**УТОЧНЕНИЕ ПСЕВДОТРЕХМЕРНОЙ И ПЛАРНОЙ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ТРЕЩИНЫ ГРП ПУТЕМ УЧЕТА РОСТА В РЕЖИМЕ ДОМИНИРУЮЩЕЙ ВЯЗКОСТИ И СЛОИСТОСТИ ПОРОДЫ**

**Актуальность**

Гидроразрыв пласта (ГРП) – один из наиболее часто применяемых методов добычи нефти и газа. Для увеличения эффективности и уменьшения затрат на проведение ГРП применяются численные модели, описывающие распространение трещины ГРП. Наиболее часто на практике применяется псевдотрехмерная (P3D) и планарная трехмерная (PL3D) модель. Для большей скорости расчета обе модели используют ряд допущений, которые снижают точность получаемых результатов.

**Цель**

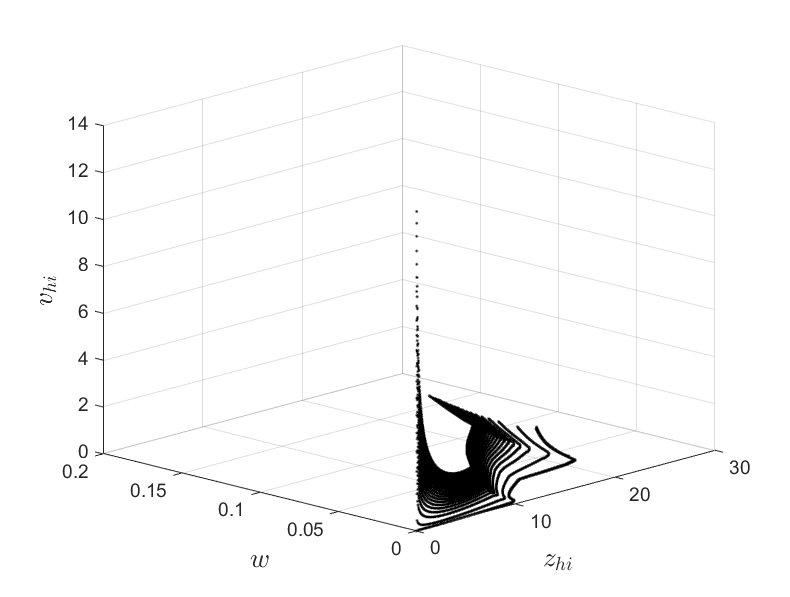
1. Улучшить псевдотрехмерную модель за счет уточнения скорости роста в высоту в режиме доминирующей вязкости.
2. Улучшить планарную трехмерную модель за счет учета различных упругих свойств слоистой горной породы, в которой распространяется трещина.

**Псевдотрехмерная модель (P3D)**

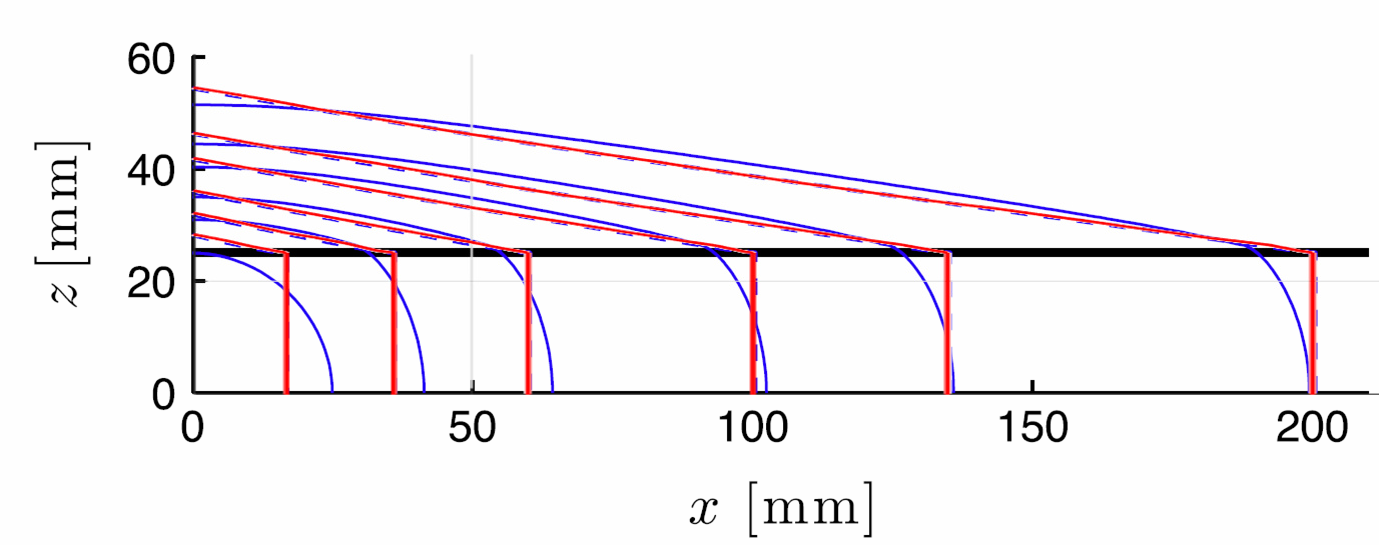
* В горной породе трещина растет в высоту преимущественно в режиме доминирующей вязкости
* Псевдотрехмерные модели сильно завышают скорость роста трещины в высоту
* Точное решение для скорости роста получено лишь для частного случая трехслойной симметричной среды

**Улучшение P3D**

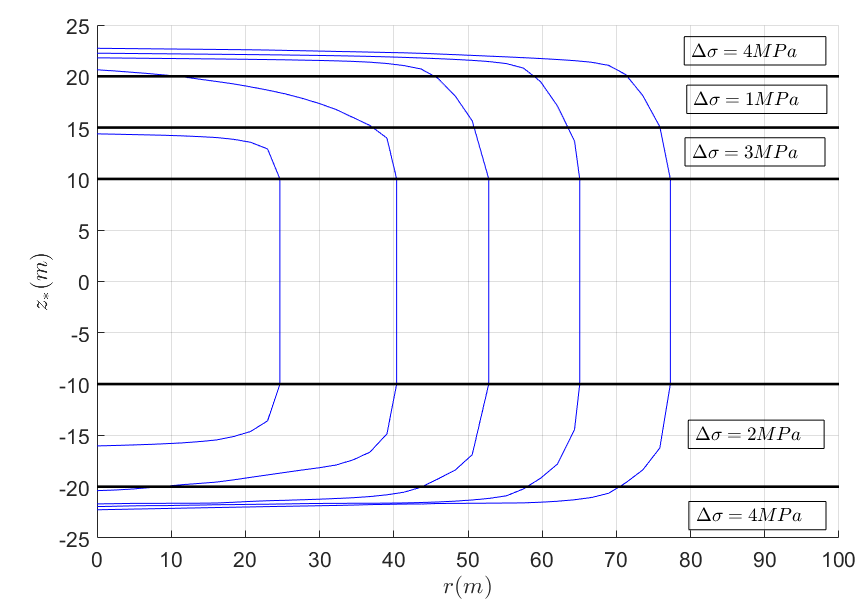
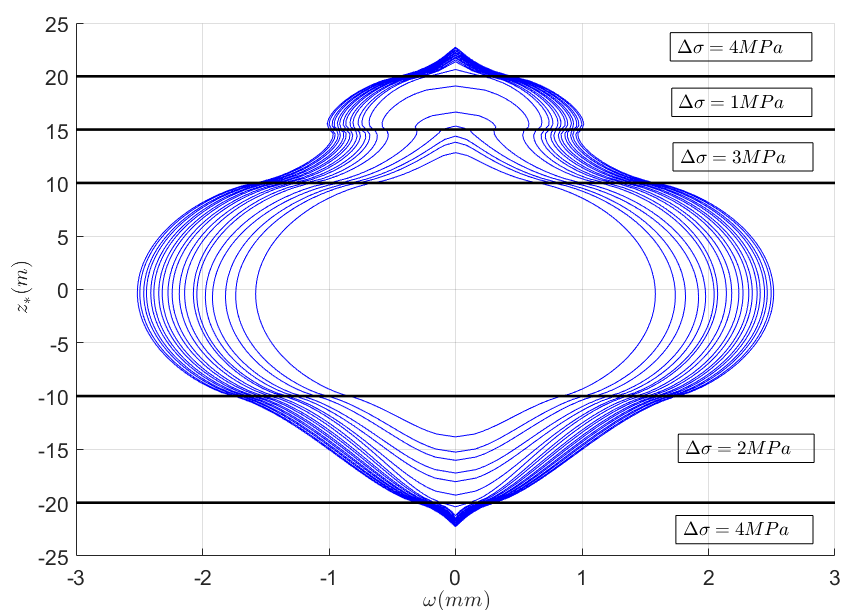
* Скорость роста трещины рассчитывается на основе решения задачи Христиановича-Гиртсма-де Клерка (KGD), в результате чего получается зависимость скорости роста трещины в зависимости от раскрытия и высоты



* Система уравнений для модифицированной P3D модели имеет вид:
* Проведено сравнение с результатами для симметричной трехслойной среды. Результат расчета совпадает с результатом для PL3D (красная сплошная линия – P3D, синяя – PL3D).

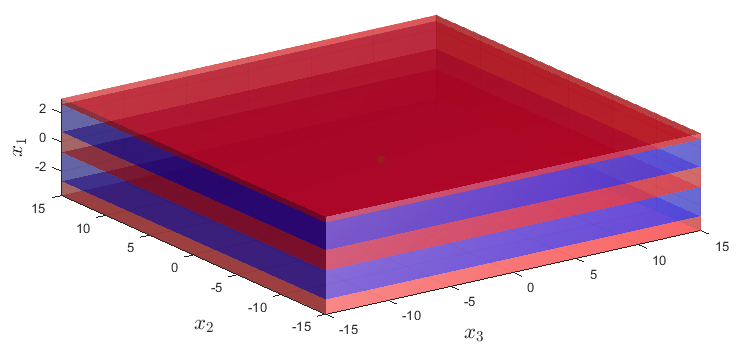


* Решение для произвольной системы слоев



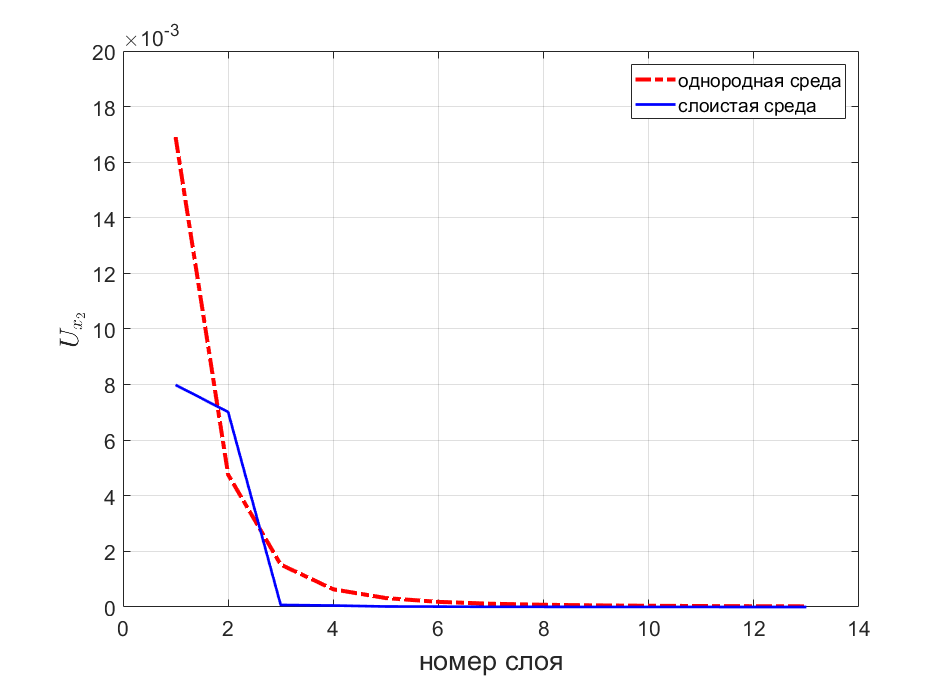
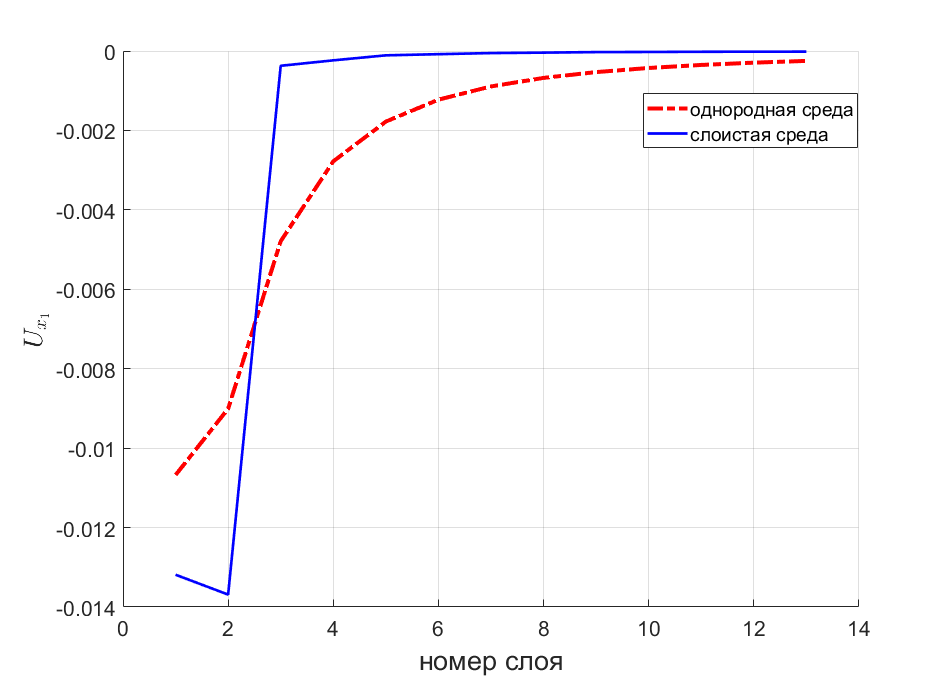
**Планарная трёхмерная модель (PL3D)**

* Слоистость породы учитывается путем рассмотрения различных сжимающих напряжений по слоям



**Улучшение PL3D**

* Для учета слоистости породы ищется функция Грина, которая используется для расчета ядра интегрального уравнения, связывающего давление и раскрытие
* Создан эффективный алгоритм расчета функции Грина для трехмерной среды
* Пример влияние различных упругих модулей на смещение в слоях под воздействием точечного силового источника. , ,,,,,,,,,,,. Аналитическое решение – решение Кельвина для однородной среды.



**Заключение**

* Для P3D модели разработан эффективный метод расчета скорости роста трещины в высоту
* Для PL3D модели разработан алгоритм учета слоистости породы
* Модифицированные модели позволяют с большей точностью рассчитывать геометрию трещины ГРП, что в свою очередь может увеличить эффективность проведения гидроразрыва пласта.

**Литература**

[1] Dontsov E., Peirce A. 2015 An enhanced pseudo-3D model for hydraulic fracturing accounting for viscous height growth, non-local elasticity, and lateral toughness, Engineering Fracture Mechanics 142, 116–139.

[2] I.O. Gladkov, A.M. Linkov, Khristianovich-Geertsma-de Klerk problem with stress contrast, Applied Mathematics and Technical Physics, 2018 (в печати).

[3] Markov N. S., Linkov A. M., Linkov A. M. eAN EFFECTIVE METHOD TO FIND GREEN'S FUNCTIONS FOR LAYERED MEDIA //Materials Physics & Mechanics. – 2017. – Т. 32. – №. 2.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы", Мероприятие 1.2., Соглашение о предоставлении субсидии № 14.575.21.0146 от 26.09.2017, уникальный идентификатор ПНИ: RFMEFI57517X0146.