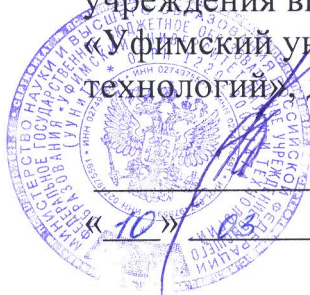


УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Уфимский университет науки и
технологий», д.ф.-м.н., профессор



С.А. Мустафина

2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Уфимский университет науки и технологий»

Диссертационная работа «Аналитическое исследование нестационарной фильтрации жидкости в системе пласт-трещина гидроразрыва» выполнена на кафедре прикладной физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий».

В период подготовки диссертационной работы соискатель Хисамов Артур Альфирович с 2018 по 2022 г. обучался в аспирантуре по очной форме обучения в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Башкирский государственный университет» по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (профиль: Теплофизика и теоретическая теплотехника). Работает в управлении по моделированию и анализу исследований скважин и пластов, отдел гидрогеологии и проектирования водозаборов ООО «РН-БашНИПИнефть» в должности начальника отдела.

В 2018 г. окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет» по направлению подготовки 03.04.02 Физика.

Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2022 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Башкирский государственный университет».

Справка об обучении в аспирантуре со сведениями о сданных кандидатских экзаменах выдана в 2022 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Башкирский государственный университет».

Научный руководитель – Хабибуллин Ильдус Лутфурахманович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры прикладной физики Физико-технического института федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Актуальность темы. В настоящее время для интенсификации нефтегазодобычи широко используются технологии гидроразрыва пластов (ГРП). Это связано с ростом доли трудноизвлекаемых запасов (малые проницаемости пластов, высокая вязкость нефти). Оценка параметров трещин гидроразрыва является важной для расчетов эксплуатационных характеристик и продуктивности скважин. При этом важное значение имеет моделирование процесса фильтрации в системе пласт-трещина-скважина. Моделирование процессов фильтрации в пластах с трещинами гидроразрыва достаточно полно развито в приближении стационарной фильтрации. Нестационарные процессы распределения давления рассмотрены в основном применительно к теории гидродинамических методов исследований скважин, для асимптотически ограниченных интервалов изменения координат и времени, распределение давления в пласте практически не изучается. В то же время, в пластах длительность нестационарных процессов распределения давления может быть одного порядка с характерным временем процесса фильтрации. Поэтому актуальным является исследование неустановившихся процессов

фильтрации в системе пласт-трещина с точки зрения развития общей теории этих процессов, а также для развития методов гидродинамических исследований пластов и оценки дебита скважин.

Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она представлена к защите.

Содержание диссертации соответствует специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы (физико-математические науки), так как посвящена аналитическому моделированию и исследованию нестационарной фильтрации в системе пласт-трещина гидроразрыва. Работа соответствует следующим пунктам паспорта данной специальности:

п. 8. «Течение жидкостей и газов в пористых средах», поскольку в работе исследуются процессы фильтрации газа или жидкости в пористых средах.

п. 18. «Точные, асимптотические, приближенные аналитические, численные и комбинированные методы исследования уравнений континуальных и кинетических моделей однородных и многофазных сред», так как в работе рассматривается аналитическое исследование процесса упругой фильтрации жидкости на основе уравнений, полученных в рамках континуальных моделей механики сплошных сред.

Личный вклад автора состоит в исследовании и реализации математических моделей нестационарной фильтрации в системе пласт-трещина гидроразрыва, позволяющих адекватно описать процесс распределения давления в трещине и в пласте. Диссертант самостоятельно провел численные расчеты, активно и инициативно участвовал в решении задач, анализе результатов, подготовке публикаций и пробации результатов.

Научная новизна работы определяется тем, что в ней получены аналитические решения задач нестационарной фильтрации жидкости в пластах с трещиной гидроразрыва. При этом для системы уравнений

пьезопроводности, описывающей распределение давления в пласте и трещине рассмотрены граничные условия первого, второго и третьего родов, описывающие различные режимы эксплуатации скважин – режим заданной депрессии на пласт, режим заданного расхода, наличие скин-зоны в пласте. В отличие от известных моделей найдены решения для давления не только в трещине, но и в пласте. Также рассмотрены модели в приближении трещины конечной протяженности.

Достоверность полученных результатов и выводов обусловлена корректностью постановок задач; получением решений, не противоречащих общим представлениям и находящимся в соответствии с результатами, полученными другими авторами; совпадением полученных решений задач в частных случаях с известными в литературе результатами.

Теоретическая значимость работы заключается в установлении закономерностей формирования нестационарных полей давления в пластах с вертикальной трещиной гидроразрыва при различных режимах работы скважины – режимы заданной депрессии и заданного дебита, восстановление давления после остановки скважины, учет наличия скин-эффекта в трещине. Полученные аналитические решения могут служить для валидации алгоритмов расчетов при численном моделировании фильтрации в пластах с трещинами ГРП.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в том, что полученные в работе формулы зависимости давления на забое скважины от времени можно использовать при гидродинамических исследованиях пластов методом типовых кривых. Полученные в работе аналитические выражения для дебита позволяют провести анализ зависимости дебита от времени и всего комплекса гидродинамических характеристик пласта, трещины и физических свойств флюида. Представляется возможным использование аналитических выражений для полей давления и скоростей фильтрации, при разработке математических моделей неізотермической фильтрации флюида

применительно к задачам термометрии пластов, а также при моделировании трассерных исследований в пластах трещиной ГРП.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на семи научных конференциях, опубликовано 19 научных трудов, в том числе 1 научная статья в рецензируемом научном издании, входящем в перечень Scopus, 3 научных статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень международных реферативных баз данных и RSCI, 3 научных статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, 12 научных публикаций в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень РИНЦ.

Статья в научном издании, входящем в перечень Scopus:

№	Название статьи	Выходные данные	Авторы	Личный вклад
1.	Modeling of unsteady flow around well with hydraulic fracture	E3S Web of Conferences, Saint Petersburg, 31 мая – 06 2021 года. – Saint Petersburg, 2021.	Khisamov A.A., Khabibullin I.L.	Участие в постановке задачи. Участие в получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.

Статьи в научных изданиях, входящих в международные базы данных и RSCI:

№	Название статьи	Выходные данные	Авторы	Личный вклад
1	Нестационарная фильтрация в пласте с трещиной гидроразрыва	Известия Российской академии наук. Механика	Хабибуллин И.Л., Хисамов А.А.	Участие в получении аналитических решений.

		жидкости и газа. – 2019. – № 5. – С. 6-14.		Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.
2.	Моделирование неустановившейся фильтрации жидкости в пласте с трещиной гидроразрыва	Прикладная механика и техническая физика. – 2022. – Т. 63. – № 4(374). – С. 116-125.	Хабибуллин И.Л., Хисамов А.А.	Участие в постановке задачи. Участие в получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.
3.	Моделирование нестационарной фильтрации в системе пласт – трещина гидроразрыва	Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2022. – № 77. – С. 158-168.	Хабибуллин И.Л., Хисамов А.А.	Участие в постановке задачи. Участие в получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.

Статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень

ВАК:

№	Название статьи	Выходные данные	Авторы	Личный вклад
1	Моделирование нестационарной фильтрации вокруг скважины с вертикальной	Вестник Башкирского университета. – 2017. – Т. 22, №	Хабибуллин И.Л., Хисамов А.А.	Участие в получении аналитических решений.

	трещиной гидроразрыва	2. – С. 309-314.		Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.
2.	К теории билинейного режима фильтрации в пластах с трещинами гидроразрыва	Вестник Башкирского университета. – 2018. – Т. 23, № 4. – С. 958-963.	Хабибуллин И.Л., Хисамов А.А.	Участие в получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.
3.	Исследование фильтрационного потока к скважине с вертикальной трещиной гидроразрыва при наличии скин-зоны в трещине	Вестник Башкирского университета. – 2022. – Т. 27. – № 2. – С. 270-274.	Хабибуллин И.Л., Хисамов А.А.	Участие в постановке задачи, построении модели. Участие в получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.

Статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень

РИНЦ:

№	Название статьи	Выходные данные	Авторы	Личный вклад
1	Моделирование нестационарного притока жидкости из пласта в скважину через трещину гидроразрыва	Сборник трудов Первой летней школы-конференции	Хабибуллин И.Л., Евграфов Н.А., Хисамов А.А.	Участие в получении аналитических решений. Проведение

		“Физико-химическая гидродинамика : модели и приложения”. Уфа: РИЦ БашГУ. 2016. С. 184-192.		численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.
2.	Моделирование нестационарной фильтрации в пластах с вертикальной трещиной ГРП	Теоретические и экспериментальные исследования нелинейных процессов в конденсированных средах : материалы VII Межрегиональной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Уфа, 20–21 мая 2021 года. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2021. – С. 193-194.	Хисамов А.А.	Участие в постановке задачи. Участие в получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.
3.	Моделирование нестационарной фильтрации вокруг скважины с вертикальной трещиной гидроразрыва	Нефтяная столица : Материалы 4-й Международного молодежного научно-практического форума, Ханты-Мансийск, 24–25 марта 2021 года. – Ханты-Мансийск: Центр научно-технических решений, 2021. – С.	Хисамов А.А.	Участие в постановке задачи. Участие в получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.

		209-210.		
4	Unsteady flow through a porous stratum with hydraulic fracture	Topical Issues of Rational Use of Natural Resources : XVII International Forum-Contest of Students and Young Researchers. Scientific conference abstracts, St Petersburg, 31 мая – 06 2021 года. Vol. 1. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. – P. 26-27.	Khislamov A.A.	Участие в постановке задачи. Участие в получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.
5	Моделирование неустановившейся фильтрации в системе пласт-трещина гидроразрыва	Многофазные системы. – 2020. – Т. 15, № 1-2. – С. 114.	Хисамов А.А., Хабибуллин И. Л.	Участие в получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.
6	Моделирование неустановившейся фильтрации в пластах с трещиной ГРП	XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики : Сборник трудов в 4-х томах, Уфа, 19–24 августа 2019 года. Том 2. – С. 1267-1269.	Хабибуллин И. Л., Хисамов А.А.	Участие в получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.
7	Теория нестационарной	Дифференциал	Хабибуллин	Участие в

	фильтрации вокруг скважины с вертикальной трещиной гидроразрыва	ные уравнения и смежные проблемы. Материалы Международной научной конференции. – г. Стерлитамак. – С. 129-131. – 2018 г.	И.Л., Хисамов А.А.	получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.
8	Моделирование нестационарной фильтрации в пласте с трещиной гидроразрыва	Тезисы докладов XI Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – г. Уфа, 11-14 ноября 2020 г. – С. 215.	Хисамов А.А.	Участие в получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.
9	Modeling of unsteady filtration around the well with hydraulic fracture	Нефтегазовые Горизонты, 16–19 ноября 2021 года, 2021. – С. 173-174.	Khisamov A.A.	Участие в постановке задачи. Участие в получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.
10	Моделирование билинейного режима фильтрации в пластах с трещиной гидроразрыва	Теоретические и экспериментальные исследования нелинейных процессов в конденсированных средах :	Хисамов А.А.	Участие в получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов.

		<p>Материалы V Межрегиональной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых-физиков, посвященной 100-летию Республики Башкортостан, Уфа, 15–17 апреля 2019 года / Ответственный редактор Ф.К. Закирьянов. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2019. – С. 128-129.</p>		<p>Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.</p>
11	К теории билинейного режима фильтрации	<p>Физико-химическая гидродинамика : модели и приложения : Тезисы докладов Второй всероссийской летней школы-конференции, Уфа, 25–30 июня 2018 года / Ответственный редактор И.Л. Хабибуллин. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2018. – С. 102.</p>	Хабибуллин И.Л., Хисамов А.А.	<p>Участие в получении аналитических решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.</p>
12	Моделирование фильтрации вокруг скважины при наличии	Современные проблемы физики и	Хисамов А.А., Хабибуллин И.Л.	Участие в получении аналитических

	трещины гидроразрыва	технологий : VII Международная молодежная научная школа-конференция. Тезисы докладов, Москва, 16–21 апреля 2018 года. Том Часть 2. – Москва: Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", 2018. – С. 321-322.		решений. Проведение численных расчетов и анализ полученных результатов. Подготовка публикации. Апробация полученных результатов.
--	----------------------	---	--	---

Публикации полностью соответствуют теме диссертации и раскрывают её основные положения. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные полученные результаты диссертации.

Ценность научной работы заключается в том, что в результате выполненных исследований: **показана** актуальность исследования нестационарной фильтрации жидкости в системе скважина-трещина-пласт при различных режимах эксплуатации скважины; **обоснована** актуальность совершенствования и развития аналитических моделей фильтрации в пластах с трещинами гидроразрыва; **исследованы** особенности формирования нестационарного поля давления жидкости в режимах отбора с постоянным дебитом и постоянной депрессией. **разработана** математическая модель нестационарной фильтрации сжимаемого флюида в пласте с вертикальной трещиной гидроразрыва при наличии скин-зоны в трещине.

Диссертация Хисамова Артура Альфировича соответствует пп. 9-11, 13, 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842. Диссертация является законченной научной квалификационной работой, в

которой содержатся научно обоснованные исследования нестационарной фильтрации в пласте с трещинами гидроразрыва, имеющие важное значение при интерпретации данных гидродинамических исследований скважин при определении параметров трещины продуктивных пластов.


Диссертация Хисамова Артура Альфировича на тему «Аналитическое исследование нестационарной фильтрации жидкости в системе пласт-трещина гидроразрыва» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Заключение принято на заседании кафедры прикладной физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий».

Присутствовало на заседании 16 человек, в том числе 2 доктора наук.

Результаты голосования: «за» – 16 человек, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Протокол № 6 от «07» марта 2023 г.

 Ковалева Лиана Ароновна,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой прикладной физики
Физико-технического института

