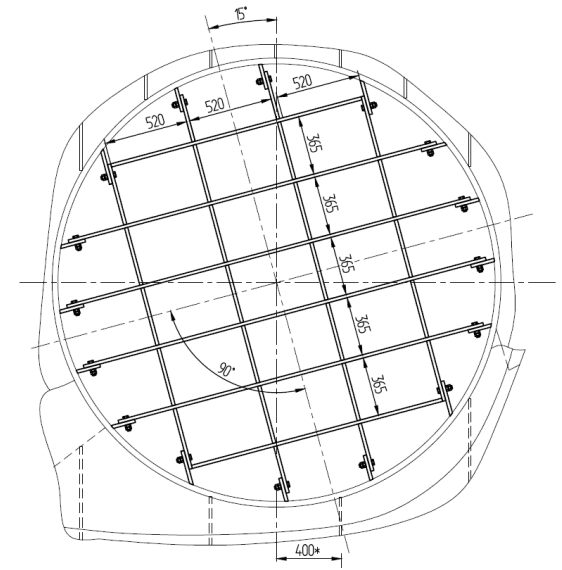
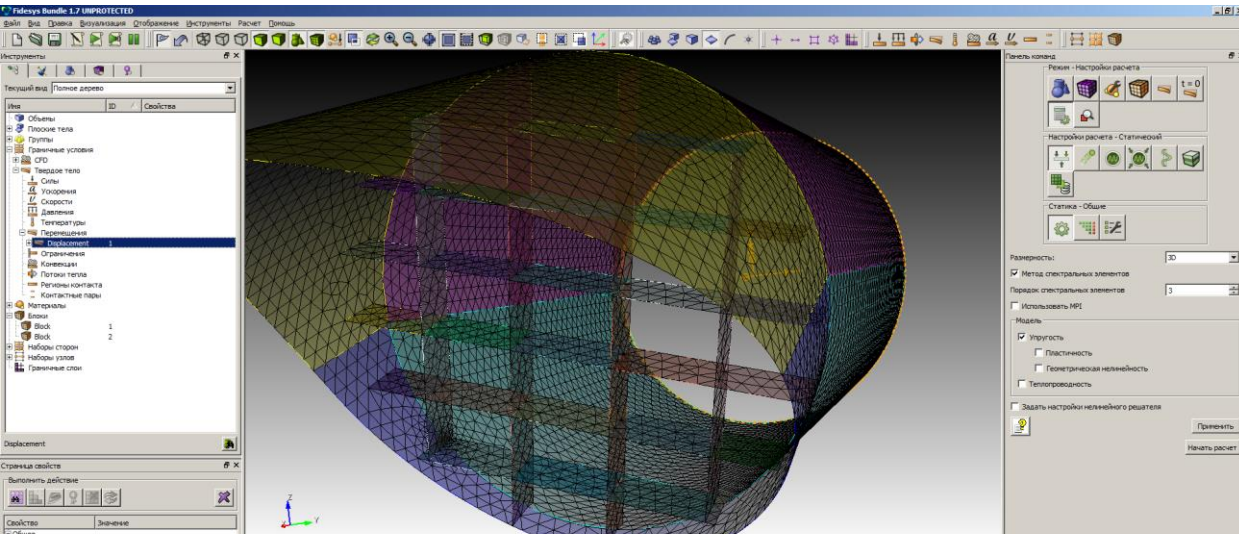
Распределение деформаций



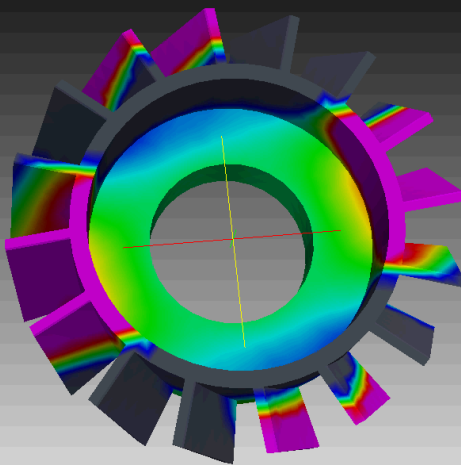
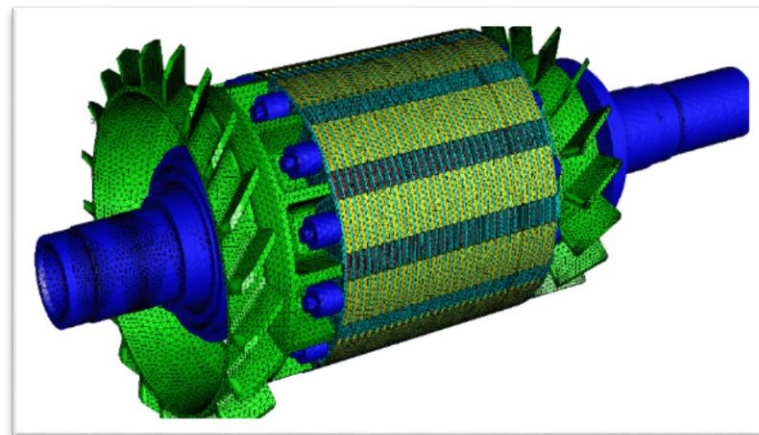
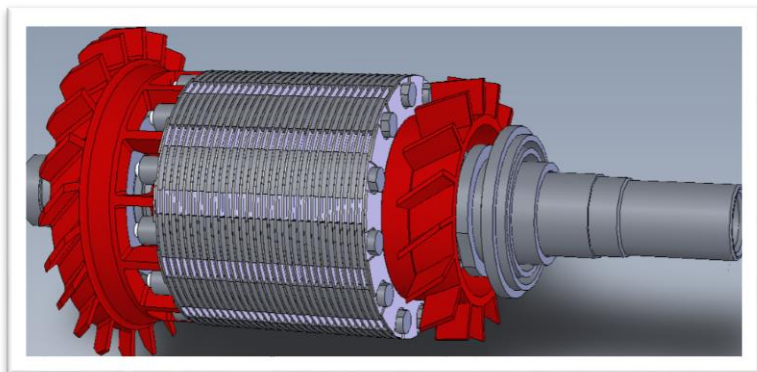
Интенсивность напряжений



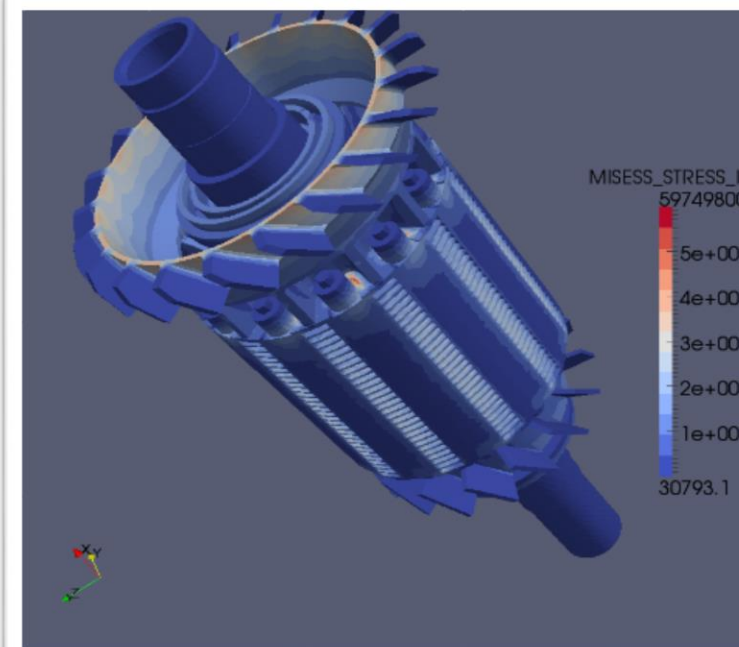
# Анализ ледовой нагрузки



# Анализ ротора электродвигателя

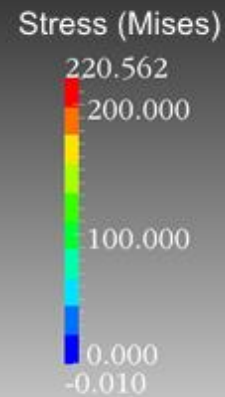
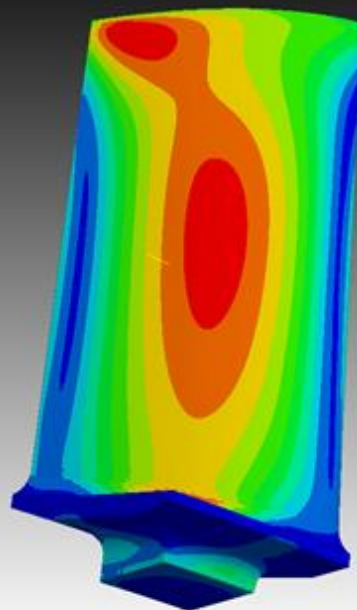
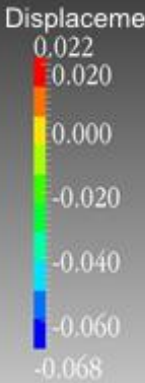
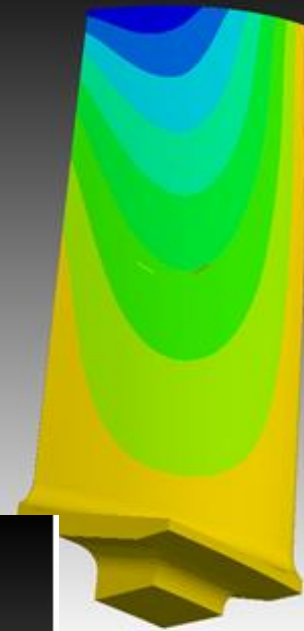


FIDESYS

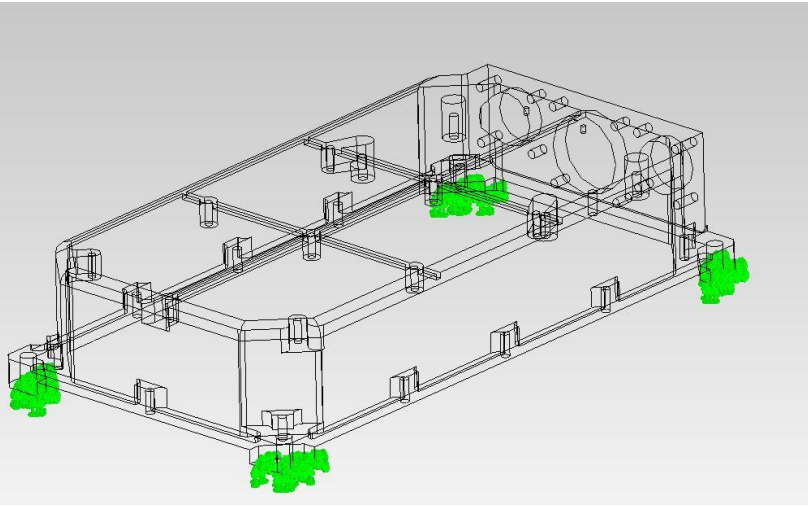




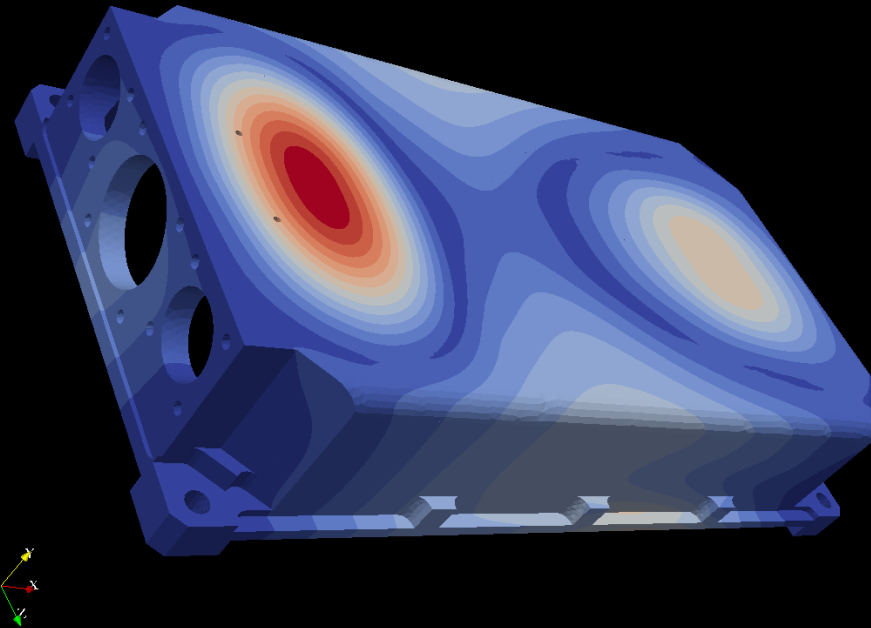
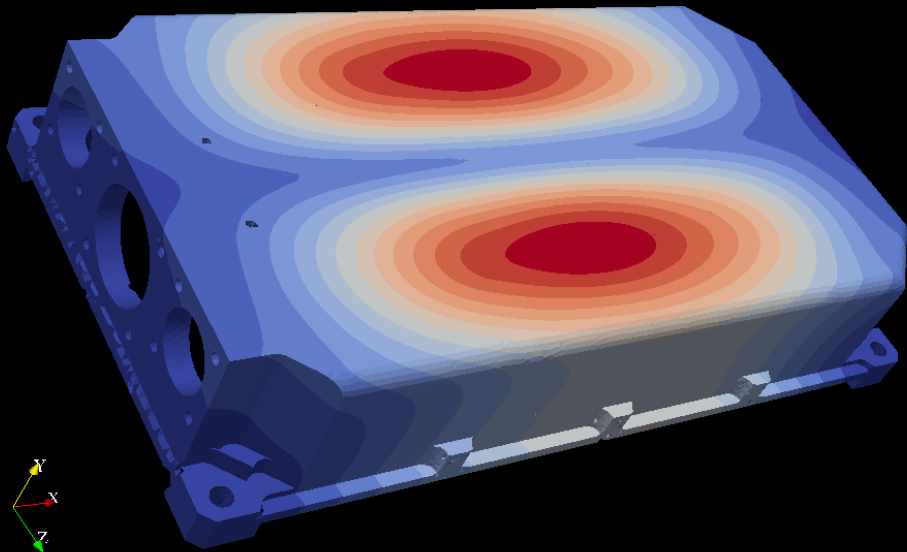
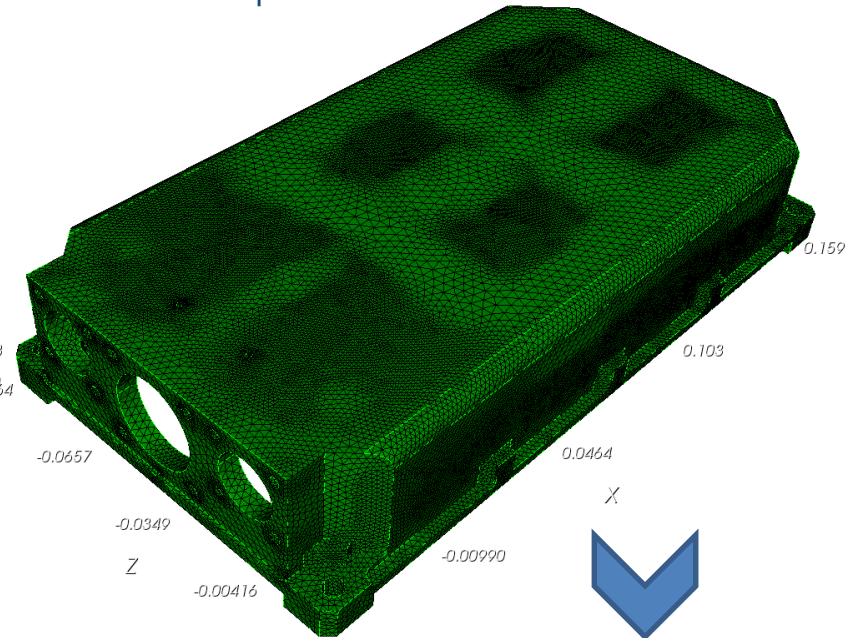
# Расчет лопатки авиадвигателя



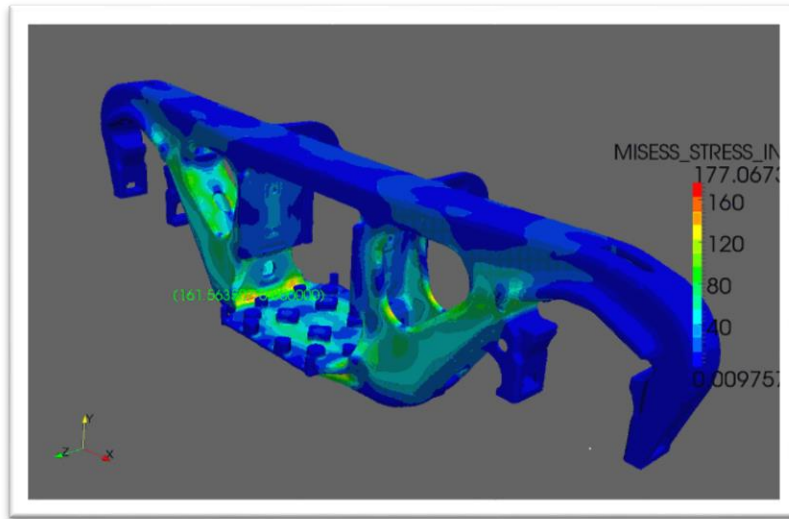
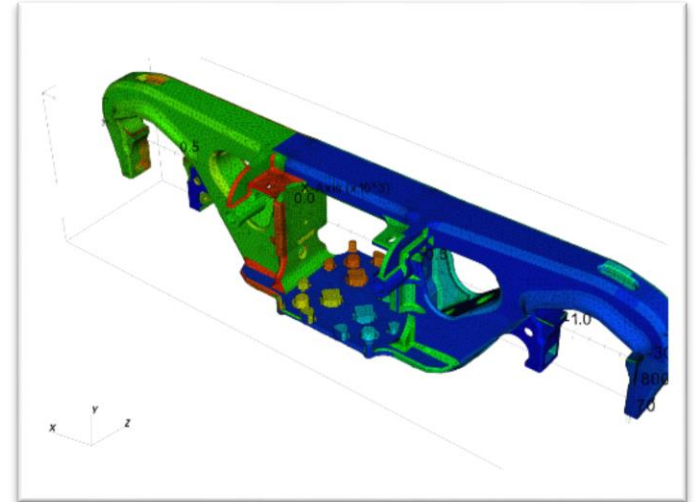
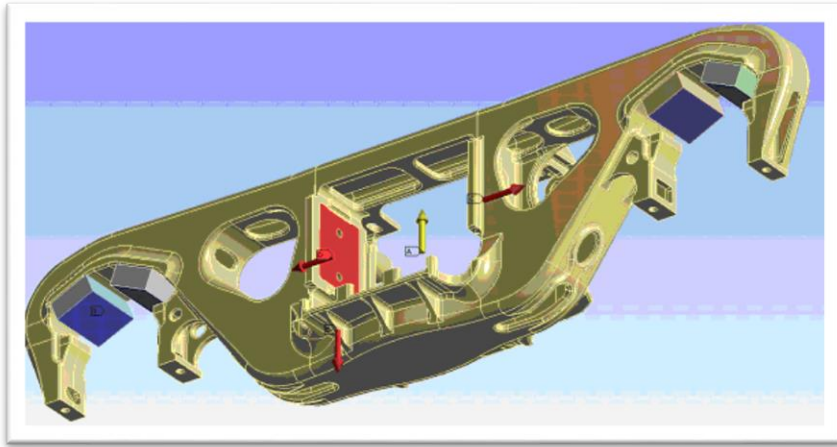
# Анализ защитной крышки электронной платы



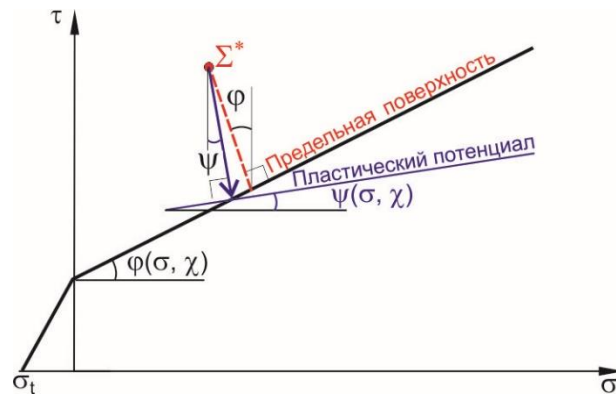
0.0450  
0.0338  
0.0225  
0.0113  
-0.00964



# Анализ боковины тележки железнодорожного вагона



# Анализ прочности деформируемого твердого тела с учетом физической нелинейности



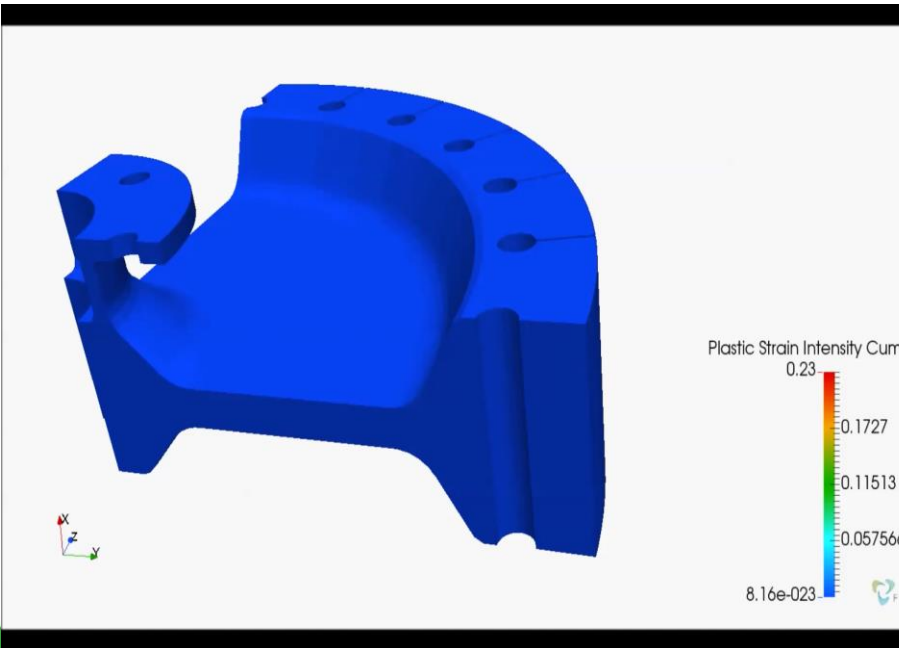
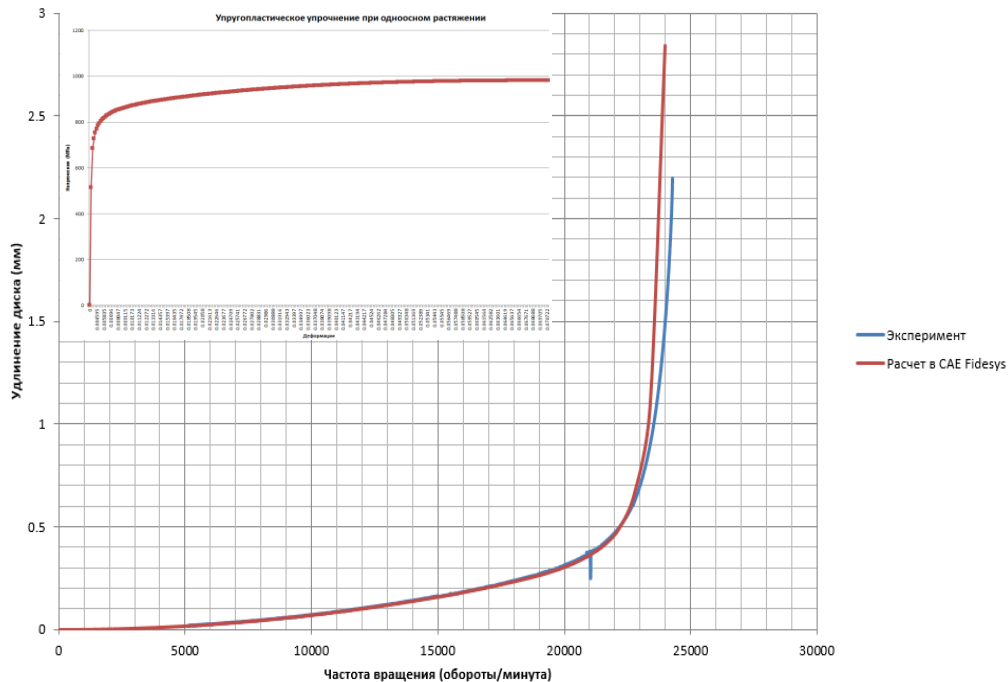
- Нелинейно упругие модели материалов (Мурнаган, Муни-Ривлин)
- Уругопластические модели (Мизес, Друкер-Прагер)
- Неассоциированный закон пластического течения
- Линейное/Полилинейное/Степенное упрочнение

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

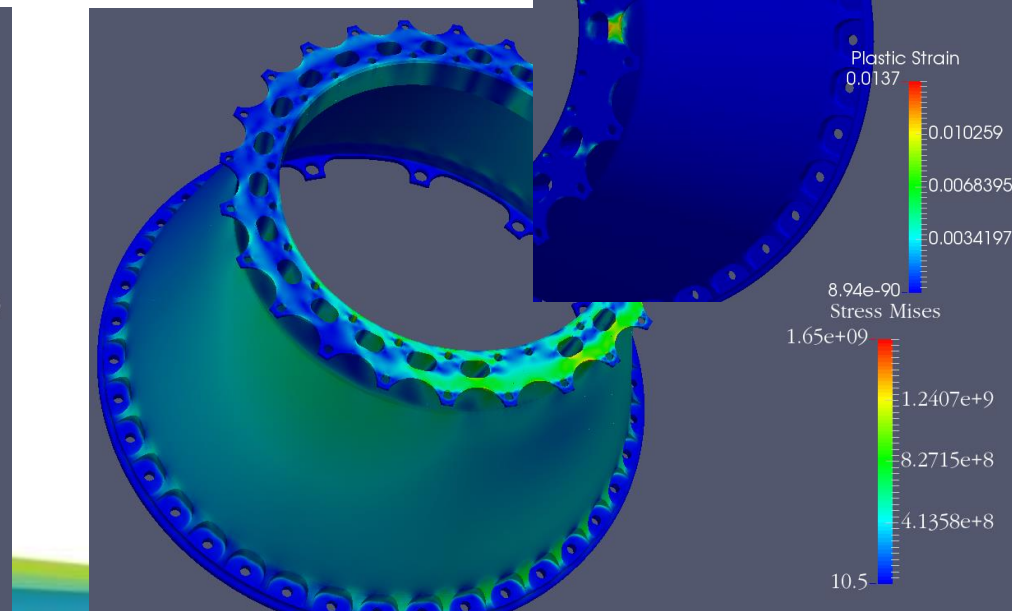
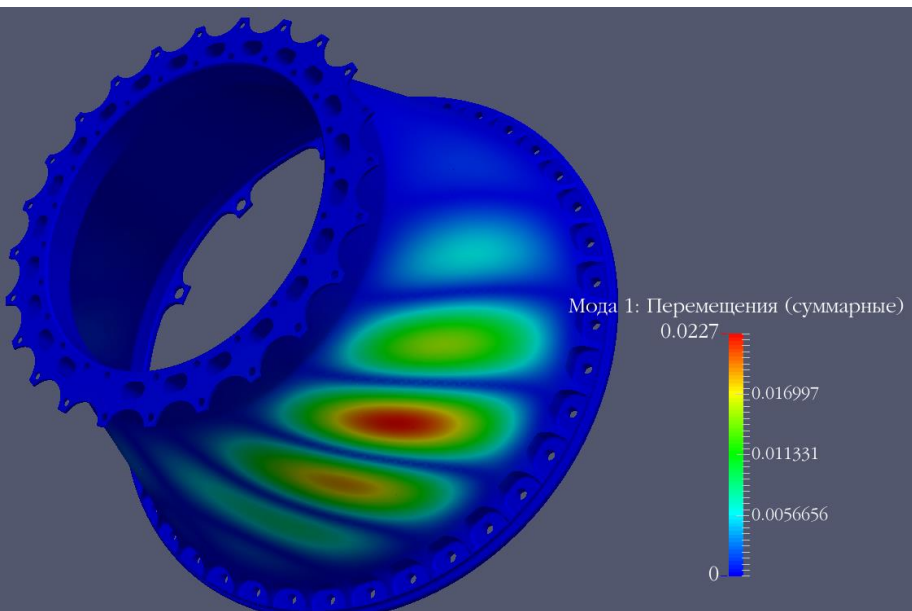
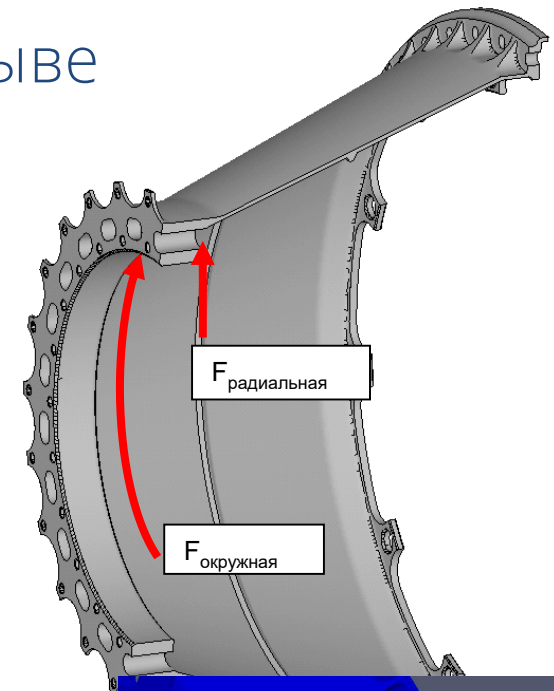
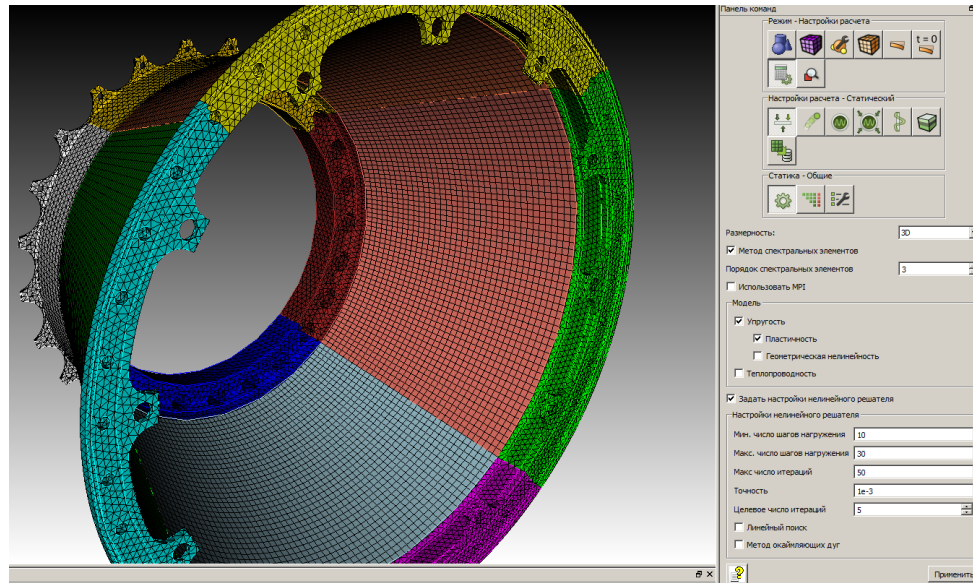
$$g(\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}^p) = 0, \quad g(\sigma, \tau) = \tau - \Lambda\sigma$$

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

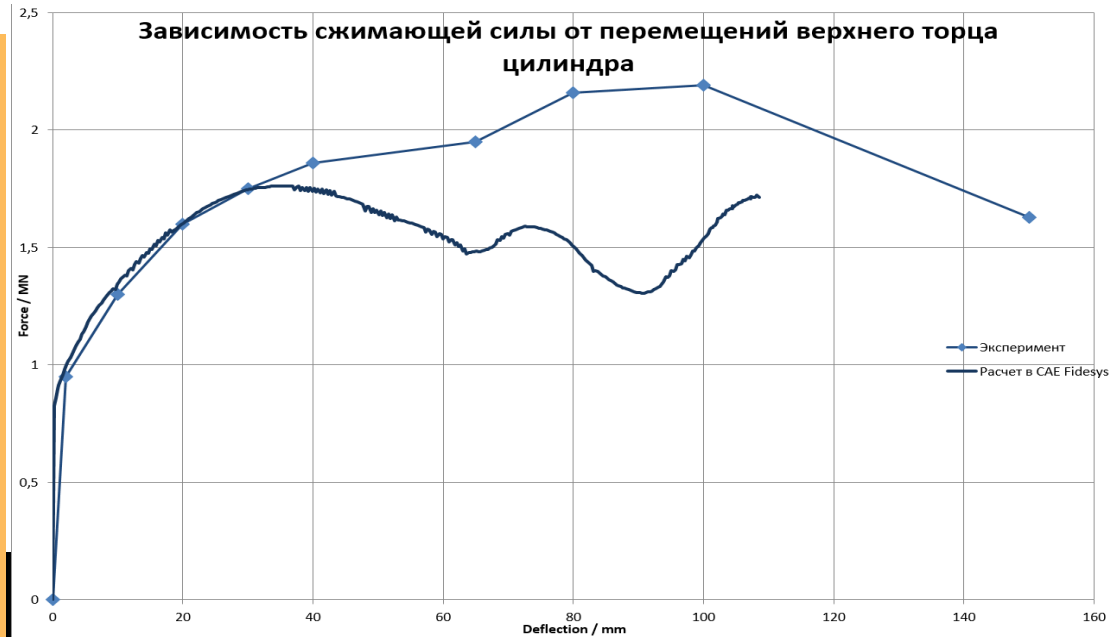
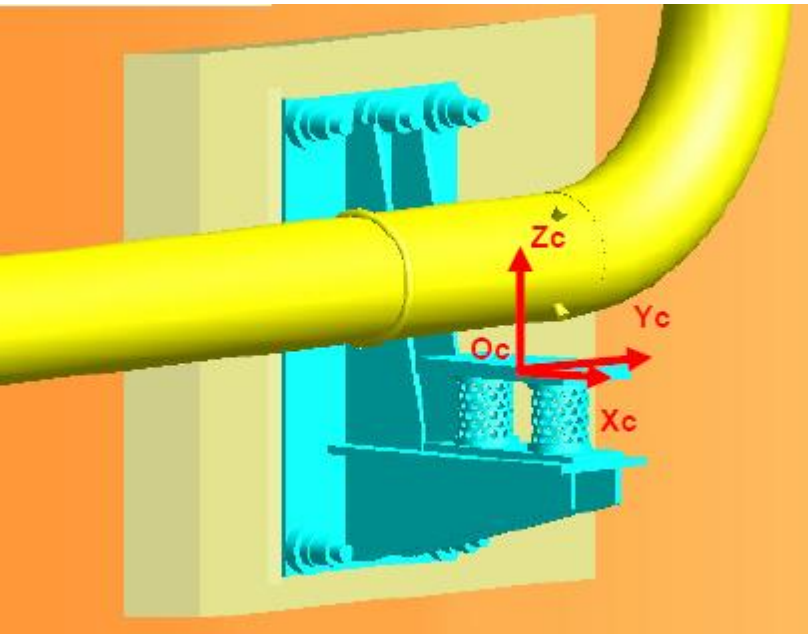
Зависимость удлинения диска от частоты вращения



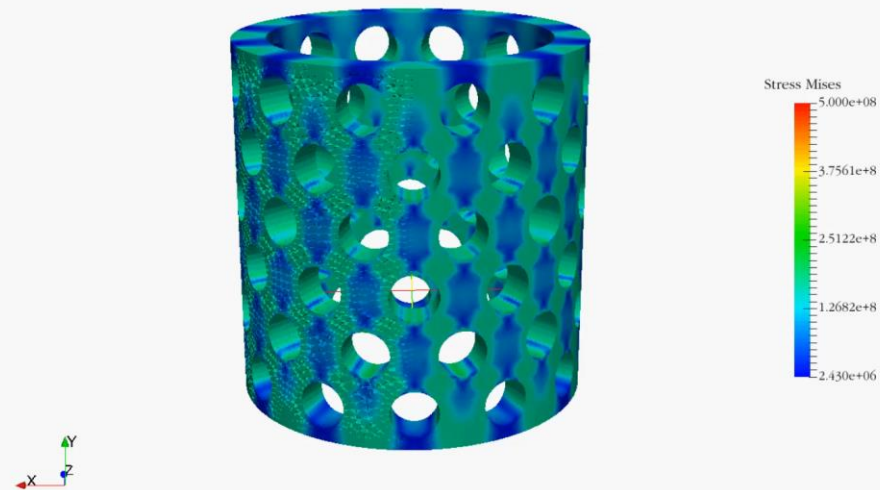
# НДС опоры подшипника при обрыве лопатки вентилятора



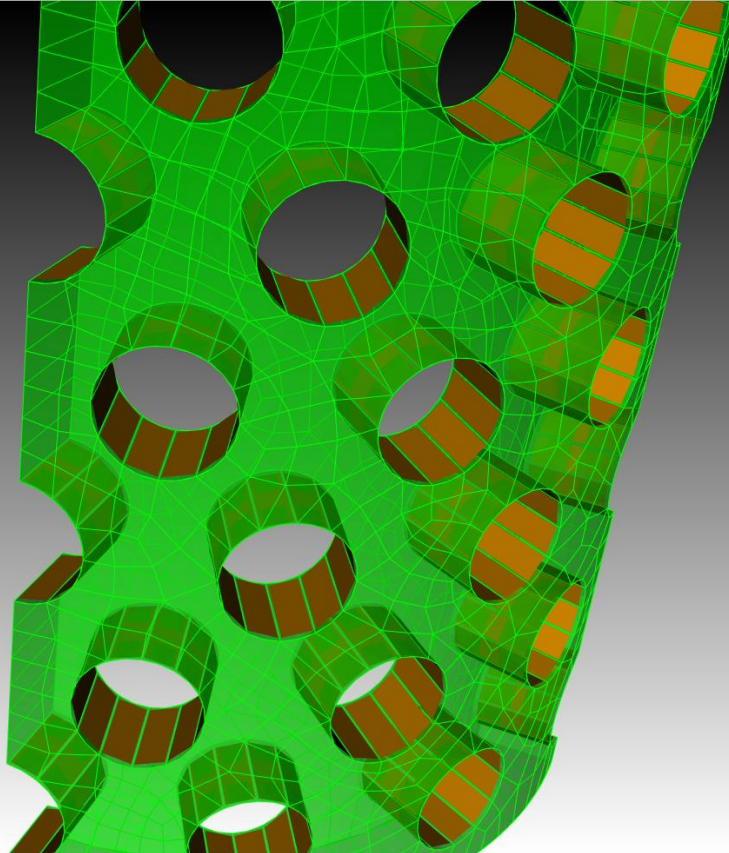
# Математическое моделирование деформаций ограничителей хлыстовых перемещений при разрывах трубопроводов



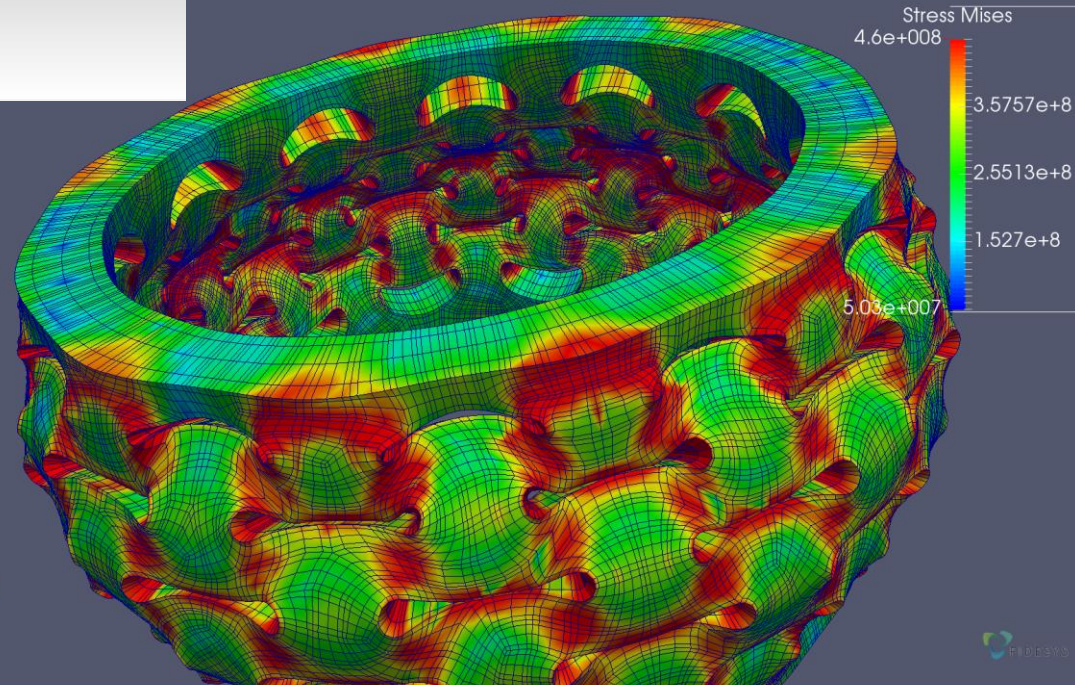
*Упругопластический расчет модели с нелинейным упрочнением при конечных деформациях и множественным самоконтактом*



# Криволинейная сетка в препроцессоре

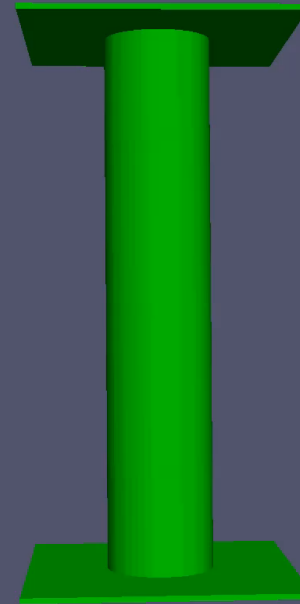
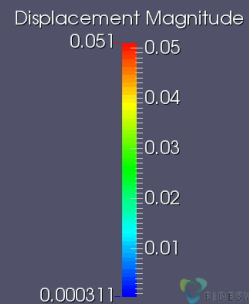
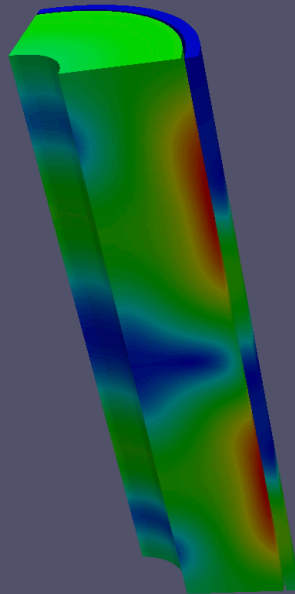


Результаты расчета  
на спектральных  
элементах в  
постпроцессоре



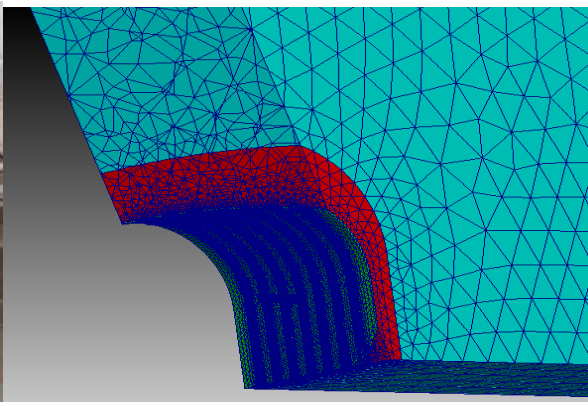
# Комплексные нелинейные задачи

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



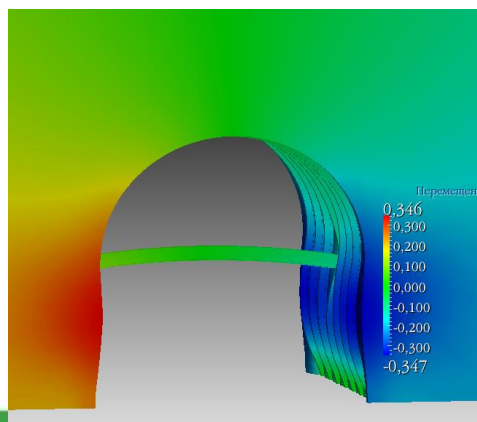


# Геомеханический анализ в капитальных горных выработках (> 30 млн. элементов)

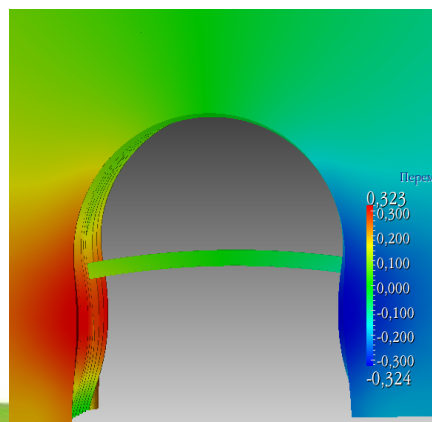


Произведен анализ текущей геомеханической ситуации в выработке и результат возможного укрепления горной массы затяжкой (тампонаж) или с помощью замены СВП 27 на СВП 33.

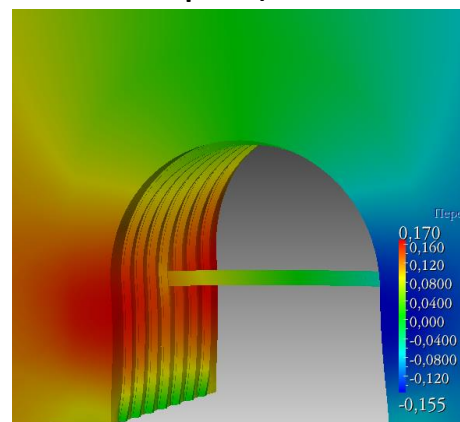
**Текущая ситуация**  
горизонтальная  
конвергенция 70см



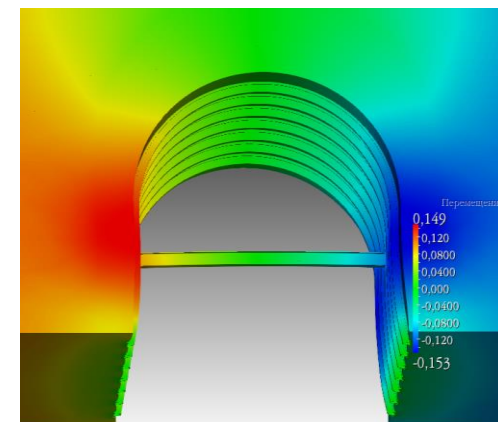
**Текущая ситуация**  
горизонтальная  
конвергенция 70см



**Укрепление (тампонаж)**  
Горизонтальная  
конвергенция 32 см

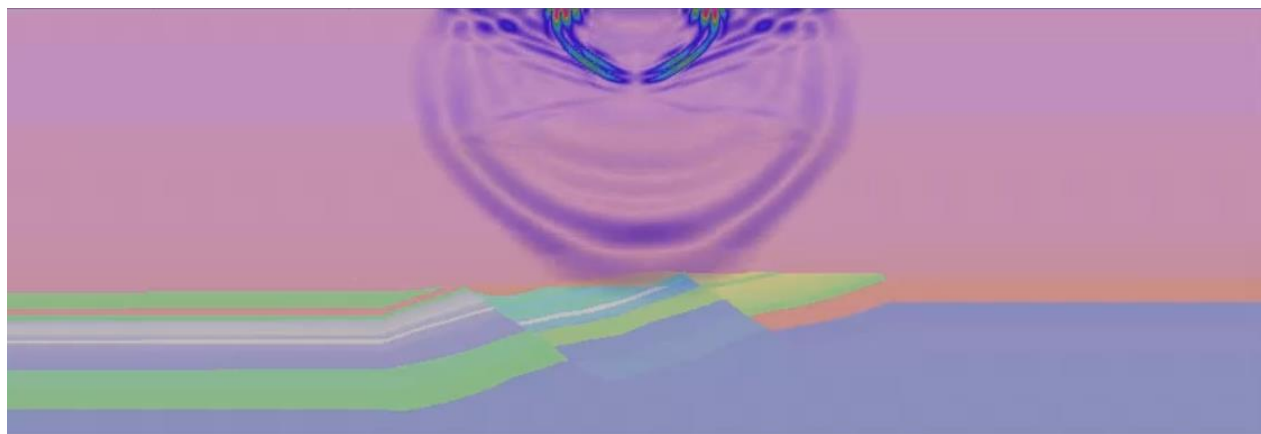
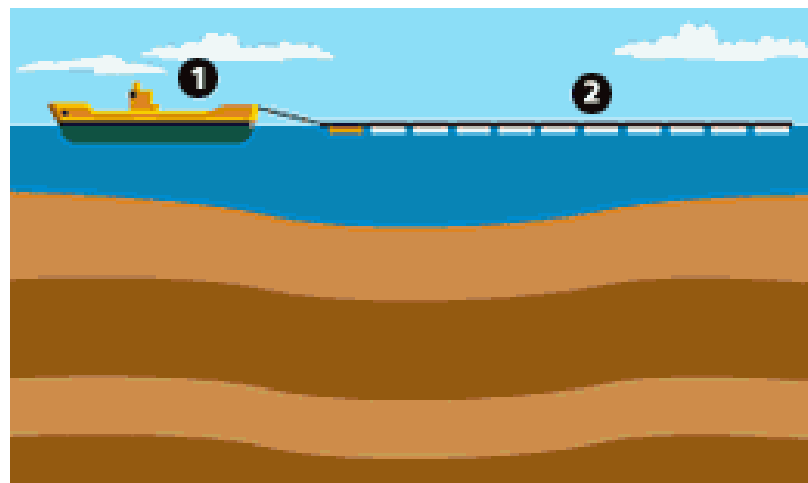


**Укрепление (тампонаж) +  
Замена СВП 27 на СВП 33**  
Горизонтальная конвергенция 30 см

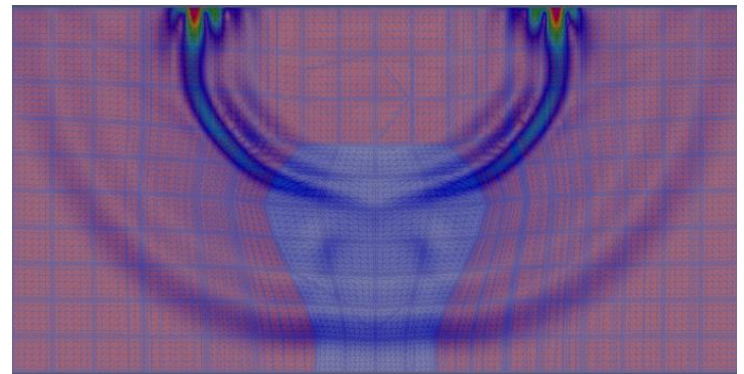
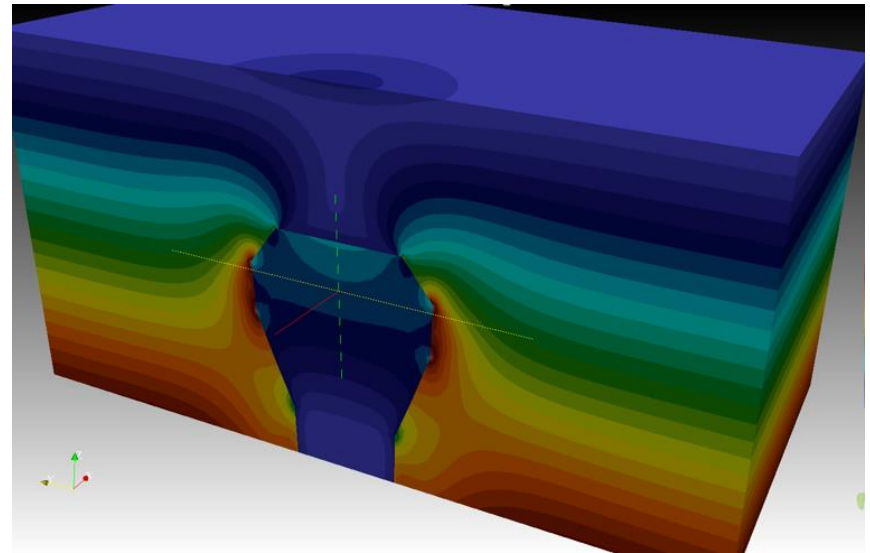
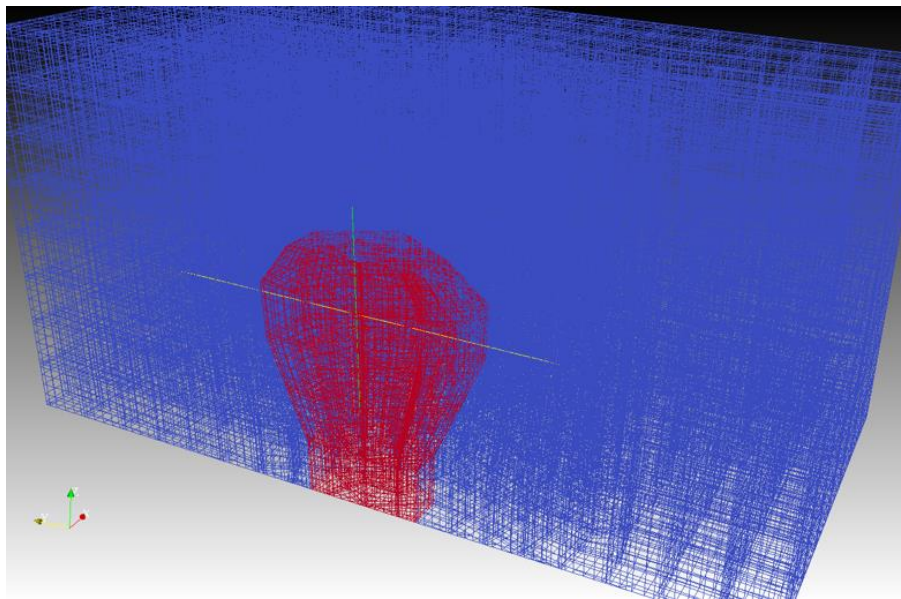


# Геофизические исследования

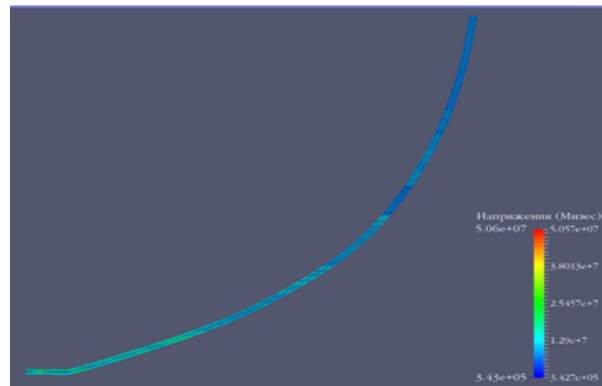
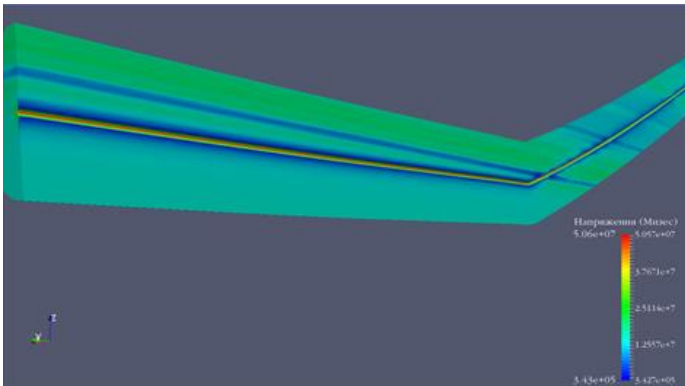
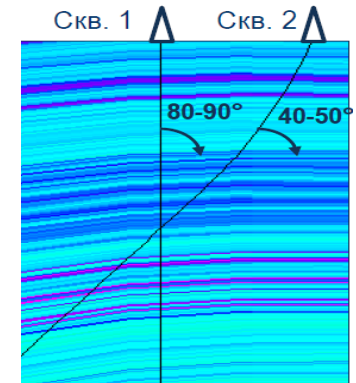
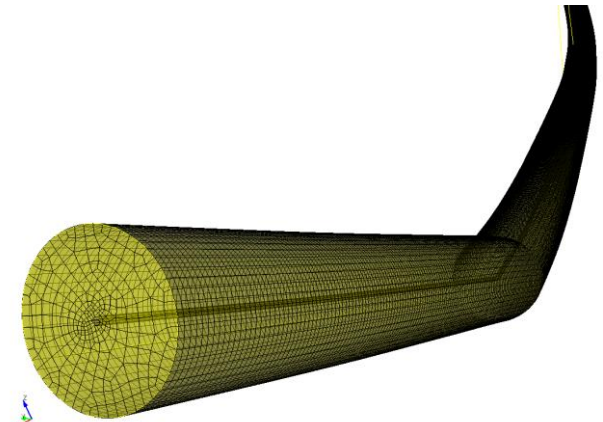
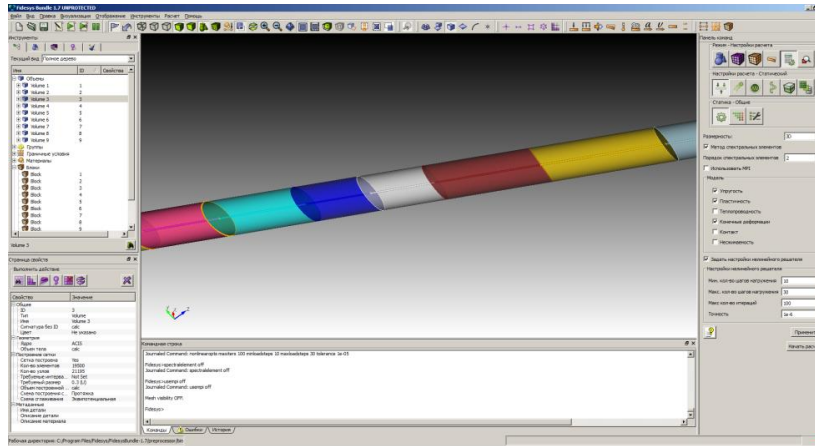
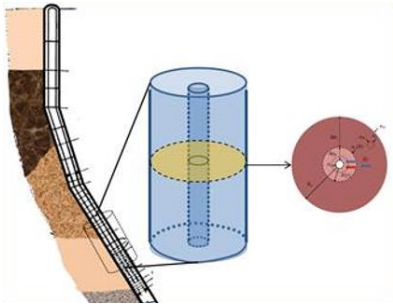
## Морские сейсмические исследования



Geophysics & Geomechanics  
позволяют исследовать условия  
на соляном куполе и в  
подсолевых слоях  
месторождения



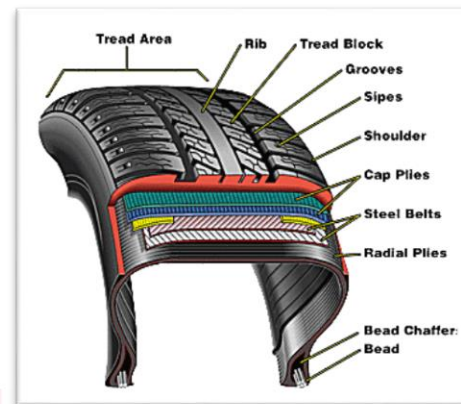
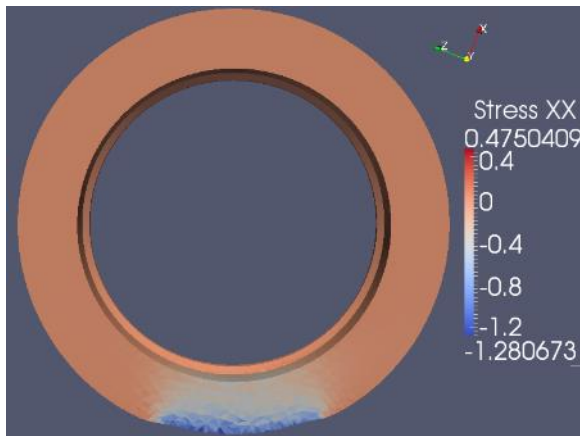
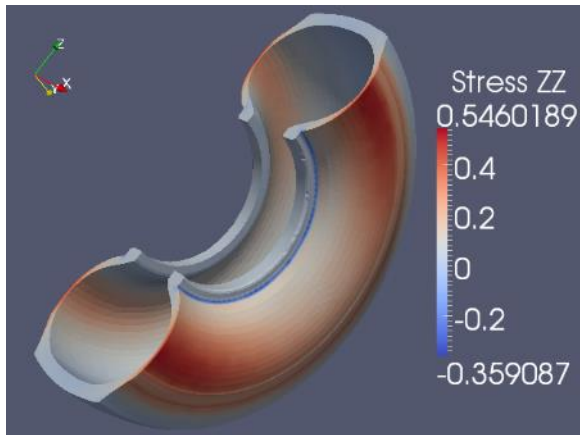
# 3D-анализ устойчивости ствола скважины



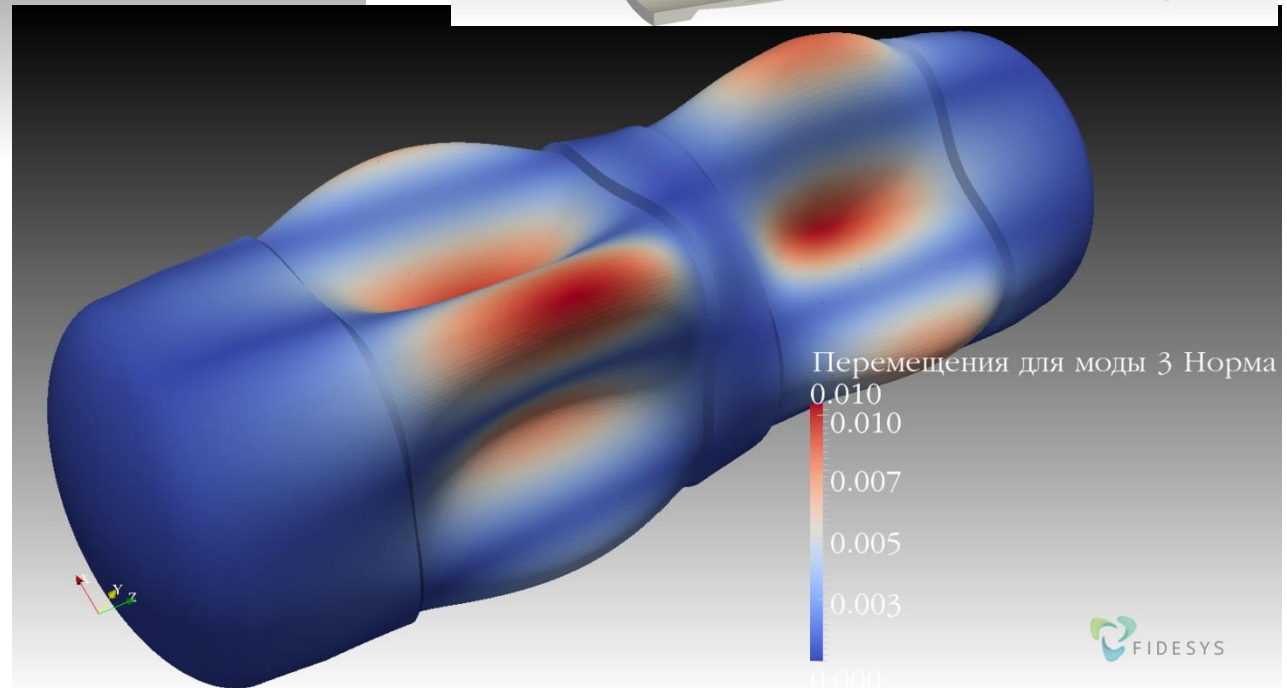
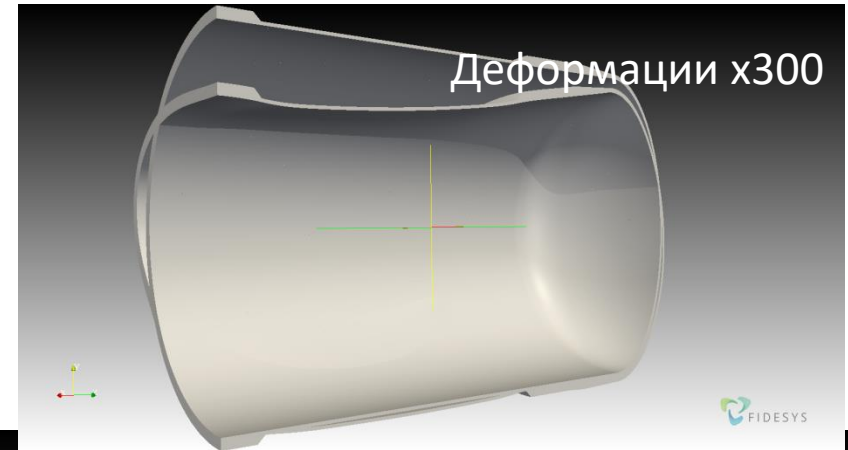
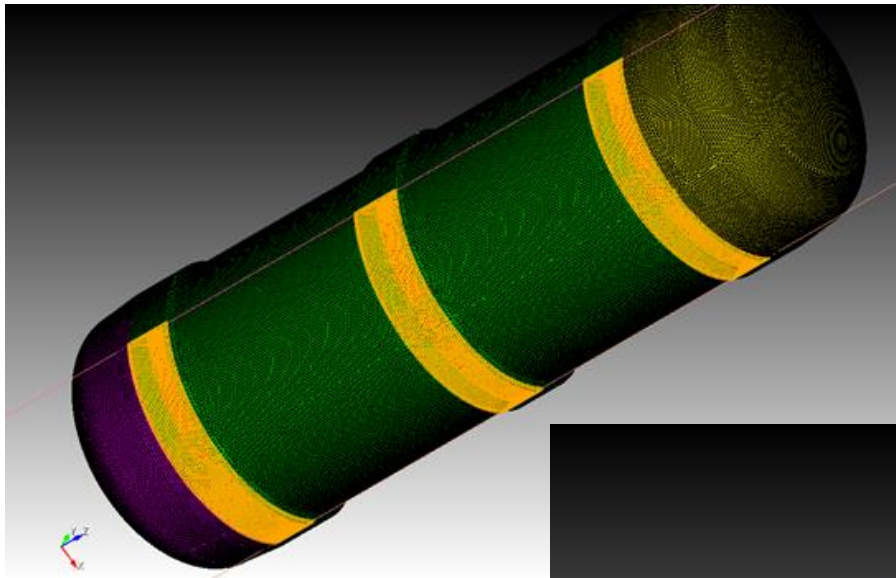
# Эффективные свойства композитных материалов

Fidesys Composite

- Моделирование реалистичной композитной микроструктуры
- Моделирование объектов, сделанных из резиновых корд



# Анализ композитной цистерны под воздействием внутреннего гидростатического давления



### **Технопарк «Сколково»**

Россия, г. Москва, Большой бульвар, 42, стр. 1, офис 2.212

*Email:* [contact@cae-fidesys.com](mailto:contact@cae-fidesys.com)

*Телефон:* +7 (495) 177-36-18

[www.cae-fidesys.com](http://www.cae-fidesys.com)