

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 28 апреля 2026 г. № 5

О присуждении Кряжеву Ярославу Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Моделирование устойчивости процесса неизотермического вытеснения нефти» по научной специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 10 февраля 2026 года (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.2.479.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32. Приказ № 518/нк от 24.03.2023 г.

Соискатель Кряжев Ярослав Александрович, 1 октября 1997 года рождения. В 2021 году окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный университет» по направлению подготовки 16.04.01 Техническая физика с присвоением квалификации Магистр.

Справка со сведениями о сданных кандидатских экзаменах по истории и философии науки (физико-математические науки), английскому языку (физико-математические науки) и по научной специальности

1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника (физико-математические науки) была выдана в 2025 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Тюменский государственный университет».

Работает в должности научного сотрудника отдела научного сопровождения и цифровизации объектов разработки Центра разработки и эксплуатации месторождений Пуровского района Общества с ограниченной ответственностью «Газпром ВНИИГАЗ».

Диссертация выполнена на кафедре моделирования физических процессов и систем федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Шевелёв Александр Павлович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры моделирования физических процессов и систем Школы естественных наук федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный университет».

Официальные оппоненты:

1. Никифоров Анатолий Иванович, доктор физико-математических наук (01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы), профессор, заведующий лабораторией математического моделирования процессов фильтрации Института механики и машиностроения – обособленного структурного подразделения федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»;

2. Киреев Виктор Николаевич, кандидат физико-математических наук (01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника), доцент, доцент кафедры прикладной физики Физико-технического института федерального

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

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 доктором технических наук (25.00.19 – Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ), профессором, заведующим кафедрой «Промышленная теплоэнергетика» Китаевым Сергеем Владимировичем и кандидатом физико-математических наук (01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы), доцентом кафедры «Физика» Столповским Максимом Владимировичем и утвержденном проректором по научной и инновационной работе ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», кандидатом технических наук, доцентом Гулиным Денисом Алексеевичем, указала, что диссертационное исследование Кряжева Ярослава Александровича, представленное на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, является законченным и представляет собой цельную научную работу. Автореферат написан качественным научным языком и полностью отражает основные положения диссертационной работы. Полученные в работе результаты физически не противоречивы и обоснованы, обладают научной новизной, имеют несомненную теоретическую и практическую значимость. Результаты исследований могут быть применены для проектирования разработки месторождений с высоковязкой нефтью. Диссертационная работа полностью соответствует требованиям пунктов 9-11, 13 и 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Кряжев Ярослав Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических

наук по научной специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ по теме диссертации, из которых 2 в изданиях, входящих в международные базы данных, 2 в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, 4 в иных изданиях. Имеется 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Общий объем публикаций 3,9 п.л. (авторский вклад 1,5 п.л.).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Кряжев, Я. А. Исследование эффективности вытеснения высоковязкого флюида двухфазным теплоносителем в зависимости от скорости подвода тепла в пористую среду и величины тепловых потерь / Я. А. Кряжев, А. П. Шевелёв, А. Я. Гильманов // Вестник Тюменского государственного университета. Физико–математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2025. – Т. 11, № 1. – С. 6–22.

2. Кряжев, Я. А. Критериальный анализ возникновения неустойчивости фронта вытеснения при заводнении нефтяных пластов / Я. А. Кряжев, А. Я. Гильманов, К. М. Федоров, А. П. Шевелёв // Вестник Тюменского государственного университета. Физико–математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2024. – Т.10, № 4. – С. 114–131.

3. Кряжев, Я. А. Критерии устойчивости процессов вытеснения при добыче углеводородов / Я. А. Кряжев, В. А. Кряжев, А. П. Шевелёв, А. Я. Гильманов // Инженерно–физический журнал. – 2022. – Т. 95, № 5. – С. 1176 – 1182.

4. Федоров, К. М. К вопросу устойчивости фронтов вытеснения нефти из терригенных и карбонатных коллекторов / К. М. Федоров, Т. А.

Поспелова, А. П. Шевелёв, Я. А. Кряжев, В. А. Кряжев // Нефтепромысловое дело. – 2019. – № 11. – С. 69–72.

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) Определенный научный и практический интерес представляет сопоставление результатов численного моделирования с данными промысловых исследований на реальных объектах, однако такое сравнение в представленной работе отсутствует. 2) В диссертации не приведено сравнительного анализа полученных результатов с результатами моделирования неустойчивого процесса вытеснения нефти. 3) Из текста диссертации остается не до конца ясным: каким именно образом в модифицированной функции Баклея-Левретта учтено влияние капиллярных сил. Этот аспект требует более развернутого пояснения. 4) Выбор уравнения Лихачева-Фогельсона в качестве уравнения состояния жидких фаз для моделирования в рамках темы исследования обосновано недостаточно полно. 5) Не в полной мере исследовано влияние изменения относительных фазовых проницаемостей (ОФП) на итоговые результаты расчетов, а также не учтена зависимость ОФП от температуры, что является важным при моделировании неизотермических процессов.

2. Официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего лабораторией математического моделирования процессов фильтрации Института механики и машиностроения – обособленного структурного подразделения федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр

«Казанский научный центр Российской академии наук» Никифорова Анатолия Ивановича. Отзыв положительный.

Имеются вопросы и замечания: 1) Во всех моделях работы рассматривается изотропная пористая среда. Однако для пластов, содержащих высоковязкую нефть, характерна выраженная анизотропия, которая влияет на направление развития «языков». 2) Неустойчивость Саффмана-Тейлора имеет случайный характер и сильно зависит от макронеоднородностей пласта и структуры расчетной сетки. Не приводит ли использование детерминированного критерия к недооценке рисков преждевременного прорыва в реальных, сильно неоднородных коллекторах? 3) Критерий A , представленный в работе, связывает скорость подвода тепла и интенсивность тепловых потерь. Его практическое применение требует пояснения. Ведь для расчета A необходимо знать коэффициент теплопередачи α , который сам по себе является сложным параметром, зависящим от множества факторов (толщина, свойства кровли/подошвы, наличие трещин) и крайне трудно определяемым на практике.

3. Официального оппонента, кандидата физико-математических наук, доцента, доцента кафедры прикладной физики Физико-технического института федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Киреева Виктора Николаевича. Отзыв положительный.

Имеются вопросы и замечания: 1) В разделе 2.3 представлена методика определения критической скорости фильтрации U_{cr} , ниже которой не возникает неустойчивости на водонефтяном фронте. Однако расчет этой скорости осуществляется через итерационный процесс. Необходимо пояснить, насколько предлагаемый критерий удобен для оперативного применения в промысловых условиях, где требуется быстрая оценка. 2) Для валидации численной модели неизотермической фильтрации и демонстрации ее прогнозной способности было бы крайне полезно дополнить работу

сравнением с данными промысловых экспериментов. 3) Чем был обусловлен выбор уравнения состояния Лихачева-Фогельсона для его использования в физико-математической модели неизотермической фильтрации? В тексте не приведено анализа его преимуществ применительно к моделируемым процессам. 4) В работе в качестве одного из допущений предполагается однородность и изотропность пористой среды. Насколько результаты, полученные для однородной модели, могут быть экстраполированы на неоднородные коллекторы?

4. Кандидата физико-математических наук, доцента, заведующего научно-исследовательской лабораторией петрофизики Публичного акционерного общества «Сургутнефтегаз» Тюменского отделения «СургутНИПИнефть» **Вольфа Альберта Альбертовича**. Отзыв положительный.

Имеется замечание: На рисунке 9 представлена корреляционная зависимость времени начала образования «языков» пара от безразмерного числа A . Однако из текста автореферата не ясно, для какого диапазона исходных геолого-физических параметров пласта (проницаемость, пористость, толщина) была получена данная зависимость, и насколько она универсальна. Уточнение границ применимости этой корреляции усилило бы практическую ценность работы.

5. Кандидата физико-математических наук, доцента, эксперта Общества с ограниченной ответственностью «Газпромнефть Научно-технический центр» **Кадочниковой Лилии Михайловны**. Отзыв положительный. Вопросов и замечаний нет.

6. Доктора технических наук, доцента, ведущего научного сотрудника лаборатории физико-химической механики Института механики Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» **Макарова Сергея Сергеевича**. Отзыв положительный.

Имеется замечание: В автореферате имеются опечатки, например уравнение (31) неверно указан индекс «к,» уравнение (34) пропущено верхнее подчеркивание над обозначением температуры, которые носят оформительскую неточность и не влияют на ценность полученных результатов.

7. Кандидата физико-математических наук, заместителя директора-руководителя департамента нефтегазового инжиниринга Передовой инженерной нефтяной школы Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти», **Пичугина Олега Николаевича**. Отзыв положительный.

Имеется замечание: Представленные критерии устойчивости и корреляционные зависимости получены в рамках ряда допущений. В автореферате не в полной мере раскрыто, насколько чувствительны полученные зависимости к нарушению этих предпосылок, что могло бы дополнительно прояснить область применимости разработанной методики.

8. Кандидата физико-математических наук, ведущего инженера отдела концептуального инжиниринга и оперативных задач Общества с ограниченной ответственностью «Новатэк Научно-технический центр» **Самсонова Кирилла Юрьевича**. Отзыв положительный.

Имеются вопросы и замечания: 1) В физико-математических моделях изотермического и неизотермического процесса вытеснения нефти учитываются процессы коагуляции и суффозии порового пространства? 2) В разделе 3.2, где приводятся вспомогательные соотношения для функций, зависящих от термобарических условий и насыщенностей флюидов в качестве уравнения состояния для газовой фазы использовалось уравнение Менделеева-Клайперона можно ли использовать уравнение состояния реальных газов, например уравнение Пенга-Робинсона?

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:

разработана методика критериального исследования устойчивости фронта вытеснения нефти высокоподвижным флюидом в пористой среде с учетом капиллярных и гравитационных сил, позволяющая оценивать время прорыва вытесняющей фазы при различных соотношениях подвижностей флюидов и скоростях фильтрации;

установлено существование критической скорости фильтрации, ниже которой фронт вытеснения сохраняет устойчивость даже при неблагоприятном соотношении подвижностей фаз, а также показана стабилизирующая роль гравитационных и капиллярных сил;

разработана трехфазная двухкомпонентная физико-математическая модель неизотермического вытеснения нефти пароводяной смесью в цилиндрической системе координат с использованием уравнения состояния Лихачева–Фогельсона и корреляций Эйнштейна для вязкостей фаз, позволяющая восстанавливать границы паронефтяного фронта;

показано, что динамика температурного поля существенно влияет на устойчивость фронта вытеснения и процессы «языкообразования», определяя характер развития неустойчивостей при тепловом воздействии;

введен новый безразмерный комплекс A , характеризующий отношение интенсивности тепловых потерь в кровлю и подошву пласта к скорости подвода тепла с теплоносителем, позволяющий оценивать скорость распространения температурного поля и время начала интенсивного «языкообразования» паровой фазы;

получена корреляционная зависимость времени начала интенсивного языкообразования от введенного безразмерного комплекса A , позволяющая производить оценку времени перехода от устойчивого вытеснения к неустойчивому при закачке пароводяной смеси в пласт с высоковязкой нефтью.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изучена теория устойчивости фронтов вытеснения в пористых средах с учетом совокупного влияния капиллярных, гравитационных и тепловых факторов;

изложен модифицированный подхода Баклея–Леверетта для описания реальных условий фильтрации;

разработана обобщенная неизотермической модель трехфазной фильтрации, позволяющая в единой постановке анализировать гидродинамические и тепловые процессы;

введены новые безразмерные комплексы подобия, расширяющие возможности критериального анализа тепломассопереноса в пористой среде.

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

представлена методика критериального анализа устойчивости фронта вытеснения, позволяющая обоснованно выбирать режимы закачки вытесняющих агентов и параметры флюидов для предотвращения преждевременного прорыва и повышения коэффициента извлечения нефти;

предложен новый критерий A , который дает возможность оценивать минимально необходимый расход пара для инициации распространения теплового поля и прогнозировать развитие теплового фронта;

получены зависимости, которые могут быть использованы при проектировании и оптимизации технологий разработки месторождений высоковязкой нефти с применением тепловых методов воздействия.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория основана на применении фундаментальных уравнений механики многофазных сред (законов сохранения массы, импульса и энергии, закона Дарси);

использованы физически и математически непротиворечивые допущения и апробированные численные методы;

установлено согласование полученных результатов с литературными экспериментальными данными;

установлено, что верификация разработанной модели путем сравнения с расчетами коммерческого программного комплекса «ТНавигатор» показала удовлетворительную точность.

Личный вклад соискателя состоит в разработке физико-математических моделей изотермического и неизотермического вытеснения, проведении критериального анализа, получении численных решений, разработке трех программ для ЭВМ, зарегистрированных в установленном порядке, анализе полученных результатов, а также в подготовке и апробации результатов исследования на российских и международных конференциях и в научных публикациях.

В ходе защиты диссертации было высказано критическое замечание о том, насколько оправдано использование уравнения Менделеева-Клапейрона в качестве уравнения состояния для паровой фазы в рассматриваемом диапазоне температур и давлений.

Соискатель Кряжев Я.А. согласился, что можно использовать более сложные уравнения состояния, однако дополнил, что уравнение Менделеева-Клапейрона позволяет рассчитать плотность пара без дополнительных итерационных процедур. Кроме того, оценка погрешности уравнения в рассматриваемом диапазоне параметров показала допустимый результат для целей настоящей работы (отклонение до 15 %).

На заседании «28» апреля 2026 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи по разработке методики критериального

исследования устойчивости фронта вытеснения нефти в изотермическом и неизотермическом приближениях с установлением условий перехода к неустойчивому режиму и введением нового безразмерного комплекса подобия, характеризующего тепломассоперенос в пористой среде при закачке пароводяной смеси, присудить Кряжеву Ярославу Александровичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 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, проголосовали: за – 13, против – 0.

Председатель

диссертационного совета

д.т.н., профессор



Валиуллин Рим Абдуллоевич

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

Хабиров Тимур Раильевич

28 апреля 2026 г.