

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Фокиной Нины Олеговны
«Фильтрация в трещине гидроразрыва пласта
при различных режимах работы скважины»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

В диссертационной работе Фокиной Нины Олеговны представлены результаты теоретического исследования процесса фильтрации жидкости в трещине гидроразрыва пласта при различных режимах работы скважины. Получено аналитическое решение интегро-дифференциального уравнения, позволяющее определить расход жидкости и динамику давления в трещине гидроразрыва при известном изменении забойного давления. Исследовано влияние режима работы скважины на изменение забойного давления. Получена формула для определения проводимости трещины гидроразрыва на основе данных эксплуатации скважины. Расчёты реализованы с помощью специального программного пакета, а также посредством математического моделирования в среде Microsoft Visual Studio.

Актуальность исследования

Гидравлический разрыв пласта способствует образованию высокопроводящих трещин. Процент трудноизвлекаемых запасов нефти и газа растет с каждым годом, что ведет к востребованности методов интенсификации притока. За десятки лет применения по всему миру, технология ГРП значительно усовершенствовалась, а количество исследований по данной тематике исчисляется тысячами.

В данной работе исследованы задачи фильтрации жидкости в трещине ГРП при переменном режиме работы скважины. Полученные решения сопоставлены с промысловыми данными.

Научная новизна полученных результатов

В диссертационной работе получены новые аналитические решения для задачи нестационарной фильтрации жидкости в вертикальной трещине ГРП при переменном режиме работы скважины. Представлена формула для определения проводимости трещины гидроразрыва без сведений о ее проницаемости и ширине.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Достоверность и обоснованность выводов основана на применение классических уравнений механики сплошных сред, теории фильтрации,

универсальных законах сохранения. Постановка физико-математической задачи выполнена корректно и соответствует общепринятой в рамках специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Теоретическая и практическая значимость

Проведенные исследования способствуют развитию представлений о нестационарной фильтрации флюида в трещине ГРП при переменных режимах работы скважины. Полученные решения позволяют показать связь между динамикой давления на забое скважины и в трещине при изменении расхода жидкости в случае переменного режима работы скважины. Полученные аналитические решения интегро-дифференциального уравнения с практической точки зрения могут быть использованы для определения фильтрационных характеристик трещины ГРП. Результаты могут быть использованы для уточнения интерпретации гидродинамических исследований скважин (ГДИС) и при построении дизайна гидроразрыва пласта.

Соответствие содержания диссертации специальности обеспечивается пунктам:

2. Реологические законы поведения текучих однородных и многофазных сред при механических и других воздействиях.

5. Течения сжимаемых сред и ударные волны.

8. Течение жидкостей и газов в пористых средах.

16. Тепломассоперенос в газах и жидкостях.

19. Точные, асимптотические, приближенные аналитические, численные и комбинированные методы исследования уравнений континуальных и кинетических моделей однородных и многофазных сред.

20. Разработка математических методов и моделей гидромеханики.

Содержание диссертационной работы

Диссертация содержит 119 страниц, 54 рисунка, 4 таблицы. Включает в себя введение, четыре главы, заключение, перечень основных обозначений, список литературы из 128 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, ее новизна, сформулированы цель, задачи, показана практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен анализ ключевых исследований по тематике нестационарной фильтрации жидкости, моделирования процесса фильтрации и описаны особенности технологии ГРП.

Во второй главе приведена постановка задачи; получено аналитическое решение интегро-дифференциального уравнения; показана

связь между динамикой давления на забое скважины и в трещине гидроразрыва при изменении расхода жидкости.

В третьей главе исследована динамика забойного давления и давления в трещине ГРП при изменении дебита скважины. Проведено сопоставление результатов расчета с промышленными данными.

В четвертой главе решена задача нестационарной фильтрации при заданном изменяющемся расходе жидкости с учётом упругоёмкости трещины, выполнен краткий анализ влияния параметров системы на решение для случая П-образного изменения дебита.

Личный вклад соискателя заключается в выводе аналитического решения, численной реализации моделей, проведении расчетов и оформлении результатов.

Замечания по диссертационной работе.

1. На странице 27 приведена формула Дюпюи, однако размерности параметров, входящих в уравнение, указаны в промышленных единицах (атм, мД, сП, м³/сут), что некорректно. В представленном виде формула верна для случая метрической системы СИ (Па, м², Па·с, м³/с), а не промышленной.

2. В разделе 1.5 отмечается: «... интерпретация данных ГДИ для скважин с трещинами ГРП, обычно проводится с использованием метода типовых кривых». Следует отметить, что основным методом интерпретации результатов ГДИ сегодня является анализ диагностических графиков, основанных на вычислении производной Бурде в логарифмическом масштабе, а не метод типовых кривых.

3. На рисунке 2.10 изображен расход жидкости при П-образном профиле изменения давления. В этом случае на графике 2.10 отмечается разрыв функции при $t=1$ и резкое изменение направления фильтрационного потока жидкости, что требует пояснения автора.

4. В разделе 4.1 для системы уравнений заданы следующие условия:

- начальные условия

$$P_f|_{t=0} = P_p|_{t=0} = 0;$$

- граничные условия

$$P_f = P_p|_{y=0} = 0, \quad P_p|_{y=\infty} = P_p|_{x=0} = 0.$$

Что означает нулевое давление? Если в данной постановке используются приведенные переменные, то это следовало бы отметить в тексте диссертации.

5. В работе отмечается возможность применения представленного подхода в качестве метода интерпретации ГДИС для определения

параметров трещины. Хотелось бы видеть сопоставление применения специализированных программных продуктов (например, Мониторинг ГДИС, РН-ВЕГА, КАРРА Saphir) для определения фильтрационных характеристик пласта с результатами на основе предложенной методики.

6. В диссертационной работе используется термин “пористость трещины”, что подразумевается под этим термином? Это доля пустотного пространства, созданная трещинами в горной породе, или искусственная пористая среда, созданная пропантом в трещине ГРП?

7. К диссертационной работе есть ряд технических замечаний:

а) на рисунке 2.6 представлено двухступенчатое изменение забойного давления с 5 МПа до 10 МПа, хотя при описании рисунка 2.6 говорится об изменении забойного давления с 10 МПа до 20 МПа.

б) в скважине может быть замерено следующее давление: устьевое, забойное, буферное, затрубное, трубное, в интервала перфорации и т.д. По этой причине использование терминов «давление скважины» и «промысловое давление скважины» не рекомендуется, т.к. не позволяет получить информацию о точке замера давления.

Указанные замечания носят частный характер, не являются существенными и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Заключение

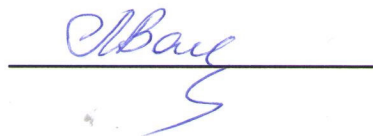
Данная диссертация является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему. Автореферат соответствует диссертации, отражает научно-практическую значимость. По теме исследования опубликовано 17 работ: 1 статья в научном издании, индексируемом в международных базах данных Scopus и Web of Science; 2 в журналах перечня RSCI; 12 работ в сборниках трудов Международных и Всероссийских конференций, входящих в перечень РИНЦ, 2 статьи в научных журналах.

Обобщая вышесказанное и учитывая новизну, теоретическую и практическую значимость выполненных исследований и их достоверность, считаю, что представленная к защите диссертационная работа «Фильтрация в трещине гидроразрыва пласта при различных режимах работы скважины» соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор Фокеева Нина Олеговна заслуживает присуждения ученой степени по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Я, Малышев Виктор Леонидович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Фокеевой Нины Олеговны, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент: доцент кафедры «Разработка и эксплуатация газовых и нефтегазоконденсатных месторождений» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», кандидат физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, доцент

Малышев Виктор Леонидович



«23» ноября 2023 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Горно-нефтяной факультет, кафедра «Разработка и эксплуатация газовых и нефтегазоконденсатных месторождений»

Адрес: 450064, г. Уфа, ул. Кольцевая, 9, корпус 4, ауд. 407

Тел.: +7 927 942 41 22, Адрес эл. почты: Victor.L.malyshev@gmail.com

Подпись Малышева В.Л. заверяю,
начальник отдела по работе с персоналом
ФГБОУ ВО УГНТУ



Дадаян О.А.



«23» ноября 2023 г.