**Задача об определении aspect ratio трещины**

**Актуальность**

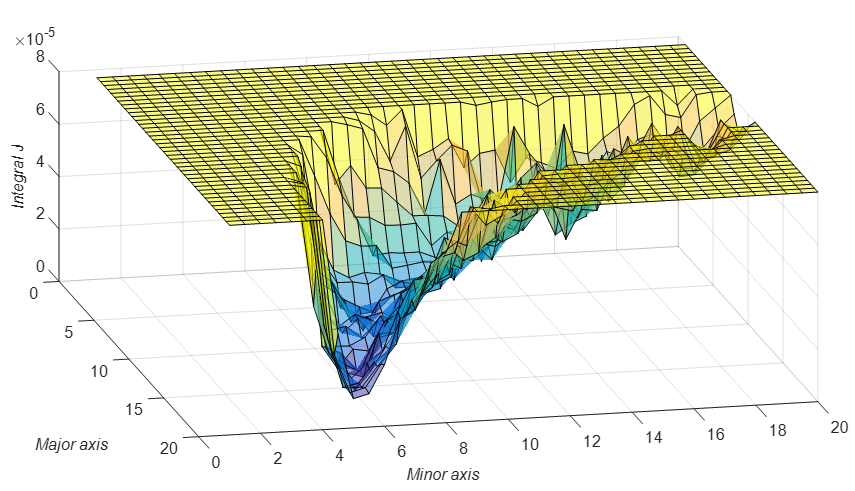
Форма трещины ГРП в породах, состоящих из нескольких слоёв, представляет особый научный и практический интерес. Разработка моделей и их сравнение является необходимым этапом для создания полноценного симулятора ГРП. Проведение расчётов – ресурсоёмкая, в том числе и по времени, операция. В таких условиях, становится актуальным создание системы на основе машинного обучения, которая сможет предсказывать aspect ratio равновесной формы трещины без непосредственных расчётов.

**Научная новизна**

В созданных программных комплексах для расчётов методом граничных и конечных элементов используются новаторская постановка задачи о равновесия трещины, вводится интегральный критерий равновесной формы трещины, в методе динамики частиц, форма трещины получается естественным образом в результате моделирования.

**Стационарная постановка**

* Объем трещины задан
* Трещина нагружена равномерно распределённым давлением.
* Форма трещины и aspect ratio определяется из критерия

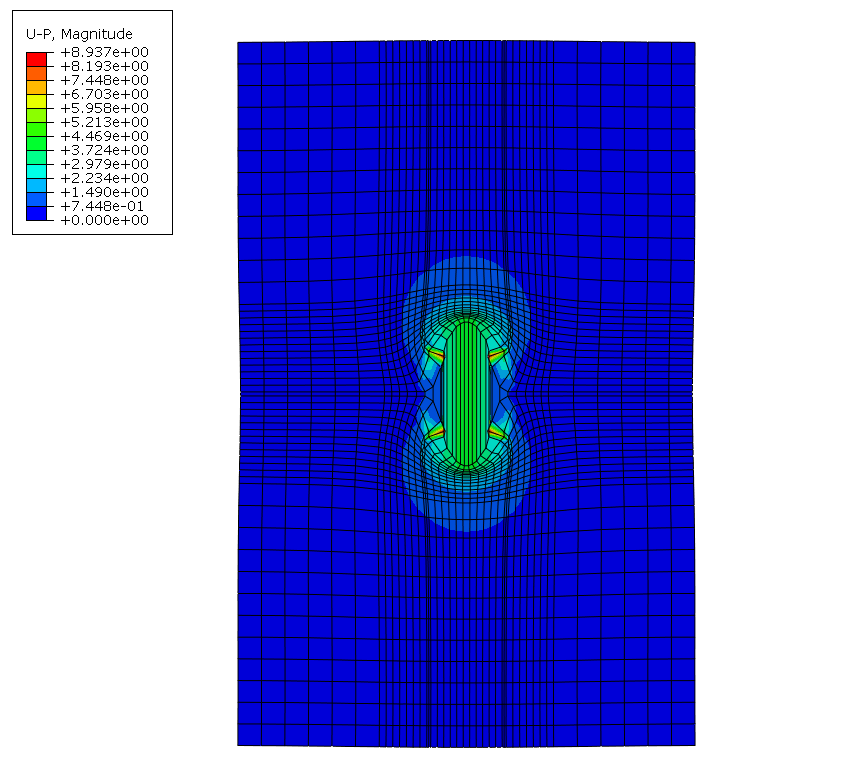


* Моделирование:
  + Метод граничных элементов,
  + метод конечных элементов

Исходная задача о раскрытии трещины представляется как сумма двух задач: трещина под внутренним давлением и трещина в породе с пластовыми напряжениями.

**Метод конечных элементов (FEM)**

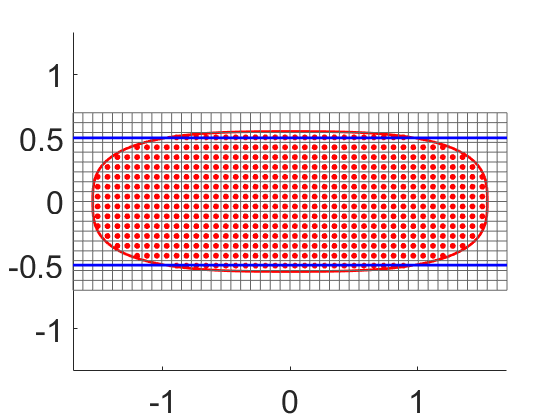
Форма трещины ищется в пространстве эллипсов:



Пример расчёта методом FEM

**Метод граничных элементов (BEM)**

Форма трещины ищется в пространстве суперэллипсов:



Пример расчёта методом BEM

Минимизация интеграла J осуществляется методом дифференциальной эволюции.

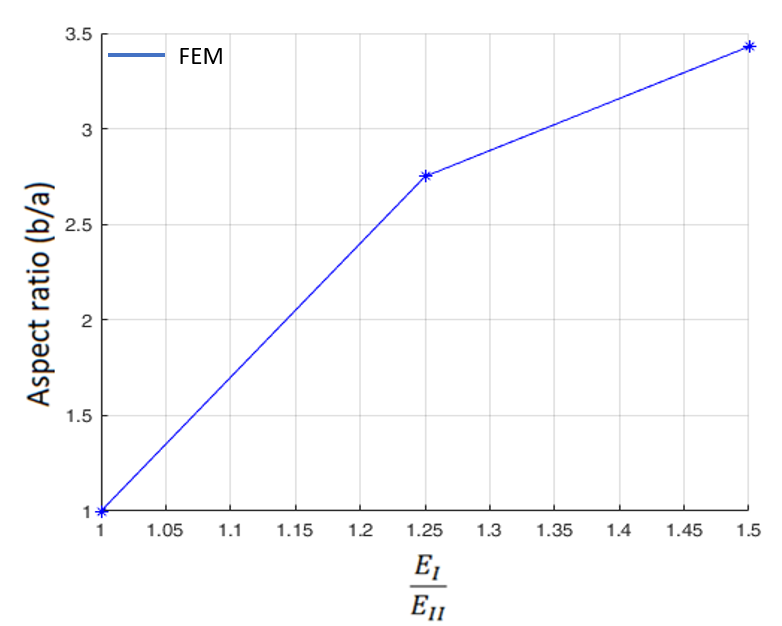


Рис. зависимость aspect ratio от контраста упругих модулей,

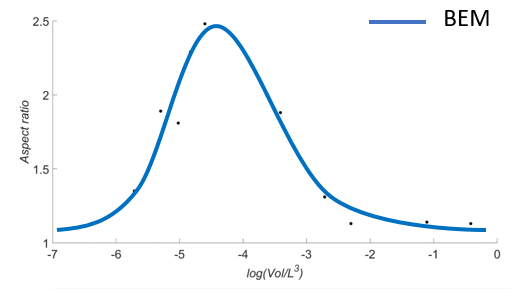
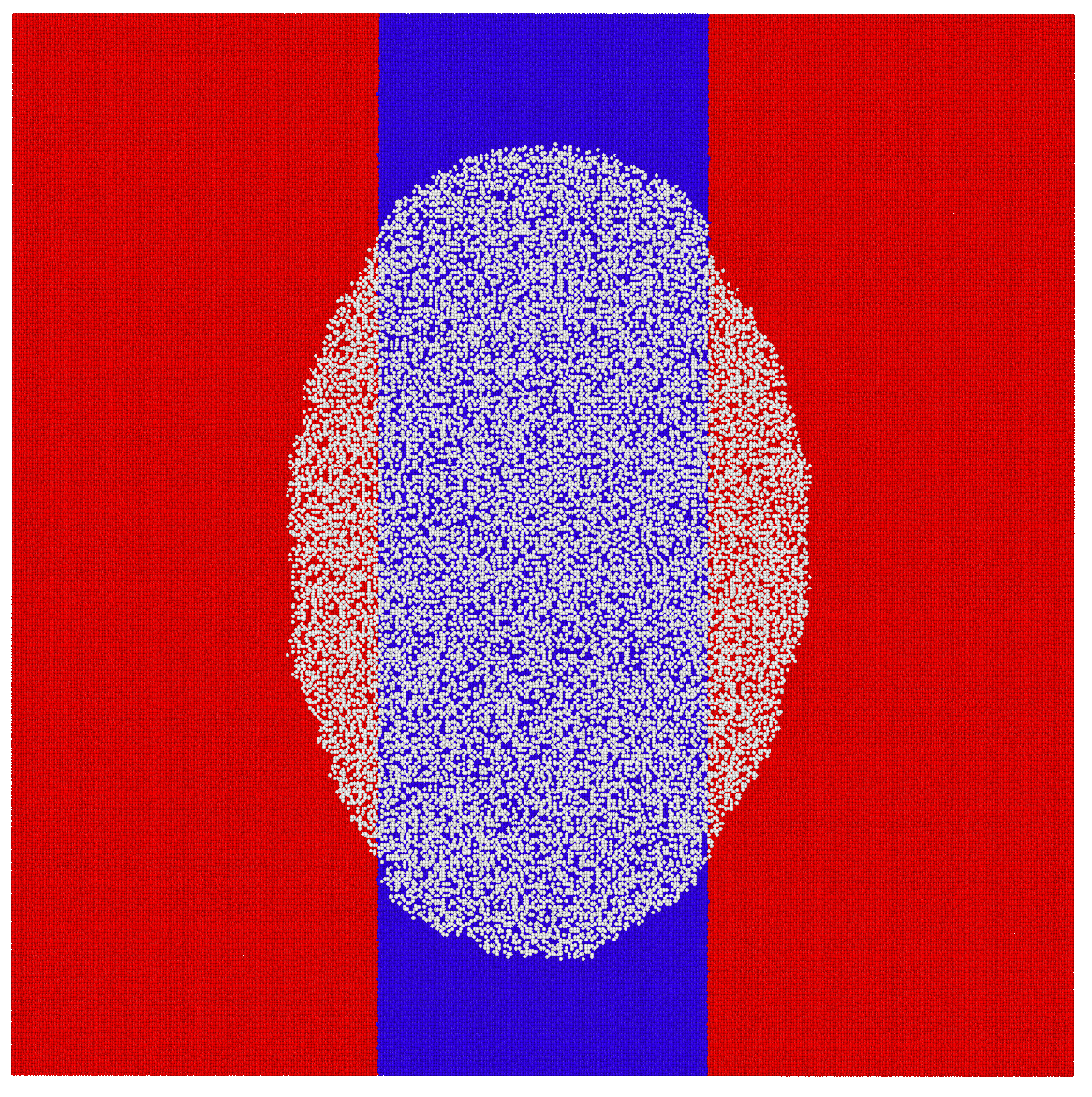


Рис. зависимость aspect ratio от объёма трещины

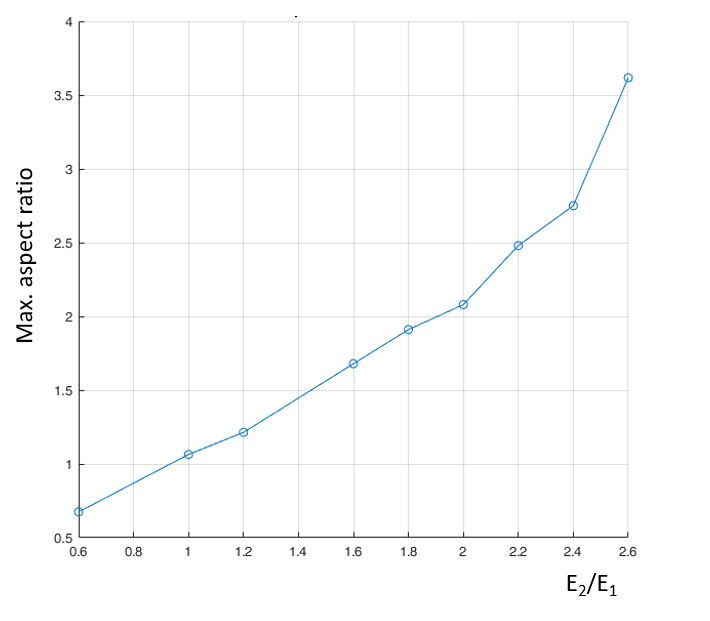
**Нестационарная постановка**

* Объём трещины растёт благодаря постоянной закачке жидкости
* Форма трещины и aspect ratio определяется естественным образом в результате роста трещины.

Моделирование: Метод динамики частиц



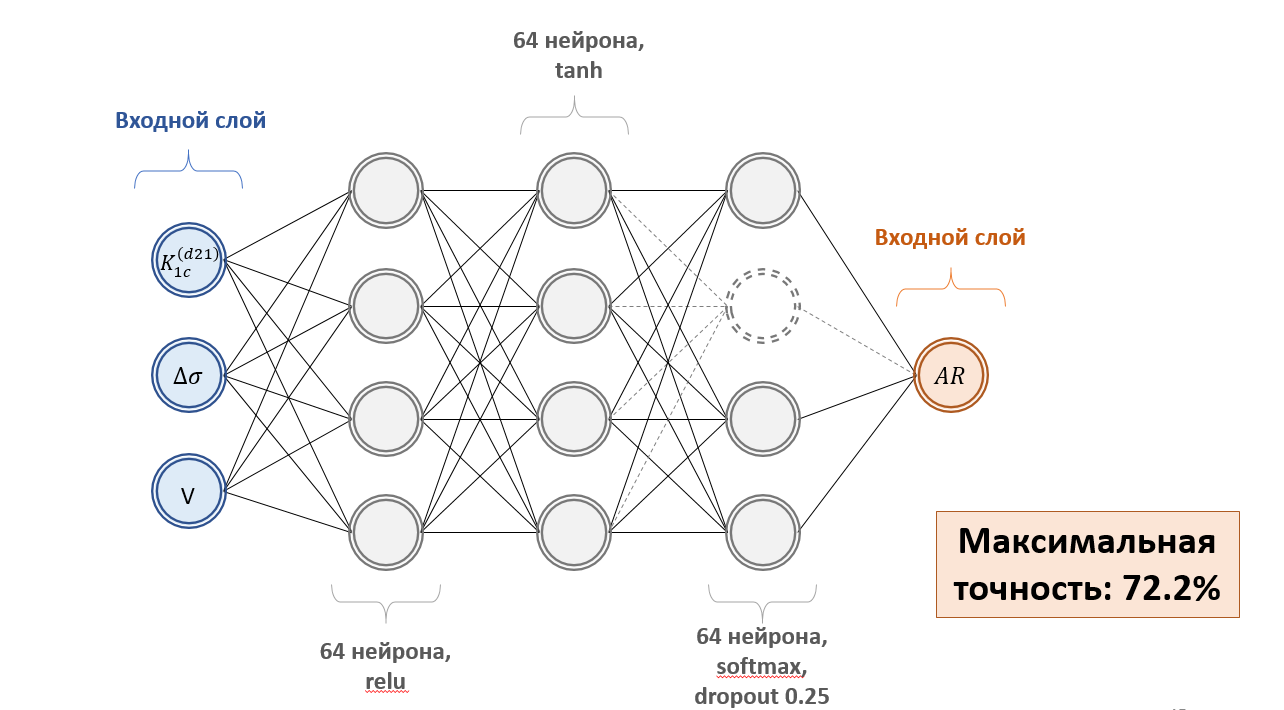
Пример расчёта



Зависимость максимального aspect ratio от контраста упругих модулей

Реализация нейронная сети для увеличения скорости расчётов.

* Модель – полносвязная нейронная сеть
* Датасет расчётов



Выводы:

* aspect ratio не зависит от начальных условий в однородной среде.
* Зависимость aspect ratio от закаченного объёма имеет колоколообразную форму.
* Максимум aspect ratio практически линейно зависит от контраста упругих модулей, контраста напряжений и контраста трещиностойкостей.
* Методы машинного обучения могут помочь быстро и достаточно точно оценить aspect ratio трещины.