

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.479.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24.12.2024 г. № 13

О присуждении Сулеймановой Малике Джалилевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Численное исследование температурного поля в неоднородных средах при двухфазной фильтрации с учетом термодинамических эффектов» по научной специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 23 октября 2024 года, протокол заседания № 10, диссертационным советом 24.2.479.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32. Приказ Минобрнауки о создании диссертационного совета № 518/нк от 24.03.2023 г.

Соискатель Сулейманова Малика Джалилевна 17 сентября 1992 года рождения. В 2016 году окончила ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» по направлению подготовки 08.04.01 Строительство с присвоением квалификации Магистр.

В 2024 году окончила аспирантуру по очной форме обучения ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Диплом об окончании аспирантуры выдан федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» в 2024 г.

Справка со сведениями о сданных кандидатских экзаменах выдана федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» в 2024 г.

На данный момент не работает.

Диссертация выполнена на кафедре геофизики физико-технического института федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор, Шарафутдинов Рамиль Фаизырович, профессор кафедры геофизики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий».

Официальные оппоненты:

1. **Кислицын Анатолий Александрович**, доктор физико-математических наук (01.04.14 – Теплофизика и молекулярная физика), профессор, профессор кафедры прикладной и технической физики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный университет»;

2. **Шарифуллин Андрей Ришадович**, кандидат технических наук (01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы), технический директор общества с ограниченной ответственностью «Тетаком»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом физико-математических наук (01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы), доцентом кафедры физики **Столповским Максимом Владимировичем** и доктором технических наук (25.00.19 – Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ), профессором, заведующим кафедрой «Промышленная теплоэнергетика» **Китаевым Сергеем Владимировичем** и утвержденном доктором технических наук, профессором, проректором по научной и инновационной работе Ибрагимовым Ильдусом Гамировичем, указала, что диссертация Сулеймановой Малики Джалилевны, представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, является законченным научным исследованием, в котором решена прикладная задача в области теплофизики, имеющая научную и практическую ценность. Результаты работы могут быть использованы в геофизических и нефтедобывающих предприятиях. Представленные в работе исследования достоверны, выводы и рекомендации обоснованы. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. По актуальности, новизне, научной и практической значимости диссертация соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а ее автор, Сулейманова Малика Джалилевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ, из которых 3 в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны

быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, 5 в иных изданиях. Общий объем публикаций 4,8 п.л. (авторский вклад – 1,9 п.л.).

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Сулейманова М.Д. Исследование распределения температуры в неоднородном пласте при фильтрации флюида с учетом термодинамических эффектов / М.Д. Сулейманова, Р.Ф. Шарафутдинов, И.В. Канафин // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2023. – Т. 9, № 1(33). – С. 6-21. – DOI 10.21684/2411-7978-2023-9-1-6-21.

2. Сулейманова М.Д. Исследование температурного поля в неоднородных по проницаемости пластах при двухфазной фильтрации / М.Д. Сулейманова, Р.Ф. Шарафутдинов, И.В. Канафин // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2023. – Т. 9, № 4(36). – С. 6-17. – DOI 10.21684/2411-7978-2023-9-4-6-17.

3. Сулейманова М.Д. О моделировании термогидродинамических процессов в неоднородных нефтегазовых пластах / М.Д. Сулейманова, Р.Ф. Шарафутдинов // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 32-38.

4. Давлетшин Ф.Ф. Возможности скважинной термометрии при диагностике состояния неоднородных пластов / Ф.Ф. Давлетшин, Д.Ф. Исламов, М.Д. Сулейманова // Нефтепромысловое дело. – 2024. – № 5(665). – С. 52-56.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский

государственный нефтяной технический университет», г. Уфа. Отзыв положительный.

Имеются замечания: 1) В четвертой главе для получения исходных данных для дальнейших расчетов по разработанной модели используется температурный симулятор PSim, однако нет информации по данному симулятору PSim. 2) Следует пояснить для чего на практике может быть использован результат расчета температуры флюида на выходе из пласта, полученный разработанным симулятором. 3) В разработанных симуляторах одним из допущений является пренебрежение тепловыми потерями в окружающие горные породы, в связи с этим для каких условий могут быть на практике использованы математические модели.

2. Официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры прикладной и технической физики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный университет» Кислицына Анатолия Александровича. Отзыв положительный.

Имеются замечания: 1) В конце третьей главы прописаны выводы, где в пункте 4 упоминается нагреватель, однако нет информации по данному нагревателю. 2) В четвертой главе для получения исходных данных для дальнейших расчетов по разработанной модели используется температурный симулятор PSim, однако по этому симулятору нет информации. 3) В разработанных математических моделях одним из допущений является пренебрежение тепловыми потерями в окружающие горные породы, в связи с чем возникает вопрос об области применимости этих моделей на практике. 4) В работе присутствуют ошибки и опечатки. Имеются опечатки в нумерации рисунков (например, после рисунка 2.6 следует рисунок 3.5, после 2.2 следует рисунок 2.4).

3. Официального оппонента, кандидата технических наук, технического директора общества с ограниченной ответственностью «Тетаком» Шарифуллина Андрея Ришадовича. Отзыв положительный.

Имеются замечания: 1) По оформлению диссертации: – Имеются опечатки в нумерации рисунков (в главе 2 и главе 3); – Имеется опечатка в пункте 2.1, где формулировка «двухфазного флюида» противоречит следующим указанным допущениям постановки задачи однофазной двумерной (r, f) фильтрации; – Упоминание газовой фазы в описании формулы 2.15 для расчета плотности является избыточным, поскольку согласно модели газовая фаза отсутствует; – Отсутствуют ссылки в тексте на графики 3.20 - 3.26, хотя описание графиков в тексте диссертации присутствует; – В четвертой главе в п. 4.1 для обработки термограмм упоминается симулятор «PSim», однако в диссертации нет информации по данному симулятору; – На рисунке 4.4 «Сравнение промысловых данных с модельными по глубине» отсутствует кривая № 4, которая, согласно тексту, должна отображать результаты расчетов в разработанном симуляторе для скважины № 2. 2) На рисунке 4.6 представлены данные распределения температуры по глубине в различные моменты времени после начала притока флюида из пласта в скважине № 3 при компрессорном опробовании. Автор связывает азимутальные аномалии разогрева относительно начальной температуры с наличием азимутальной неоднородности проницаемости в пропластках. Однако представленные далее результаты расчетов азимутального распределения неоднородной зоны пласта, выполненные на основе данных шести датчиков температуры с использованием предложенной методики, указывают на условную однородность зоны нарушенной проницаемости радиусом 50 ± 2 см. Это требует дополнительного анализа взаимосвязи между экспериментальными данными и расчетными результатами. 3) Из текста диссертации неясно, каким образом были определены значения проницаемости по профилю пласта для скважины №3, использованные при расчете температуры на выходе из пласта, а также какая модель – радиально-азимутальная или радиально-слоисто-неоднородная – применялась для выполнения данного расчета. 4) Для дальнейшего повышения достоверности и обоснованности предложенных моделей можно

рассмотреть сопоставление результатов количественной интерпретации свойств слоисто-неоднородного пласта, полученных на их основе, с данными промысловых геофизических исследований и/или гидродинамических исследований профиля притока.

4. Кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника Института механики им. Р.Р. Мавлютова – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук **Низамовой Аделины Димовны**. Отзыв положительный.

Имеется замечание: Из автореферата неясно, как проводился анализ сходимости численного метода.

5. Доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук **Лежнина Сергея Ивановича**. Отзыв положительный.

Имеется замечание: В главе 2, в частности, упоминается о тестировании полученных численных решений с использованием известных аналитических решений. Однако из автореферата не ясно, с какими конкретно «известными» аналитическими решениями сравниваются результаты расчета.

6. Кандидата технических наук, главного специалиста научно-исследовательского отдела гидродинамических исследований «СургутНИПИнефть» Публичного акционерного общества «Сургутнефтегаз», **Нестеренко Михаила Геннадьевича**. Отзыв положительный.

Имеется замечание: В качестве пожелания, хотелось бы отметить в необходимости расширения обработки практических скважинных

материалов по определению распределения радиально-азимутальной проницаемости пластов.

7. Доктора физико-математических наук, профессора, директора Тюменского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук **Мусакаева Наиля Габсалямовича**. Отзыв положительный.

Имеется замечание: Из текста автореферата не ясно, было ли проведено сравнение расчетов по предложенной математической модели с расчетами на имеющихся коммерческих симуляторах для анализа преимуществ и недостатков используемого в диссертационной работе подхода.

8. Кандидата технических наук, главного геолога Научно-Технического Управления общества с ограниченной ответственностью «ТНГ-Групп» **Баженова Владимира Валентиновича**. Отзыв положительный.

Имеется замечание: В четвертой главе приводится оценка радиально-азимутального распределения проницаемости в призабойной зоне пласта, однако не поясняется для решения каких задач в дальнейшем это может быть использовано.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой профессиональной квалификацией, наличием публикаций по проблематике, связанной с темой диссертации, компетенцией в вопросах, имеющих отношение к теме работы. Ведущая организация и оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложены:

- двумерная математическая модель для изучения процессов неизотермической однофазной фильтрации при наличии радиально-азимутальной неоднородности по проницаемости пористой среде, с учетом эффекта Джоуля-Томсона и адиабатического эффекта;

- двумерная математическая модель неизотермической двухфазной фильтрации для изучения термогидродинамических процессов в радиально-слоисто-неоднородном по проницаемости пористой среде с учетом влияния эффекта Джоуля-Томсона, адиабатического эффекта и гравитационной силы;

- пути практического использования результатов исследований неизотермической двухфазной фильтрации в неоднородных пластах, а именно, оценка профиля притока, оценка радиально-азимутального распределения проницаемости в призабойной зоне пласта.

проведено исследование влияния радиально-азимутального и радиально-слоистой неоднородности проницаемости в пласте на распределение температуры при однофазной и двухфазной фильтрации;

изучено влияние термодинамических эффектов на формирование температуры на выходе из пласта при наличии радиально-азимутальной и радиально-слоистой неоднородности проницаемости.

исследовано температурное поле в неоднородном по проницаемости пористой среде при двухфазной фильтрации нефти и воды с учетом термодинамических эффектов;

показана практическая значимость исследования термогидродинамических процессов в неоднородных по проницаемости пластах при однофазной и двухфазной фильтрации с учетом термодинамических эффектов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

использованы при проведении теоретического исследования основные положения теории теплообмена, основные закономерности проявления термодинамических эффектов;

установлено, что при наличии радиально-азимутальной неоднородности по проницаемости в пласте, наблюдается немонотонная зависимость температуры от времени на выходе из пласта в области неоднородности от величины угла охвата области неоднородности с низкой проницаемостью; установлено, что наблюдается различный темп

установления температуры в однородной и неоднородной областях (различие по проницаемости) в процессе вытеснения нефти водой. При сниженной проницаемости неоднородной зоны, ранний прорыв воды в более проницаемой зоне (однородная область) приводит к повышенному темпу изменения температуры относительно неоднородной в начальные моменты до прорыва воды, а в дальнейшем наблюдается снижение температуры;

изучено влияние неоднородности проницаемости в пласте на нестационарное температурное поле при двухфазной фильтрации с учетом термодинамических эффектов.

Значимость диссертационного исследования для науки определяется следующим:

рассмотрено формирование насыщенностей фаз, давления и температуры в неоднородной по проницаемости пористой среде на основе численного моделирования неизотермической двухфазной фильтрации нефти и воды с учетом эффекта Джоуля-Томсона, адиабатического эффекта и гравитационных сил;

выявлены в ходе выполнения данной работы закономерности поведения температурного поля в неоднородных пластах, расширяющие известные данные о двухфазной неизотермической фильтрации с учетом термодинамических эффектов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

показана возможность определения работающих интервалов и оценки профиля притока в пластах большой толщины с использованием разработанной математической модели при двухфазной фильтрации;

установлено, что учет неоднородности по проницаемости при измерении температуры в скважинах играет важную роль, поскольку существование зоны с нарушенной проницаемостью может привести к перетокам жидкости между слоями, что непосредственно влияет на скорость изменения температуры. Исследования в области радиально-азимутальной

неоднородности остаются актуальными и в некоторой мере недостаточно исследованными;

разработаны рекомендации по оценке размеров неоднородной зоны в азимутальных направлениях по данным обработки азимутального распределения температуры в скважине с применением известной методики термозондирования.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на основе фундаментальных законов теплофизики и механики многофазных сред;

идея исследования базируется на многовариантных результатах расчета термогидродинамических процессов в неоднородных пластах с учетом термодинамических эффектов, анализе промысловых данных термометрии скважин;

использованы апробированные численные методы, проверенные при решении других задач тепломассопереноса в пористых средах;

протестированы разработанные модели на известных аналитических решениях и коммерческих симуляторах, результаты которых показали хорошее согласование расчетных и аналитических решений, расхождение не превышает 2%.

Личный вклад автора заключается в создании математических моделей, участии в постановке задач, проведении численных экспериментов, анализе и обсуждении полученных результатов.

В ходе заседания было высказано критическое замечание о том, что в докладе не упоминается какая численная схема и программный комплекс были использованы для проведения расчетов.

Соискатель Сулейманова М.Д. ответила, что для описания двухфазной фильтрации жидкости в пласте используется метод контрольного объема, для решения системы уравнений двухфазной фильтрации используется IMPES-метод – неявный по давлению, явный по насыщенностям, был разработан собственный программный код.

На заседании 24.12.2024 г. диссертационный совет за исследование температурного поля при однофазной двумерной фильтрации в радиально-азимутально-неоднородном по проницаемости пласте, двухфазной двумерной фильтрации в радиально-слоисто-неоднородном по проницаемости пласте, за разработку подхода по оценке размеров неоднородности в азимутально-радиальном направлениях по данным распределенной термометрии имеющей значение для развития интерпретационной базы термометрических исследований в неоднородных по проницаемости пластах, присудить Сулеймановой Малике Джалилевне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 12, против – 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета
д.т.н., профессор



Рамазанов Айрат Шайхуллинович

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.ф.-м.н.

Хабиров Тимур Раильевич

24 декабря 2024 г.