



ФИДЕСИС Viewer

Postprocessing, analysis  
and visualization of computational results

Free download

**Программный комплекс Fidesys.  
Российский CAE пакет.**

**Преимущества и ключевые компетенции.  
Функционал и области применения.  
Обучение и техническая поддержка.**



## Преимущества и ключевые компетенции

---

- Новый Метод Спектральных Элементов, и генератор неструктурированных сеток, дающий более высокую точность и скорость расчетов.
- Новые модели, учитывающие перераспределение конечных деформаций, многошаговое нагружение, поэтапное добавление/удаление материала.
- Новая платформа (возможность применения как в открытом, так и в частном облаке)
- Низкая стоимость лицензии при сопоставимом функционале с мировыми лидерами.
- Фундаментальные математические знания команды и опыт создания коммерческих программных продуктов.
- Опыт создания специализированных решений для заказчиков.
- Опыт разработки и проведения образовательных курсов



## Ценность для клиента

Благодаря применению метода спектрального элемента и генератору неструктурированных сеток CAE Fidesys позволяет полноценное и эффективное использование 3D геомеханического моделирования в добывающих отраслях, в частности:

- снижение рисков и потерь при проходческих работах (скважины, штреки и т.п.)
- уточнение запасов и характеристик месторождения (анализ и эффективные свойства коллекторов, моделирование сеймики)
- оптимизация стратегии извлечения (бассейновое моделирование, сопряженное гидродинамическое моделирование, моделирование гидроразрыва).
- предотвращение опасных и катастрофических событий при добыче (предсказательное моделирование поведения объектов, моделирование пластового давления и горного удара)



## Продукты и услуги

### CAE Fidesys Геомеханика

Реализован в коробочной версии и в облаке.

Более функциональный, быстрый и точный аналог VISAGE

Безшовно интегрирован с Roxar RMS, интегрирован с ECLIPSE

Поддерживает формат SegY

Позволяет благодаря :

модулю Dynamics проводить полномасштабное модулирование сейсмики;

модулю Composite проводить расчет эффективных свойств породы (керна);

модулю HPC распараллеливать решение задач и рассчитывать на суперкомпьютере объекты размером до 1 млрд ячеек.





# Продукты и услуги. Структура CAE Fidesys

## Основные части

**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 (стац. и нестац. теплопроводность).

## Дополнительные модули (приобретаются отдельно)

**Fidesys Dynamics**  
Метод спектральных элементов.  
Нестационарные задачи  
с высокой точностью

**Fidesys Composite**  
Оценка эффективных свойств  
композитов

**Fidesys HPC**  
Ускорение расчетов  
(распараллеливание вычислительных  
процессов)

- 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.



## Продукты и услуги

---

**Наша команда обладает обширным опытом как в постановке инженерных задач на основе потребностей заказчика, так и в создании программных продуктов для инженерного анализа под индивидуальные требования заказчика.**

Мы можем выполнить работы на всех этапах инженерного анализа:

Постановка инженерной задачи под конкретную потребность заказчика.

Формализация поставленной инженерной задачи и ее дальнейшая реализация в программном коде.

Разработка специализированных программных решений, учитывающих специфические задачи отрасли заказчика.

Разработка и поддержка полноценных пакетов инженерного анализа с частично открытым кодом.

Решение задач проектирования с привлечением экспертов – лидеров из научных кругов.

Решение конкретных инженерных задач под заказ с официальным подтверждением точности расчетов.



# Обучение и техническая поддержка



Русско -и англоязычная оперативная техподдержка

Очное или удаленное обучение.

Опыт организации учебных программ и курсов для ВУЗов



Типовая программа обучения

<b>День 1</b>	Введение в метод конечных элементов для инженеров
<b>День 2</b>	Изучение видов сеточных элементов. Обзор процесса построения сеток
<b>День 3</b>	Построение гибридных сеток, работа со сборками, с материалами и блоками
<b>День 4</b>	Постпроцессинг. Настройки точности итерационного решателя и их влияние на результат
<b>День 5</b>	Автоматизация и программирование в препроцессоре с использованием консольных команд, Arprepro и Python



## Наши клиенты



«Газпром-нефть»



ОАО «СПМБМ "Малахит»



АО «ПО «Севмаш»

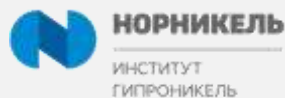


Сколковский институт науки и технологий

«Сколтех»



«Arcelor Mittal»



ООО «Институт Гипроникель»



ОАО «ВНИМИ»



АО «НИИ «Аргон»



МКБ «Радуга»



ОАО «ВНИИКП»



ООО «КТЦ»



ОАО «НИКИЭТ»

ЗАО «НПО «Ленкор»



ФГУП «ГНЦ РФ ТРИНИТ»



ООО Лаборатория «Вычислительная механика» (CompMechLab®) и другие предприятия



МГУ  
им. Н.Э. Баумана



ВолгТУ



ТвГТУ



ТГПУ



Университет «Дубна»



МГУ и другие ВУЗы





## О компании

---

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 им. М.В. Ломоносова. Компания имеет статус резидента Инновационного центра «Сколково».

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).





# Спасибо за внимание!


**Черных Константин Юрьевич**

Генеральный Директор «Фидесис»



Технопарк Сколково  
121205, Россия, г. Москва, Большой бульвар, 42,  
стр. 1, офис 2.212



Телефон/мобильный:  |  
+7 (495) 177-36-18  
+7 (906) 716-44-57

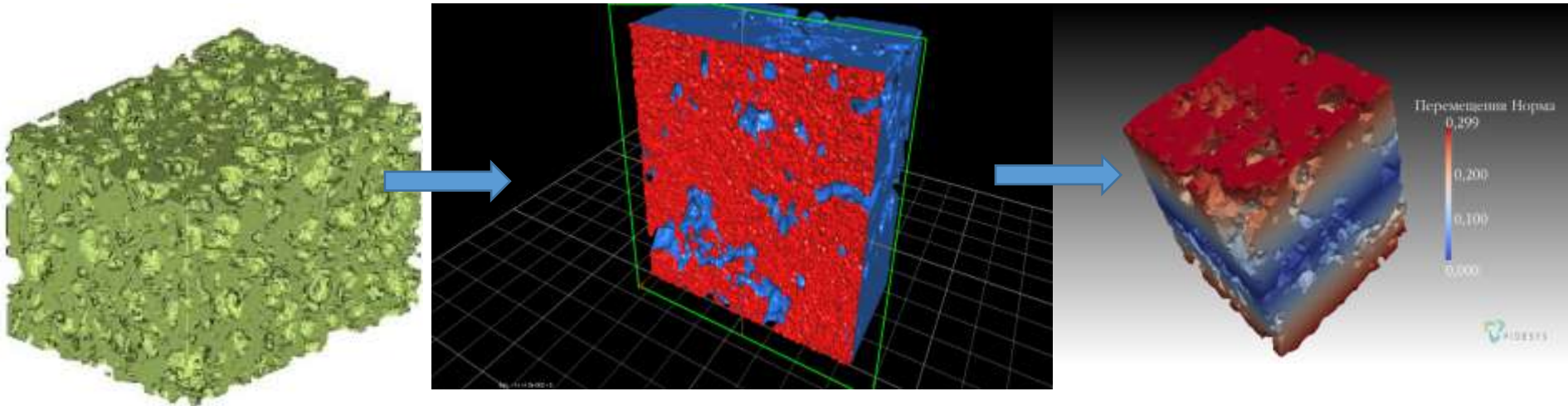
[chernykh@cae-fidesys.com](mailto:chernykh@cae-fidesys.com)  
[www.cae-fidesys.com](http://www.cae-fidesys.com)  
[www.prove.design](http://www.prove.design)



Приложение.  
Примеры решенных задач для  
добывающих отраслей

# Анализ керна по данным томографии

Вершинин А. В., Улькин Д. А., Яковлев М. Я. Вариант численной оценки эффективных механических характеристик керна с помощью сав-системы fidesys // XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. — Издательство Казанского университета Казань, 2015. — С. 744–746



Эффективные свойства ищем в виде зависимости тензора напряжений от тензора деформаций в общем виде:

$$\sigma_{mn}^e = C_{mnij} E_{ij}^e$$

Возможность изменять свойства материалов, определяющие соотношения, насыщенность пор. Моделируются различные типы экспериментов: одноосное, гидростатическое, ...

Результаты расчетов в виде:

- 21 компоненты тензора упругости;
- Распределения напряжений/деформаций;
- Зависимостей от типа материала, пористости, ...

# Эффективные свойства трещиноватых сред

*Данные предоставлены Лукойл Инжиниринг*

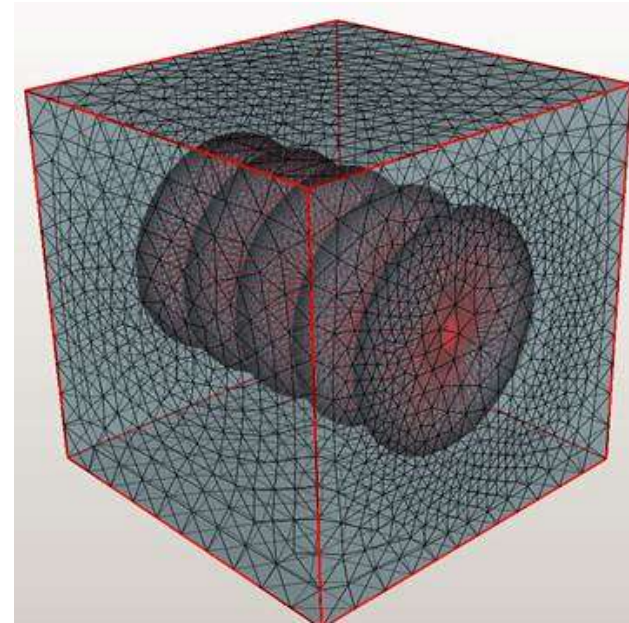
- Трещины параметризуются как плоские эллипсоидальные включения, заполненные жидкостью или газом
- Степень влияния трещин на упругие модули зависит от комбинации нескольких параметров:
  - Аспектное отношение трещин-эллипсоидов
  - Количество трещин ( $\sim$  трещинная пористость)
  - Тип заполнителя (жидкость/газ)
- Если трещины – эллипсоиды вращения (оси эллипсоида  $r_1 = r_2 \gg r_3$ ), а исходная порода изотропная, то итоговая трещиноватая порода будет относиться к классу трансверсально-изотропных сред

27 моделей:

3 различных аспектных отношения: 1:50, 1:100, 1:200

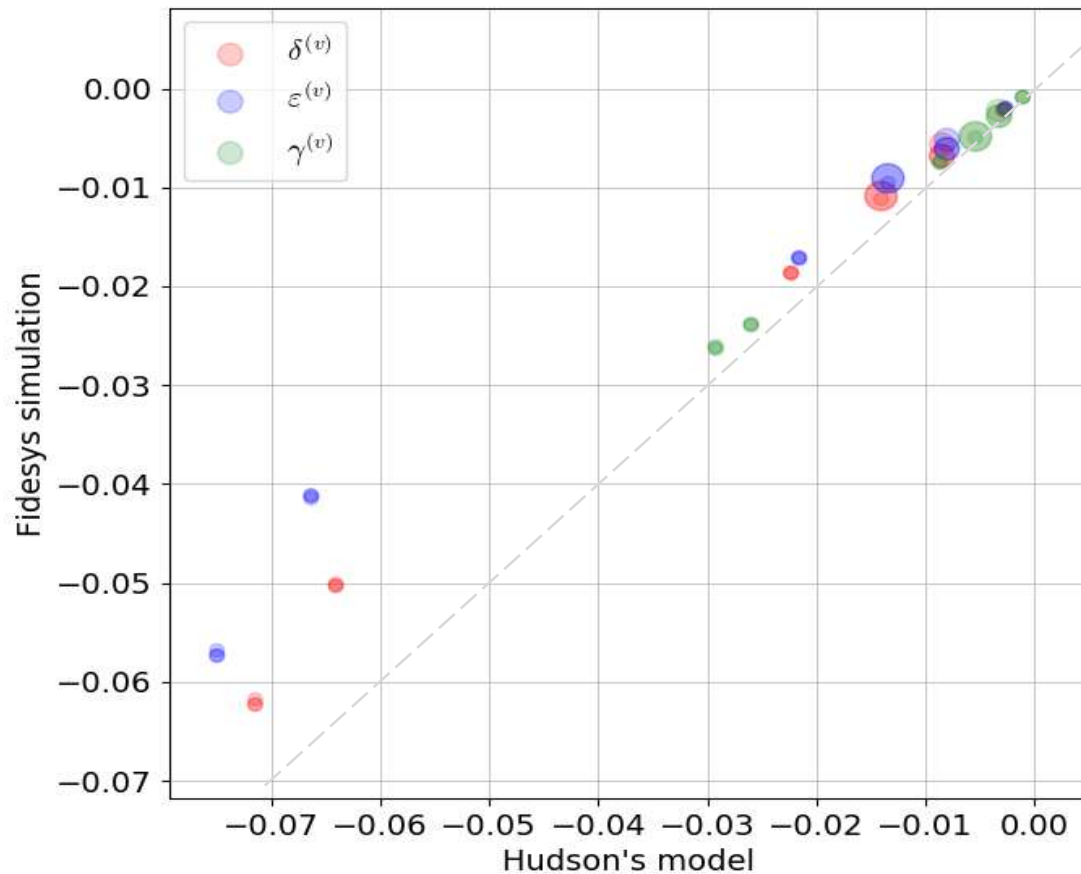
3 различных диаметра трещины (большой радиус):  $r_1 = 1, 2, 3$

с 1, 3 или 5 трещинами на исходный объём



# Результаты расчета

Параметры  $C_{ij}$  пересчитываются в безразмерные коэффициенты анизотропии Рюгера-Цванкина  $\varepsilon^{(v)}$ ,  $\delta^{(v)}$ ,  $\gamma^{(v)}$  и сравниваются с предсказанными по модели Хадсона (Hudson, 1980)

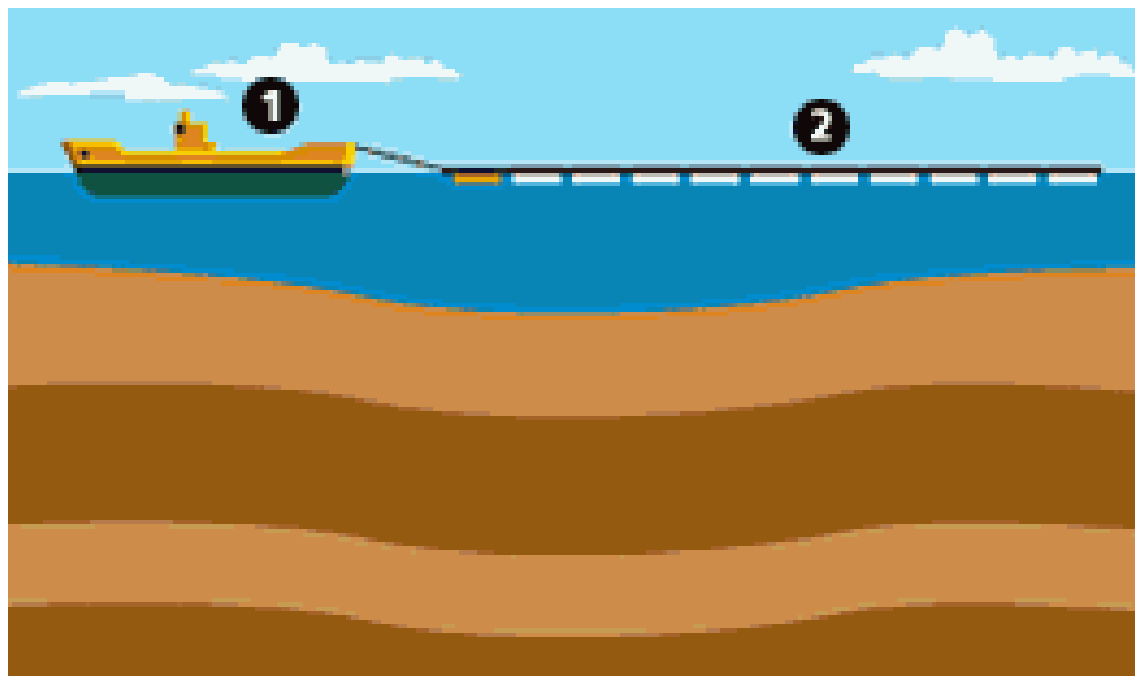


Преимущества работы с CAE Fidesys по сравнению с теоретическими расчётами упругих модулей в том, что можно задавать и обсчитывать трещины произвольной формы с различным аспектным отношением и ориентацией (в то время как в модели Хадсона предполагается, что все трещины в породе одинаковые)

# Сейсмическое моделирование:

состояние вопроса и предпосылки

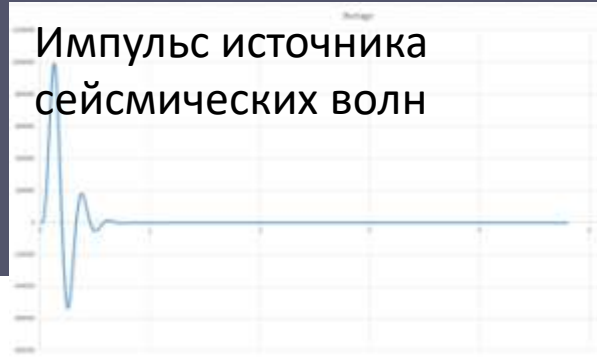
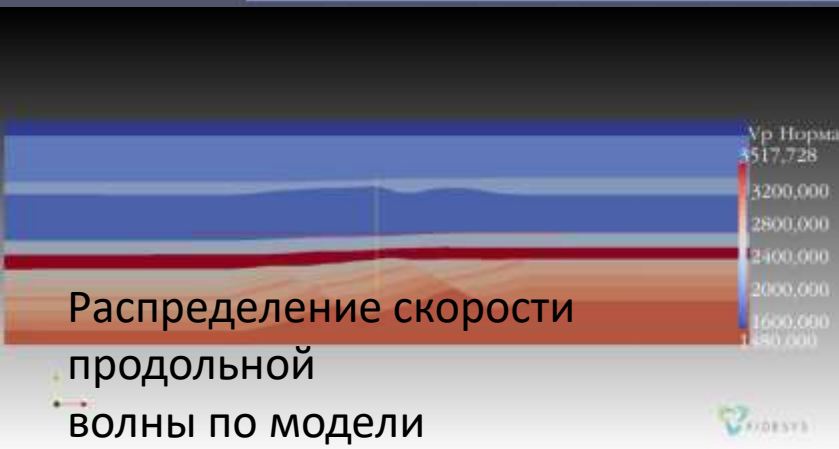
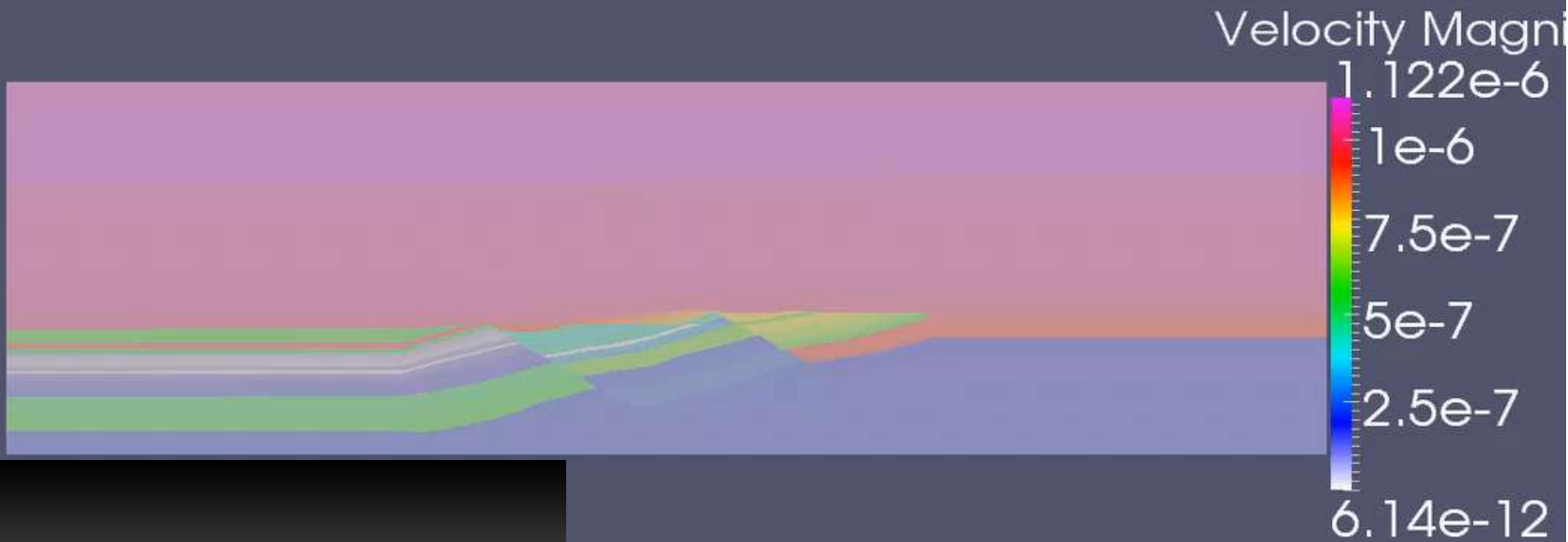
1. Существующее ПО для решения данной задачи не позволяет учитывать сложные особенности строения геологических слоев, поскольку основано на стандартных методах моделирования.
2. Разрешающая способность измерительной аппаратуры превышает погрешность моделирования (особенно в сложнопостроенных объемных областях).
3. Современные задачи геологоразведки требуют повышения точности моделирования, учета сложного геологического строения месторождений, решения сверхбольших задач.



1 – тральщик сейсмической косы

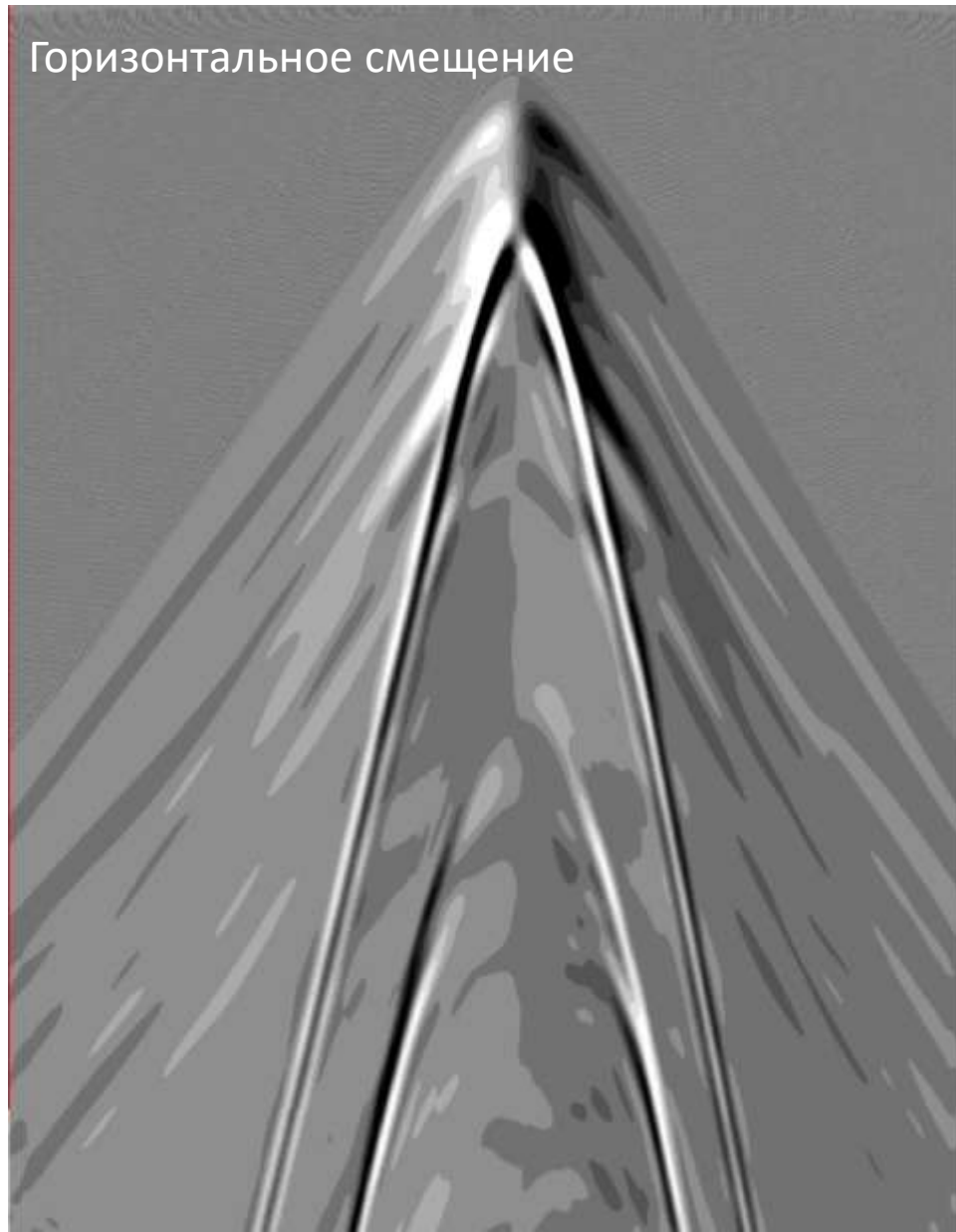
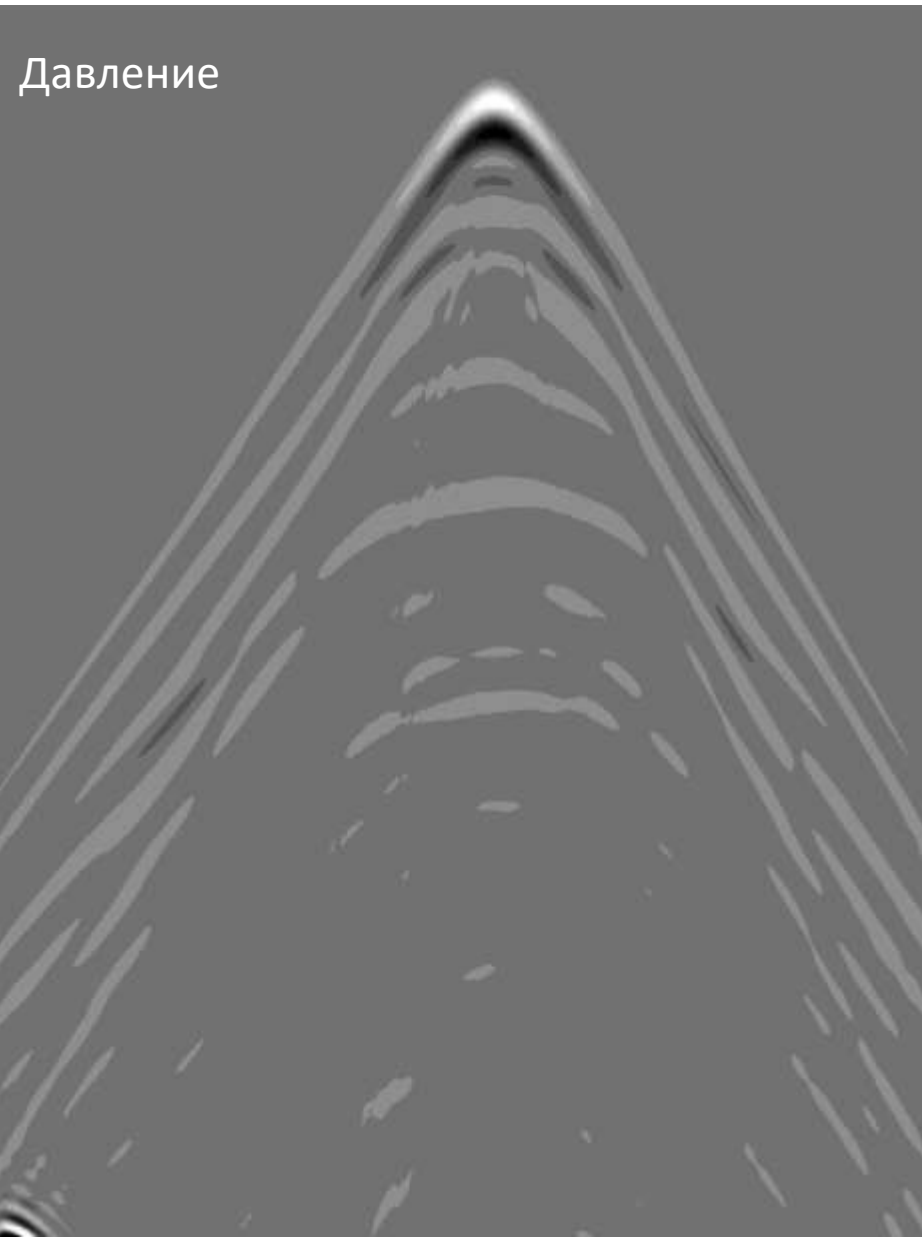
2 – сейсмическая коса  
(излучатель и приемники  
сейсмического сигнала)

# Пример полноволнового моделирования в сложнопостроенной геологической модели

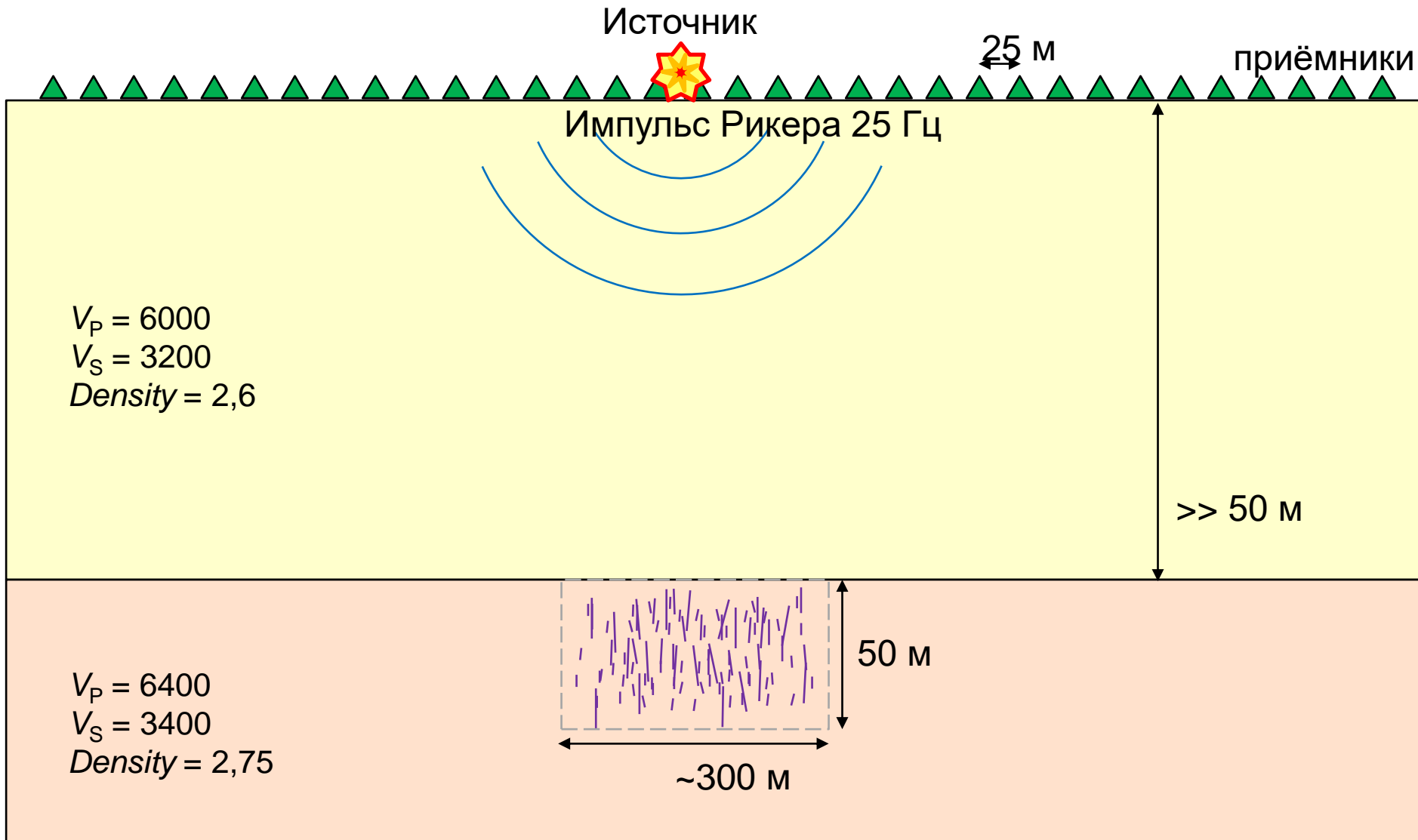




# Синтетические сейсмограммы

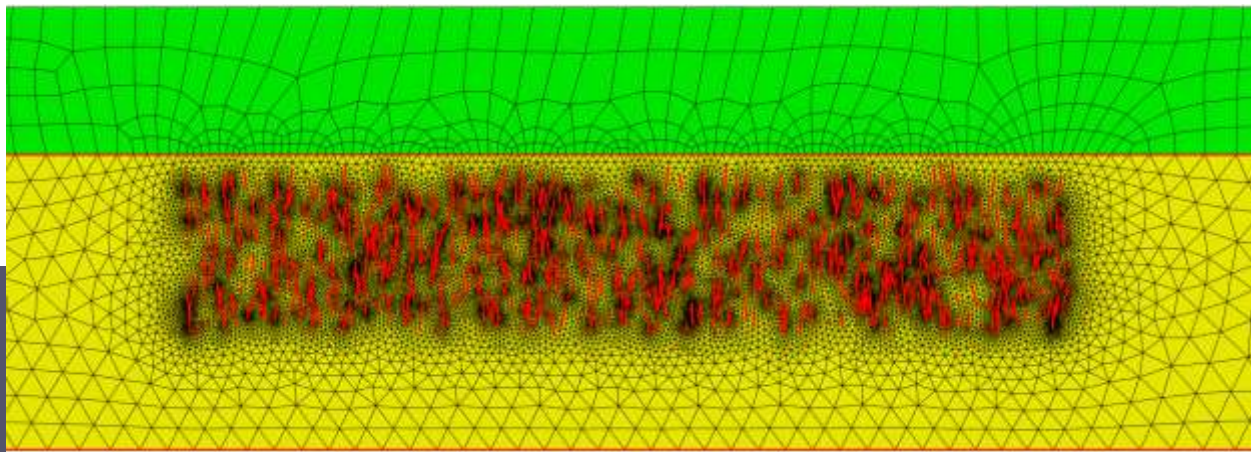


# Сейсмический мониторинг трещиноватости (*ArcelorMittal*)



# Результаты численного моделирования

Двуслойный массив с системой трещин (длина 0.5-10 м, углы падения +/- 15°), являющихся источником вторичных волн.



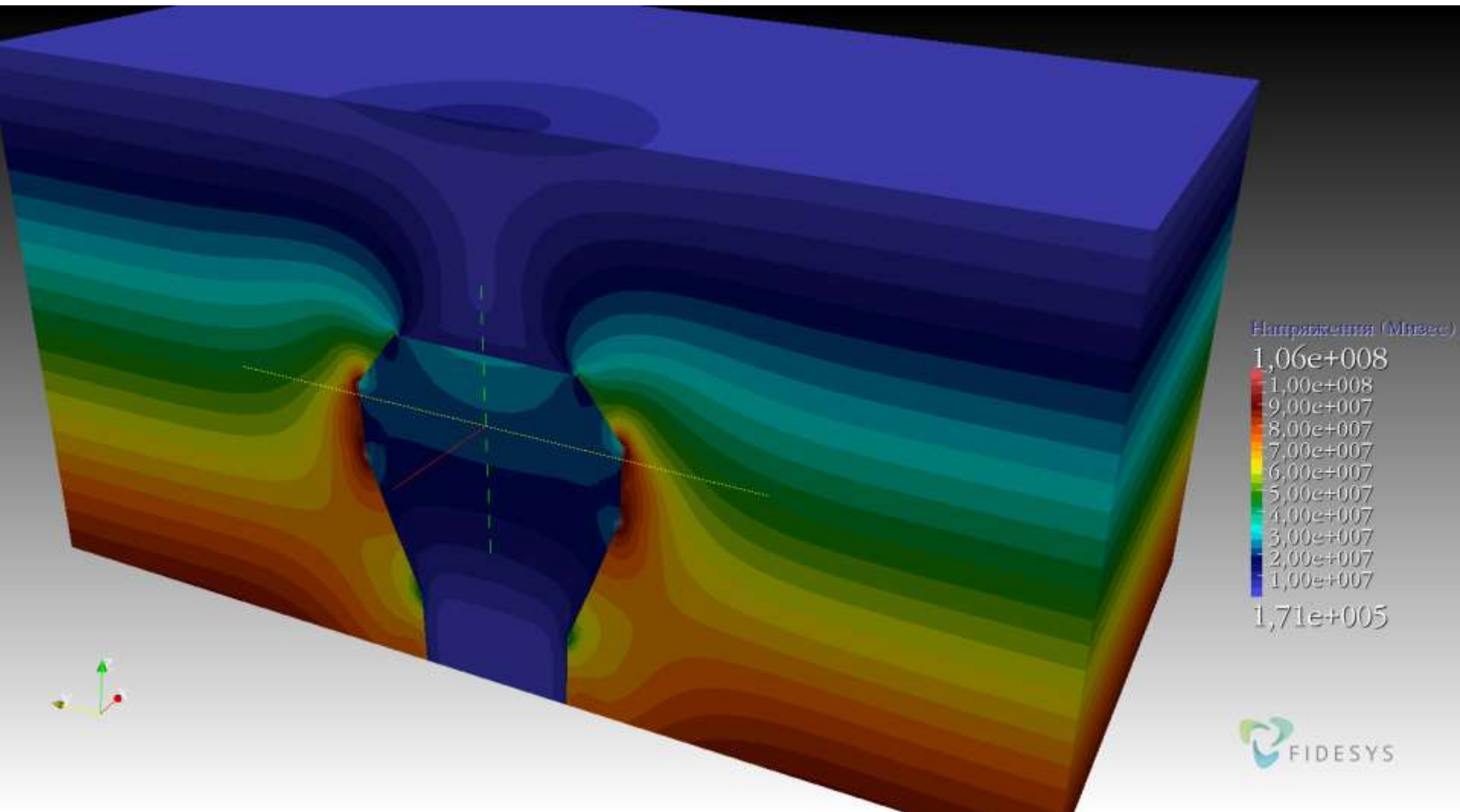
Скорости (суммарные)

0

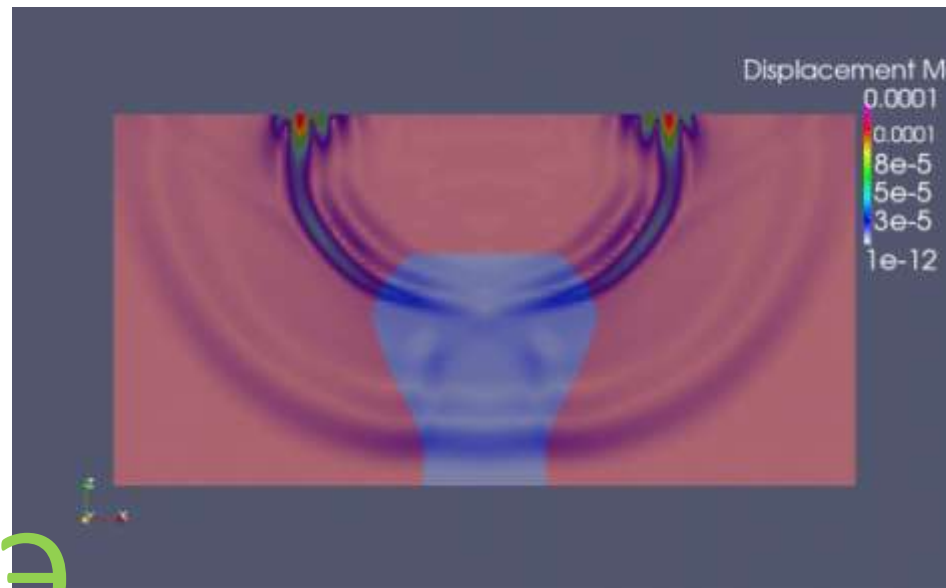
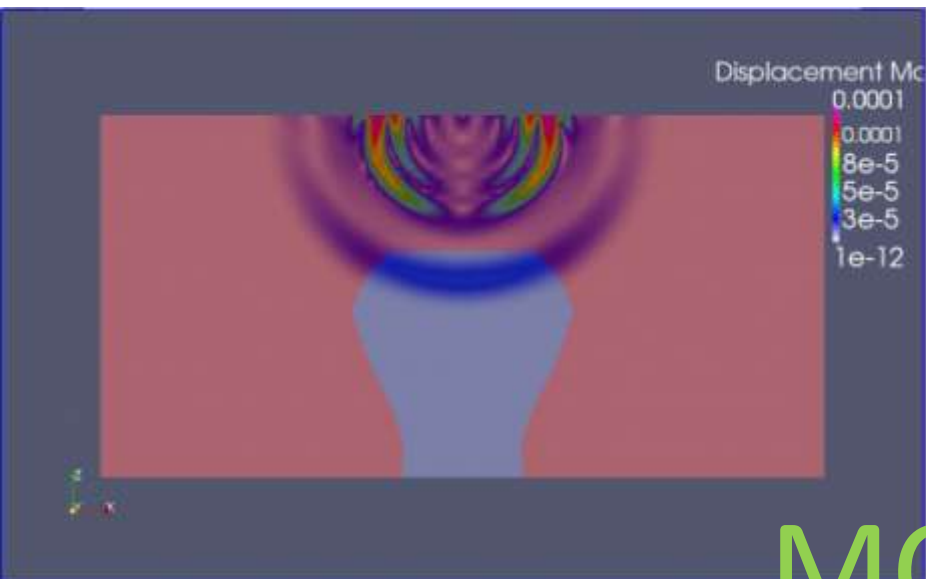
0



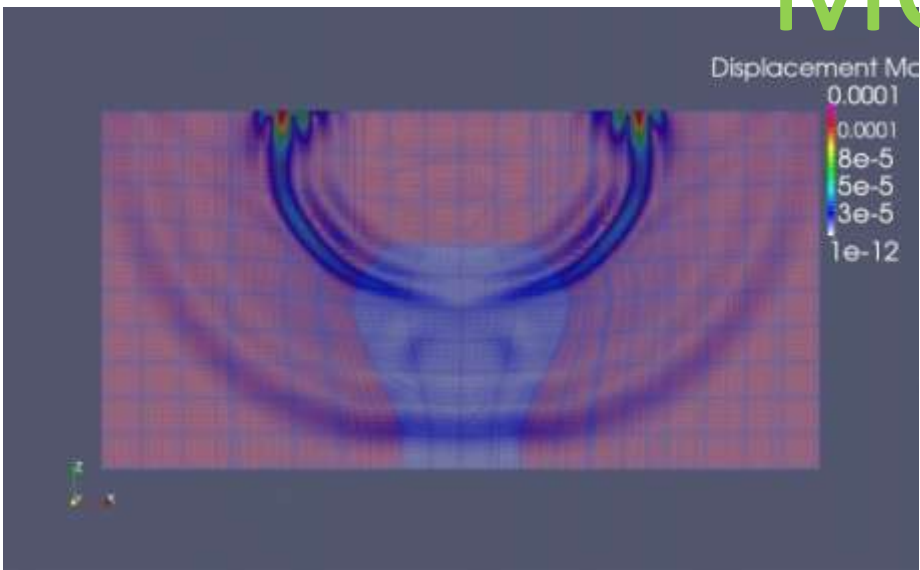
# Расчет начальных геомеханических напряжений



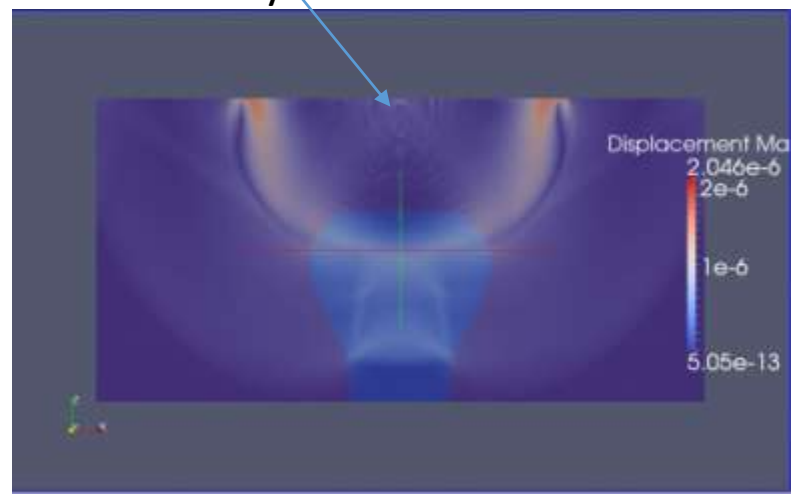
# Сейсмические волны в преднапряженном массиве



МСЭ



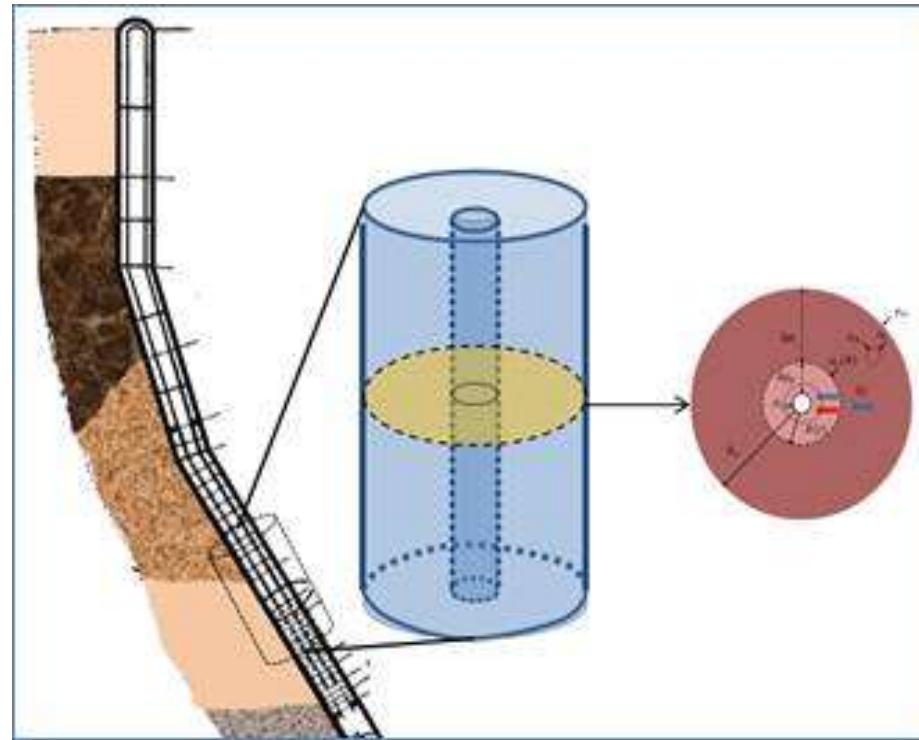
Численная дисперсия в волне Рэля в случае МКЭ



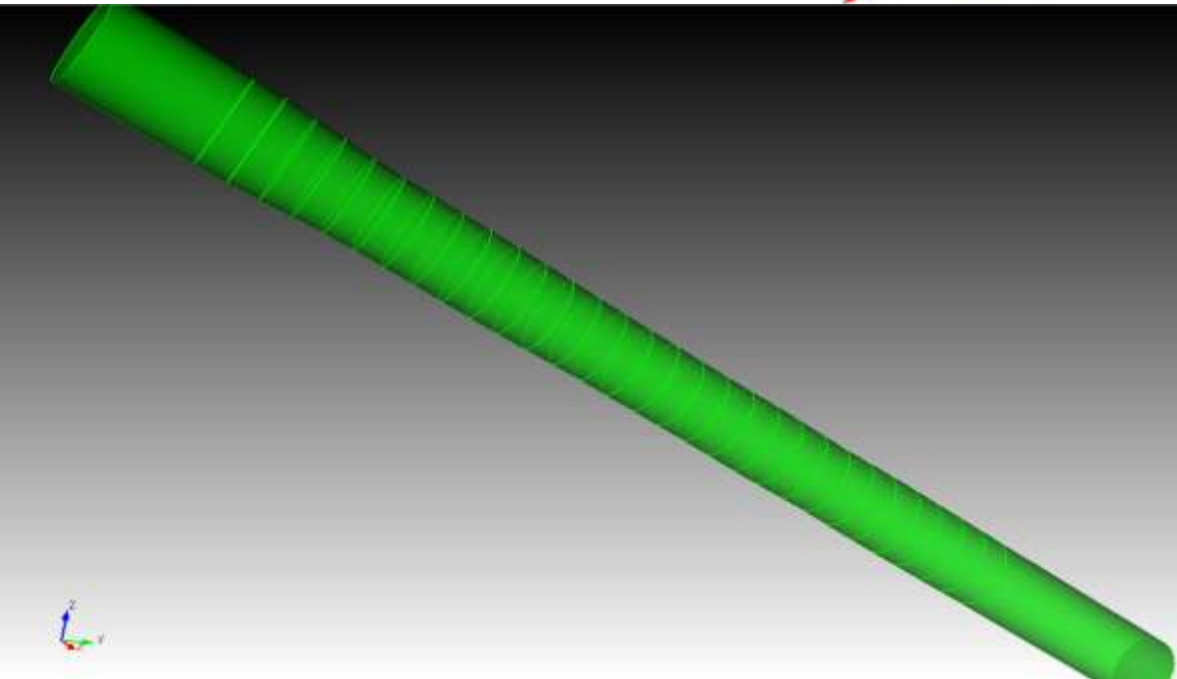
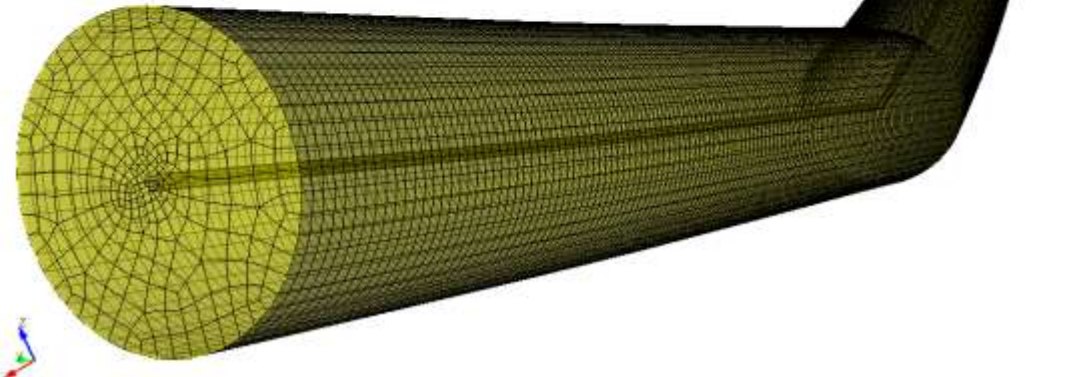
# Физическая постановка задачи устойчивости ствола скважины

Одной из ключевых задач геомеханики в области бурения является определение технологических параметров, при котором ствол скважины будет сохранять свою стабильность. Порода имеет свои характеристики (модуль упругости, коэффициент Пуассона, плотность, углы трения и дилатансии, пределы прочности и текучести на растяжение и сжатие, сцепление, пористость, проницаемость, сжимаемость и пр.). Кроме того, порода находится в напряженном состоянии, которое определяется компонентами тензора напряжений в каждой ее точке.

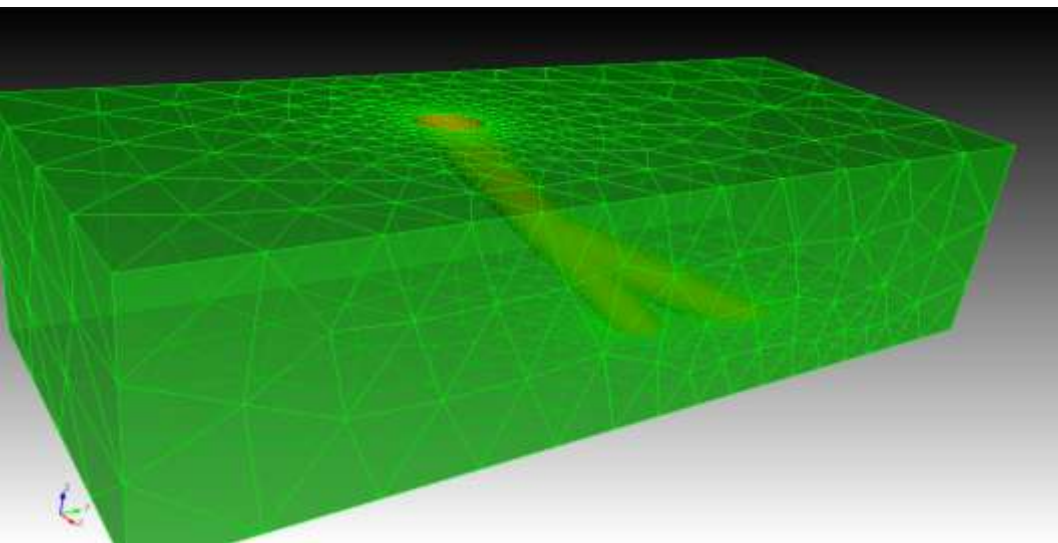
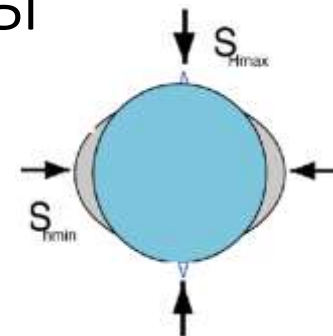
При бурении на породу создается давление, в общем случае, долота и бурового раствора, ввиду чего происходит ее деформация и перераспределение напряжений, вызывая реакцию горной породы на оказываемое воздействие.



# Геометрия скважины на основе данных каверномера (НТЦ Газпромнефть)

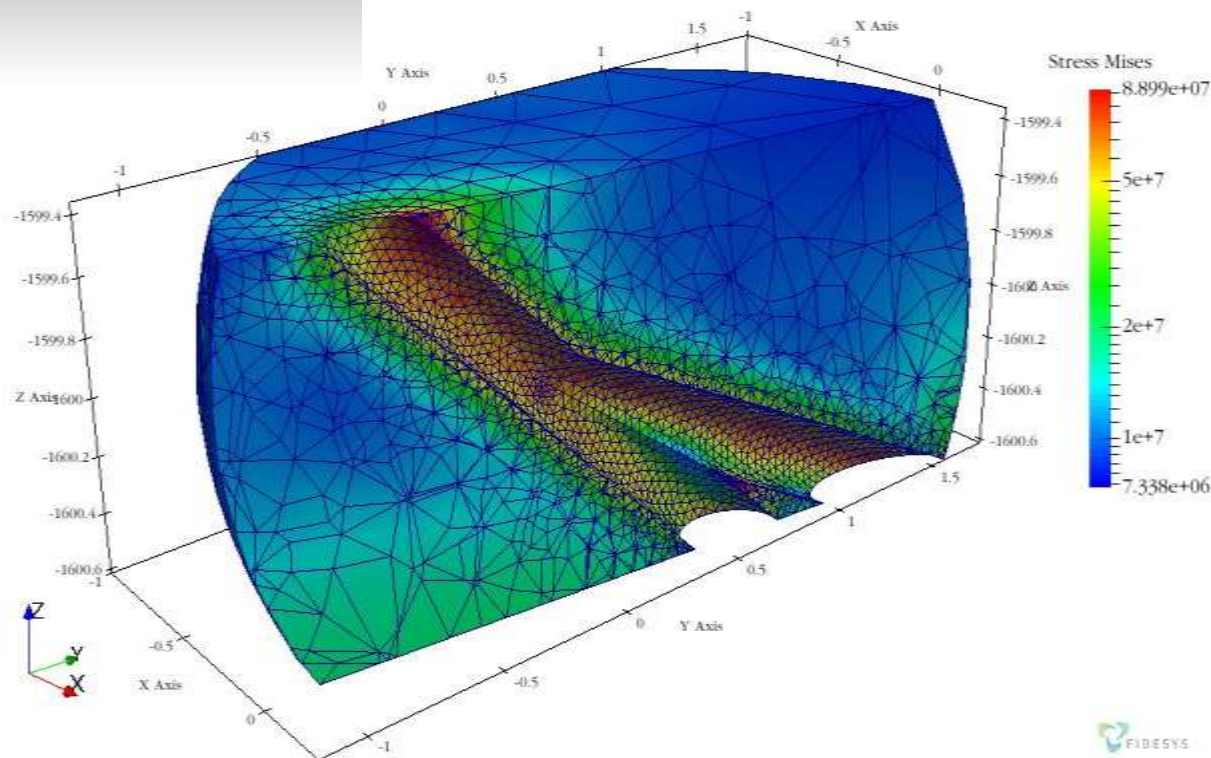


# Конечноэлементная модель скважины с ответвлением



Неструктурированная криволинейная сетка для дискретизации трехмерной геометрии ствола скважины.

Распределение напряжений по стволу наклонной скважины с ответвлением

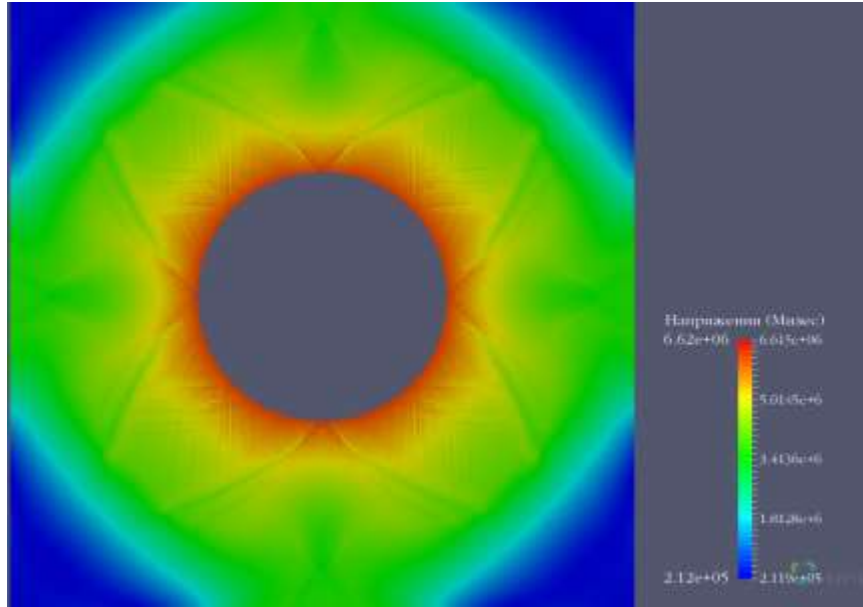


Геомеханическое моделирование околоскважинной зоны / М. Соннов, А. Вершинин, В. Жуков, Ю. Овчаренко, С. Лукин, А. Глазырина. // *Oil&Gas Journal Russia*. — 2017

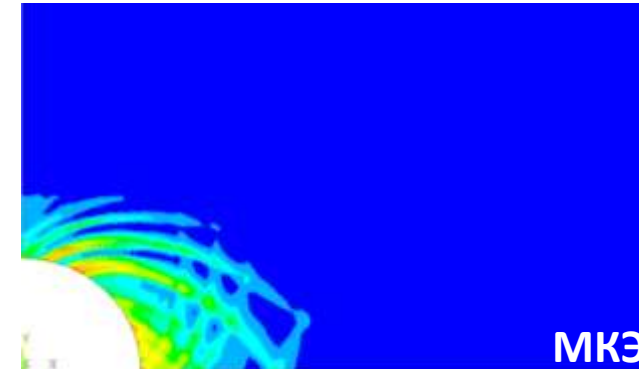
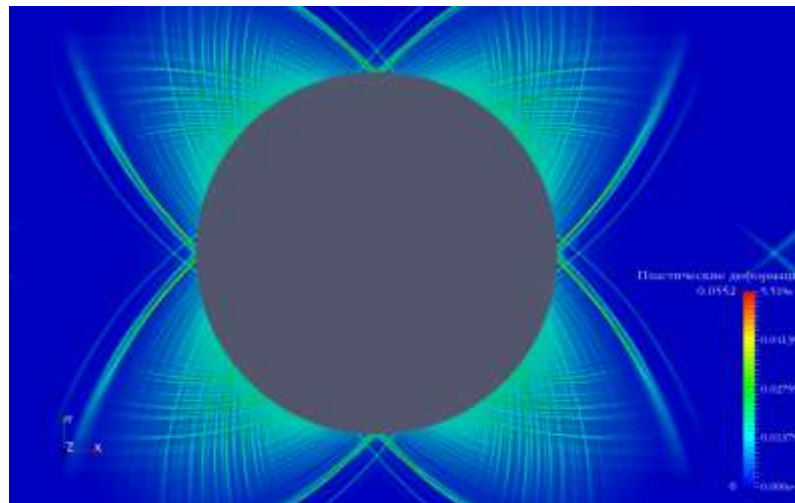
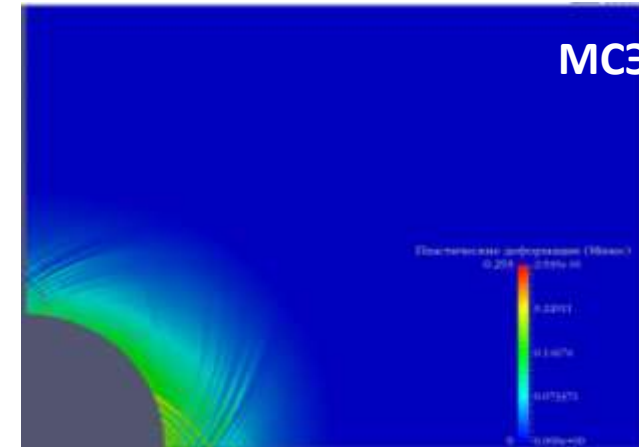


# Локализация упругопластических деформаций

Безмозгий И. М., Казакова О. И., Магжанов Р. М., Смердов А. А., Чернявский А. Г., Чернягин А. Г. Результаты тестирования и оценка возможности построения системы специализированных решений для прочностного анализа на базе программного комплекса Фидесис. Чебышевский сборник, 2017.

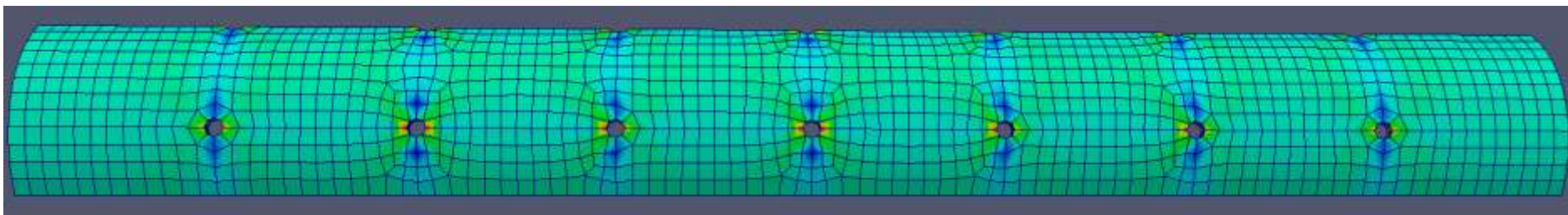


- Метод спектральных элементов обеспечивает:
- более корректное решение задач с глубокой пластикой;
  - возможность уточнения КЭ моделей без перегенерации расчетных сеток

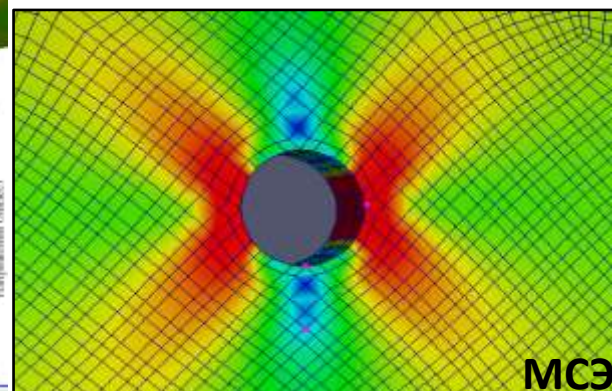
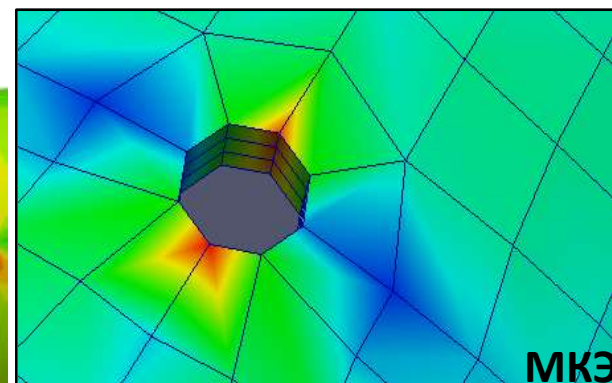
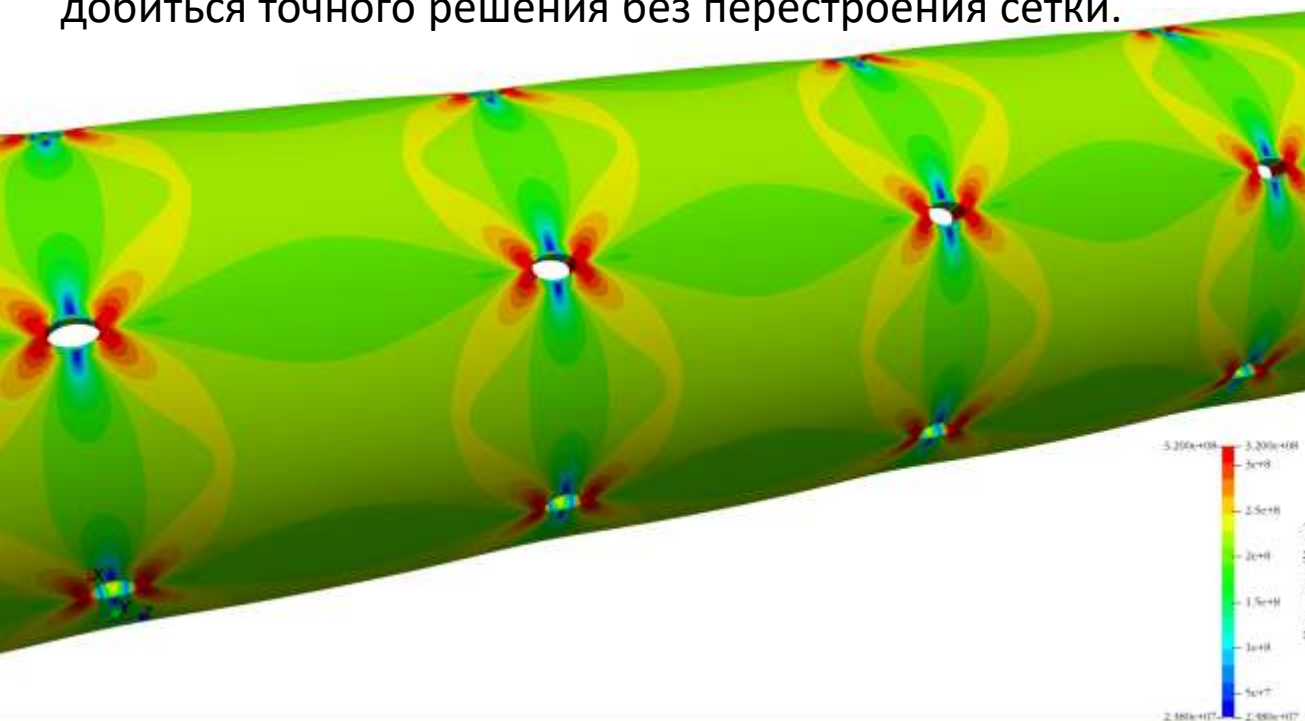


Расчет модели с образованием зон пластичности. МСЭ высокоточно моделирует образование и развитие полос скольжения Людерса.

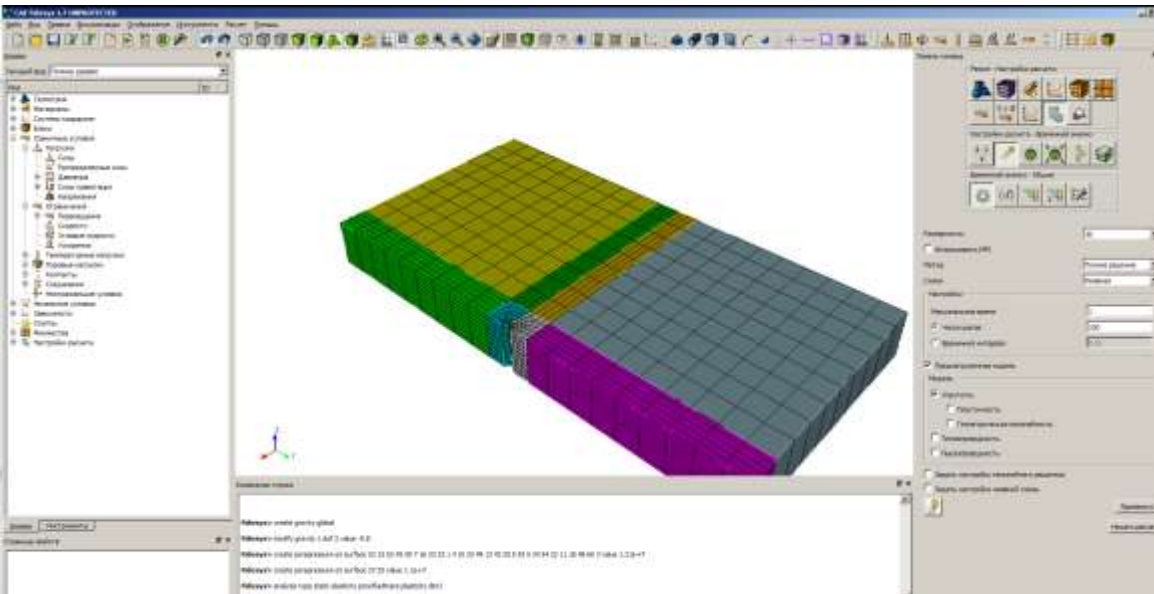
# Расчет НДС в скважинном фильтре (Роснефть)



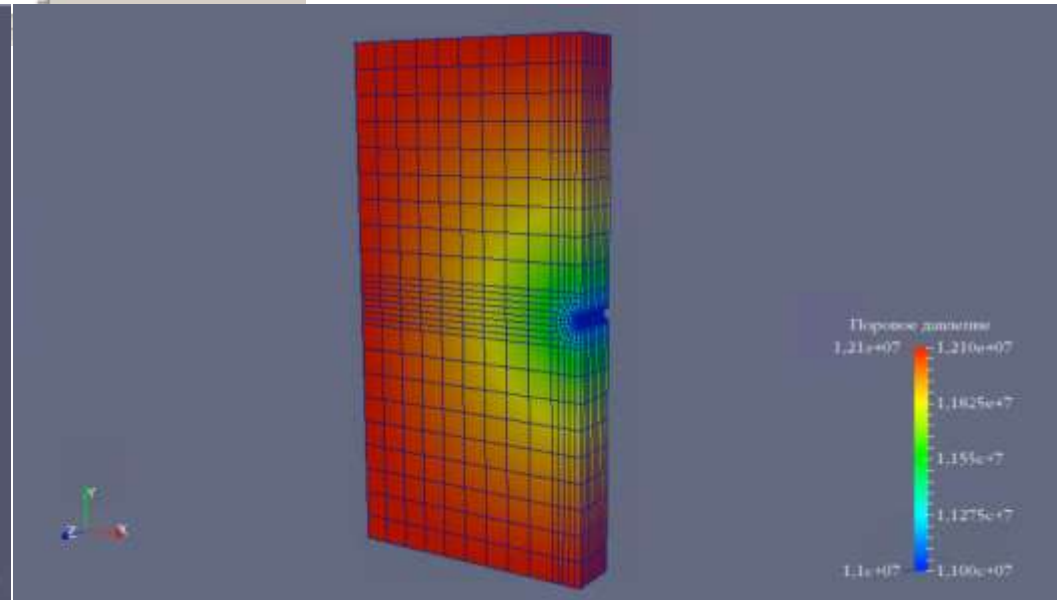
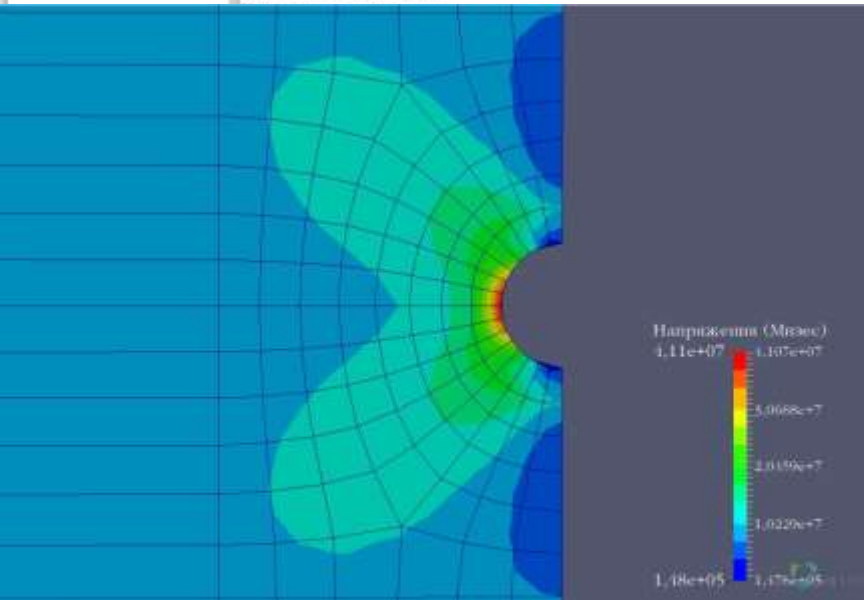
Применение метода спектральных элементов на исходной грубой сетке конечных элементов позволяет добиться точного решения без перестроения сетки.



# Расчет пороупругопластических деформаций в пласте



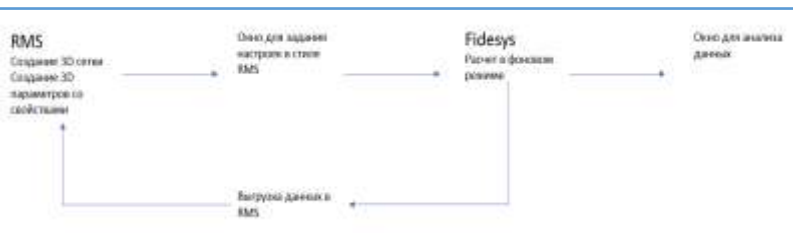
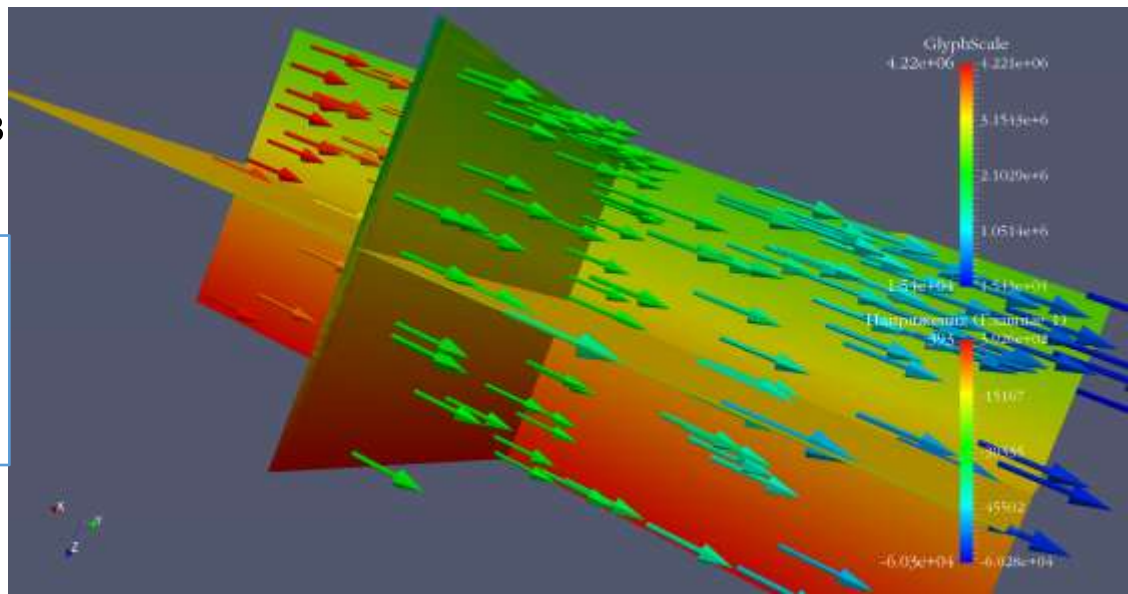
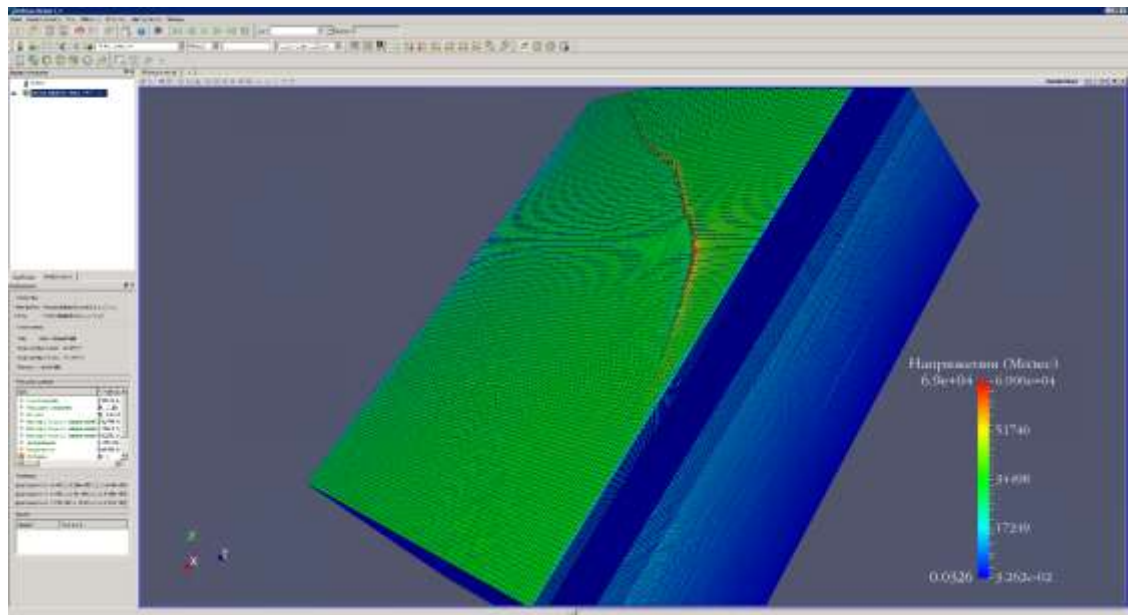
Расчет НДС в рамках модели Друкера-Прагера с упрочнением (на основе керновых испытаний) и порового давления в пласте (на скважине создается депрессия).



# Интеграция с Roxar RMS



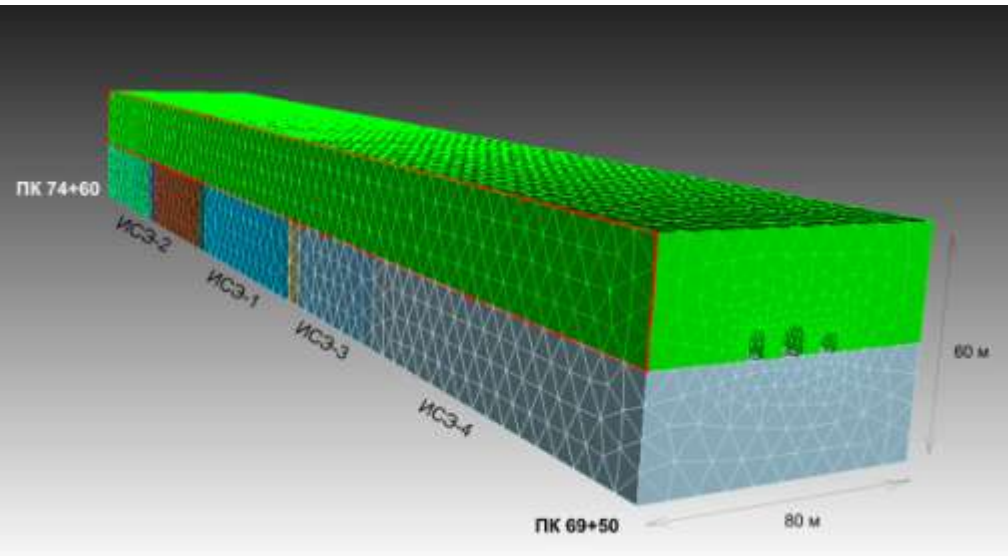
- Интерфейс прямой передачи геологической модели из Roxar RMS в CAE Fidesys;
- 3D геомеханический анализ месторождения в стационарном и нестационарном режимах;
- Расчет стабильности разлома на модели, рассчитанной в 3D постановке
- Анализ полученных результатов в FidesysViewer.



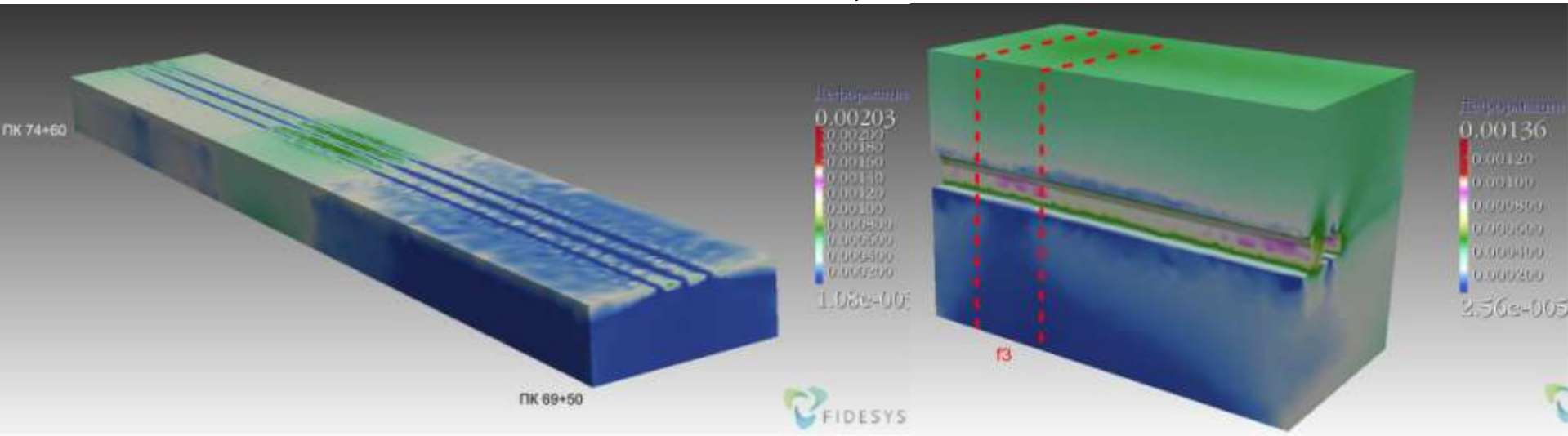
# Расчет НДС в горных выработках (Ингортех)

С учетом каркасных и растровых моделей горно-геологической базы данных генерируются блочные модели упругих модулей, которые экспортируются в базу данных пакета 3D прочностного анализа Fidesys и далее в этом пакете реализуются алгоритмы расчета компонент НДС в природно-технической системе «тоннель – массив горных пород».

На основе созданной электронной модели далее необходима детализация расчетов в заданных проектантами интервалах после анализа всего комплекса материалов обследования и рассмотрения вариантов проектирования тоннельных конструктивных элементов, что позволит в существенной степени снизить начальные значения компонент НДС, заданных с учетом неблагоприятных сценариев развития инженерно-геологических процессов.



Общий вид блочной модели ПТС «тоннель – массив горных пород» в инженерно-



# Геомеханический анализ в капитальных горных выработках (*Норильский Никель*)

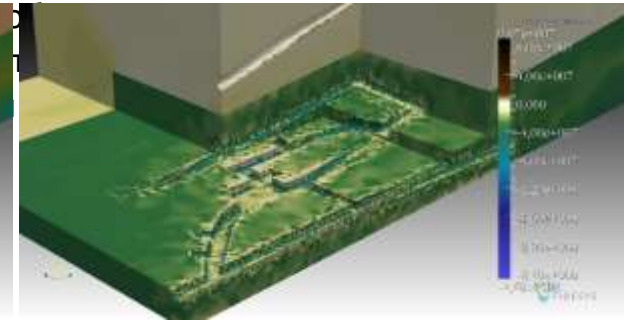
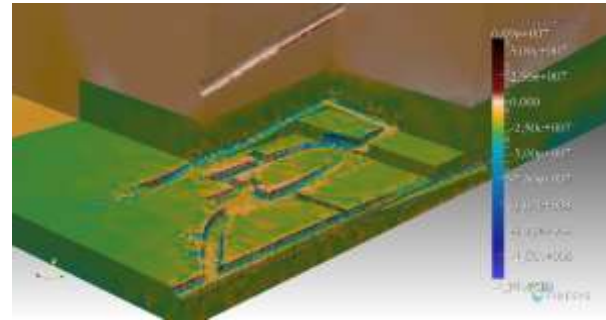
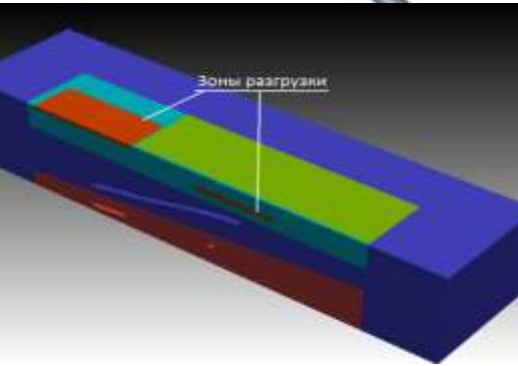
Применение методов прочностного анализа для прогнозирования геомеханической ситуации в капитальных горных выработках на больших глубинах. Соннов М.А., Трофимов А.В., Румянцев А.Е. Горная промышленность, 2017.



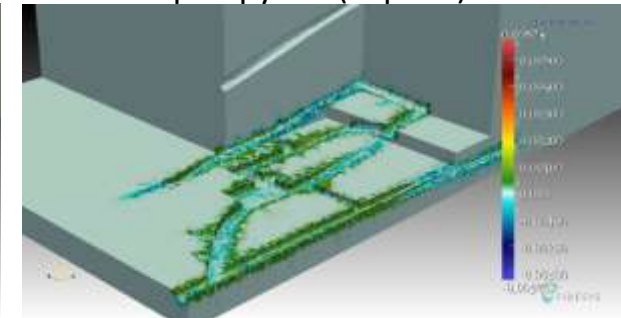
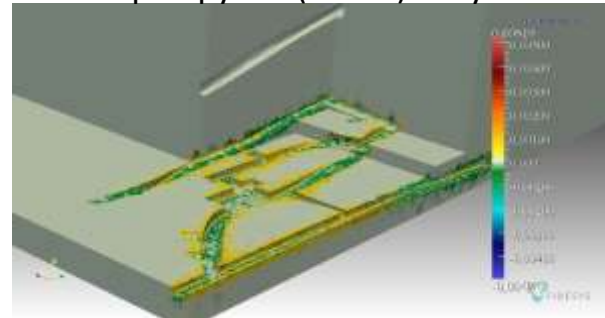
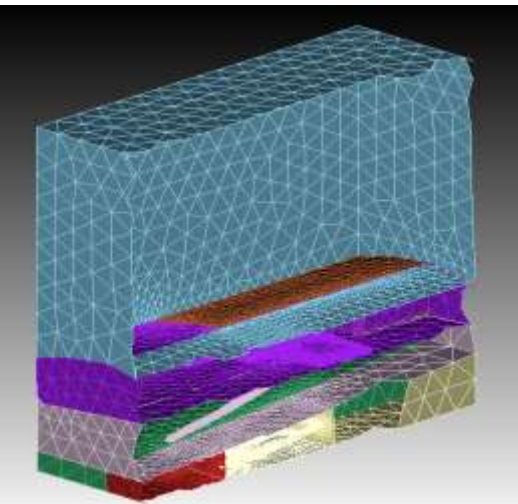
3D модель выработок

Проектирование стационарных объектов и капитальных выработок на глубоких подземных рудниках сопряжено с вопросом нахождения оптимального баланса между снижением расстояний транспортировки персонала и самоходной техники к местам ведения горных работ и обеспечением длительной эксплуатации капитальных горных выработок, находящихся в зоне влияния фронта очистных работ.

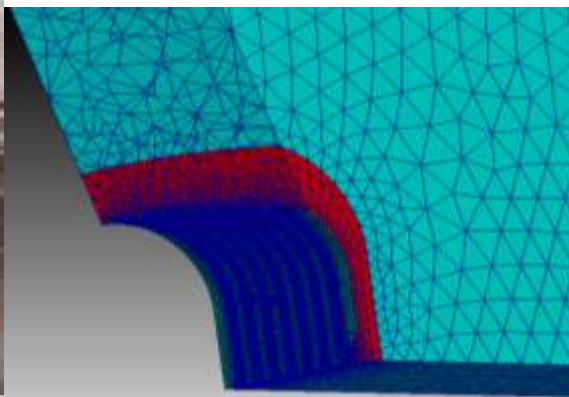
При выборе оптимального решения необходимо



Горизонтальные напряжения (сверху) и пластические деформации (снизу) с зонами разгрузки (слева) и с увеличенной зоной разгрузки (справа)



- ❖ Для проведения прочностного анализа (математического моделирования) отстроена трехмерная модель участка выработки в программном комплексе CAE Fidesys. Моделирование профиля крепи СВП 27 строилось согласно ГОСТ 18662-83



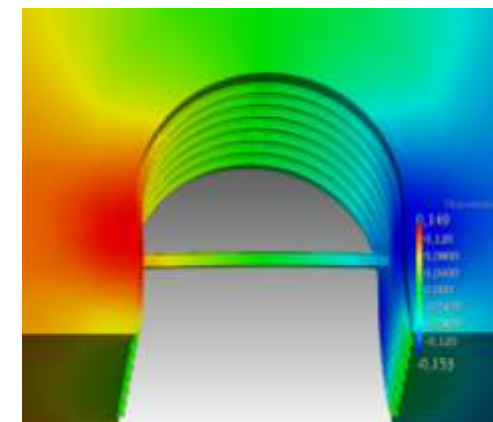
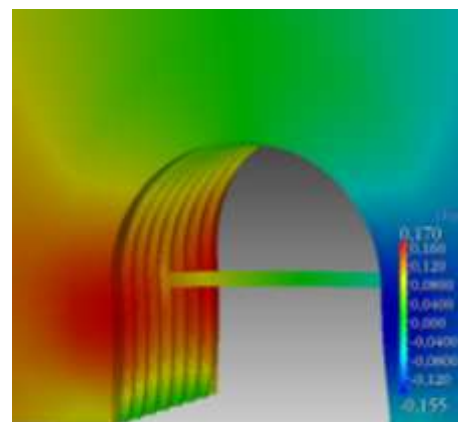
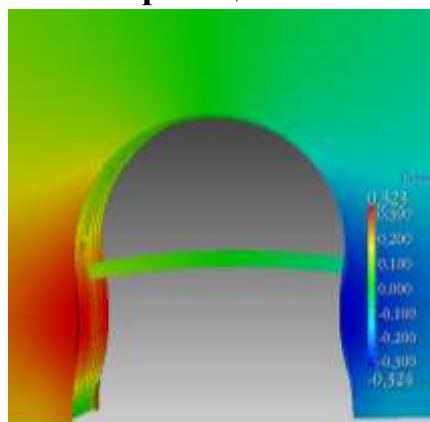
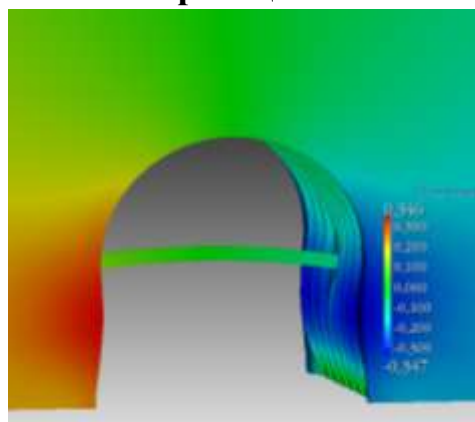
В итоге воспроизведена текущая геомеханическая ситуация в выработке и результат возможного укрепления горной массы за затяжкой (тампонаж) или вариант замены СВП 27 на СВП 33.

**Текущая ситуация  
горизонтальная  
конвергенция 70см**

**Замена СВП 27 на  
СВП 33 Горизонтальная  
конвергенция 64 см**

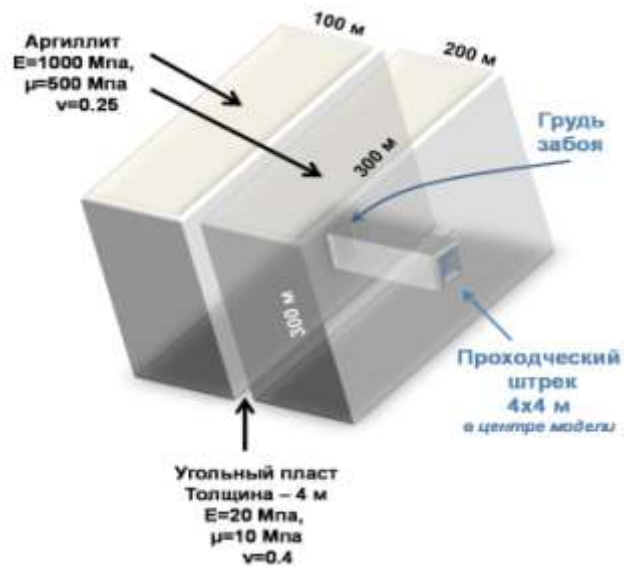
**Укрепление  
(тампонаж)  
Горизонтальная  
конвергенция 32 см**

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

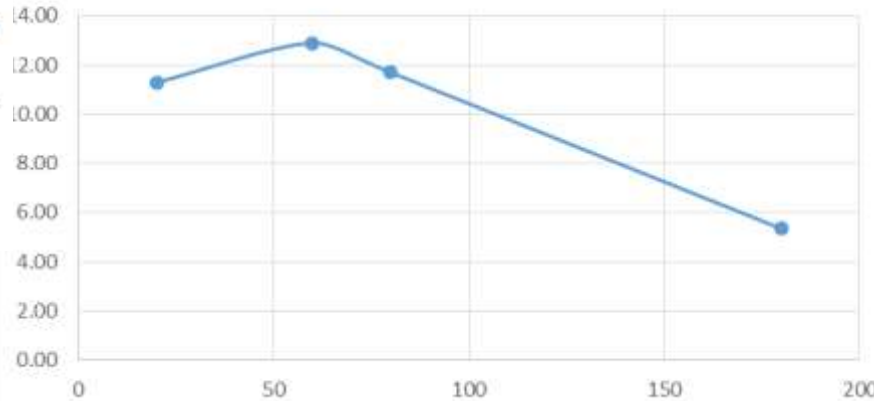


# Моделирование метановыделения в проходческом штреке

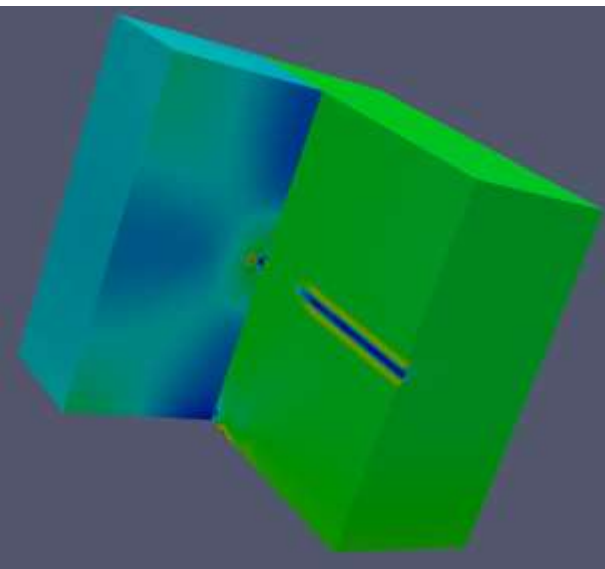
- штрек должен встретить и пересечь угольный пласт в конкретных геологических условиях шахтного поля (по данным геологической модели месторождения угля);
- факт приближения к угольному пласту обнаруживается по положительному тренду метанообильности;



Изменение интенсивности выделения метана по мере удаления от угольного пласта



Лапин С. Э., Писецкий В. Б.  
К разработке геоинформационной панели безопасности подземных горных работ на основе связанных решений по прогнозу развития напряженного состояния массива горных пород и газовых потоков в рамках пакета прочностного анализа ФИДЕСИС. Чебышевский сборник, 2017.



Геомеханические и газодинамические процессы в угленосном массиве при высоких скоростях продвижения очистных забоев.  
Ю.В. Шувалов, Г.И. Коршунов, А.В. Монтиков, Р.С. Истомин, А.М. Суфияров, Е.П. Ютяев,  
Санкт-Петербургский государственный горный институт

