



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого»
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

ИНН 7804040077, ОГРН 1027802505279,
ОКПО 02068574

Политехническая ул., 29, С.-Петербург, 19525
Телефон (812) 297-20-95, факс 552-60-80
E-mail: office@spbstu.ru

УТВЕРЖДАЮ

И.О. проректора по научной работе
ФГАОУ ВО «СПбПУ»

О.С.Ипатов



17.11.2016

ОТЗЫВ

ведущей организации — ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» на диссертационную работу Байкина Алексея Николаевича «Динамика трещины гидроразрыва пласта в неоднородной пороупругой среде», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 — «Механика жидкости, газа и плазмы»

1. Актуальность работы

Процедура гидроразрыва пласта широко применяется в нефтегазовой и других отраслях промышленности. Одна из особенностей проведения операции гидроразрыва пласта состоит в трудности контроля за происходящими на большой глубине процессами. Поэтому для лучшего понимания и контроля гидроразрыва необходимы и широко применяются численные модели. Однако, на данный момент остается открытым вопрос о поведении трещины гидроразрыва в неоднородной среде с учетом влияния порового давления. Следовательно, актуальность работы не вызывает сомнения.

2. Научная новизна

Научная новизна работы определена следующим:

- в работе предложен численный алгоритм моделирования трещины гидроразрыва пласта, в котором нет необходимости явно отслеживать фронт трещины.
- предложенный алгоритм позволяет моделировать распространение трещины в случае произвольной зависимости утечек от давления жидкости.
- в работе наглядно показано существенное влияние порового давления при наличии неоднородностей в среде.

3. Научная и практическая ценность основных положений диссертации

Научная и практическая значимость результатов работы состоит в том, что разработанный численный алгоритм может быть применен для расчета развития трещины гидроразрыва на начальном этапе закачки жидкости без добавления расклинивающего агента с учетом влияния порового давления.

Результаты, полученные автором, могут использоваться ведущими нефтедобывающими компаниями, такими как Роснефть, Газпром нефть, Лукойл, Татнефть,

Сургутнефтегаз, Башнефть и др. для оптимизации проведения процедуры гидроразрыва пласта. Разработанный численный алгоритм может стать частью симулятора гидроразрыва пласта.

4. Обоснованность и достоверность полученных результатов

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием устоявшихся в научном обществе определяющих соотношений и законов механики и применением хорошо известного численного метода – метода конечных элементов. Дополнительно корректность результатов подтверждена путем проверки численных алгоритмов на сходимость и сравнением полученных результатов с результатами работ других авторов и аналитическими решениями.

5. Структура и содержание работы

Диссертация содержит – введение, 2 главы, заключение и список использованных литературных источников.

Во введении приведен обзор современного состояния задачи по моделированию гидроразрыва пласта, обоснована актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, приведены положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена решению задачи гидроразрыва пласта в рамках классической модели Христиановича–Гиртсма–де Клерака. Сформулирована постановка задачи, приведены определяющие соотношения, построен численный алгоритм, основанный на применении метода конечных элементов, при помощи сравнения с автомодельным полуаналитическим решением, предложенным в литературных источниках, показана сходимость предложенного численного алгоритма, описаны численные эксперименты и приведены их результаты.

Во второй главе описана модель развития плоской вертикальной трещины постоянной высоты в пороупругой среде. В пункте 2.1 сформулирована постановка задачи, приведены определяющие соотношения для описания пороупругой среды, уравнения течения ньютоновской жидкости, критерий разрушения, основанный на модели сил сцепления, поставлены начальные и граничные условия. В пункте 2.2 получено автомодельное решение для стационарной бесконечной трещины, проведен анализ полученного решения. В пункте 2.3 предложен численный алгоритм для решения задачи, поставленной в пункте 2.1. В пункте 2.4 проведена верификация численного алгоритма путем сравнения результатов расчетов с автомодельным решением, полученным в пункте 2, и сравнением с результатами расчетов других авторов. В пункте 2.5 исследовано влияние пороупругих эффектов на динамику развития трещины. Рассмотрена зависимость результатов моделирования от коэффициента Био, деформации породы, порового давления. В пункте 2.6 показана возможность применения разработанного численного алгоритма к моделированию развития трещины гидроразрыва в неоднородной среде. Показано влияние неоднородности в контрасте сжимающих напряжений, проницаемости породы на развитие трещины. Продемонстрирована важность учета порового давления при развитии трещины в неоднородной среде.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

6. Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат соответствует требованиям ВАК и отражает основное содержание диссертации.

7. Подтверждение публикации основных результатов диссертации в научной печати.

Результаты работы опубликованы в 3 печатных изданиях, рекомендованных ВАК.

8. Замечания по диссертационной работе

- Автор работы указывает на то, что разработанный численный метод, позволяет избежать априорных предположений о поведении решения вблизи вершины трещины. Однако, из текста работы не ясно, каких именно априорных предположений удалось избежать.
- В первой главе задача сформулирована для неньютоновской жидкости, а во второй главе — для ньютоновской. Чем обусловлена такая разница в выборе жидкости разрыва?
- В формуле 2.7 использованы два параметра модели сил сцепления, однако каким образом осуществлен выбор их значения автор не раскрывает.
- Из комментариев к рисунку 2.12 можно сделать вывод о том, что размер зоны сил сцепления составляет примерно один метр. Не ясно, как данный факт соотносится с данными, приведенными в таблице 4.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

9. Заключение о работе

Рассматриваемая диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, содержит новые научные результаты, выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842. Ее автор, Байкин Алексей Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 — «Механика жидкости, газа и плазмы».

Основные результаты диссертации были доложены соискателем 29 апреля 2016 года на семинаре НОЦ Газпромнефть-Политех и получили положительные отзывы специалистов. Отзыв на диссертацию А. Н. Байкина был рассмотрен и одобрен 08 ноября 2016г. (протокол №18) на заседании НОЦ Газпромнефть-Политех.

Директор НОЦ «Газпромнефть-Политех» СПбПУ,
зав. кафедрой теоретической механики СПбПУ,
д.ф.-м.н.,
01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела
чл.-корр. РАН

Подпись А. М. Кривцова заверяю



Кривцов
Антон Мирославович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, тел. +7 (812) 552 60 80,
office@spbstu.ru, <http://www.spbstu.ru/>

