

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **ХАЛИЛОВА Дамира Газинуровича** «Разработка геофизического метода активной оптоволоконной распределенной термометрии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 - Геофизика

Структура и объем диссертации

Диссертация содержит введение, четыре главы, заключение, список литературы из 144 наименований. Работа состоит из 163 страниц текста, 59 иллюстраций и 16 таблиц.

Актуальность исследований

Актуальность работы связана с возрастающей потребностью диагностики состояния скважины и пласта нефтегазовых месторождений, особенно на поздней стадии эксплуатации, соответственно, актуальным является развитие скважинных оптоволоконных измерительных систем как перспективного геофизического метода контроля добычи нефти. Соискатель поставил себе цель – обеспечить развитие оптоволоконной распределённой термометрии по расширению методического инструментария, последующей её адаптации к изучению динамических параметров скважинных потоков и определению детализационных показателей изучаемой среды.

Разработки автора имеют важное значение для направления оптоволоконных исследований с нагревом, так как обеспечивают повышение информативности используемых оптоволоконных систем мониторинга и выход на количественные параметры скважинных потоков. Рассматриваются вопросы определения фактической пространственной и временной детализации температурного поля, которую необходимо заведомо знать специалисту во избежание разного рода ошибок на всех этапах исследовательского процесса. Также рассматривается моделирование скважинной среды, позволяющее оптимизировать интерпретационный процесс.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Степень обоснованности научных положений подтверждена значительным объёмом фактического материала, многочисленными лабораторными испытаниями, результатами работ, опубликованных в ведущих журналах и представленных на научно-технических конференциях и конкурсах российского и международного уровня. Основные результаты исследований отражены в выводах и не противоречат исследованиям других специалистов в данной области.

Достоверность и научная новизна выводов

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена согласованностью полученных результатов исследований с теоретическими положениями и опубликованными материалами других исследователей. Результаты диссертации в виде научных статей прошли неоднократное рецензирование и были опубликованы в журналах перечня ВАК РФ и международной базы Scopus.

Научная новизна, определяющая практическую значимость диссертации, заключается в следующем:

1. Создан оптоволоконный распределённый скважинный термодобитомер, разработана методика мониторинга расходных характеристик в нефтедобывающих скважинах с использованием оптоволоконного распределённого скважинного термодобитомера без дополнительных средств измерения и сторонних методов, которая позволяет количественно определять общие и поинтервальные дебиты;

2. Предложен критерий для определения пространственного разрешения оптоволоконных распределённых датчиков, отражающий детализацию температурного поля во время исследований и позволяющий избежать ложных выводов;

3. Разработан способ определения пространственной и временной разрешающей способности, основанный на использовании формул связи

данных величин с конструкцией кабеля, полученных экспериментальным путём;

4. Создана калибровочная установка-имитатор скважины, которая позволяет проводить не только лабораторные испытания по авторской методике исследований, но и осуществлять моделирование многих процессов, происходящих в скважинной среде.

Научные положения диссертации, вынесенные на защиту

Первое научное положение. Система оптоволоконной распределённой скважинной термокондуктивной дебитометрии, основанная на использовании геофизического кабеля, который позволяет выполнять исследования и работы в скважинах действующего фонда стандартными электронными приборами и оптоволоконными распределёнными датчиками температуры совместно с нагревом и без него.

Автором предварительно проведен анализ существующих разработок и выработано решение по созданию системы оптоволоконной распределённой термодебитометрии, сочетающей в себе лучшие возможности, присущие аналогам.

Система оптоволоконной термодебитометрии на основе специального геофизического кабеля сочетает в себе линии разного назначения: электрические информационные, электрические нагревательные и оптоволоконные. Данная структура кабеля позволяет проводить исследования стандартными каротажными приборами и оптоволоконными датчиками с использованием нагревательного элемента распределённого вида. В отличие от изученных аналогов данная конструкция кабеля применима для исследований в глубоких скважинах и позволяет устанавливать регулируемый перегрев, запас которого определяется на этапе проектирования кабеля для определённого месторождения, либо группы месторождений.

Совместно с системой оптоволоконной термодебитометрии разработана методика исследований, представляющая собой определение интенсивности потерь тепла кабелем по оптоволокну в пределах нагревательного участка в

зависимости от скорости потока скважинной жидкости. Связь «сырых» данных с динамическими показателями потоков обеспечивается через лабораторную зависимость, учитывающую восприятие температурного поля конкретным кабелем. В качестве доказательства применимости разработанной методики приведены положительные результаты лабораторных испытаний.

Второе научное положение. Показатели тепловой инерционности оптоволоконных распределённых датчиков температуры, интегрированных в кабельные изделия, предлагается использовать при проведении геофизических исследований и мониторинге в нефтескважинах.

В качестве основных показателей тепловой инерционности оптоволоконных средств измерения автор выделяет две величины – пространственное разрешение и постоянную времени. Для демонстрации тепловой инерционности оптоволоконных датчиков в составе геофизических кабелей использован набор образцов для последующего проведения лабораторных испытаний.

При определении пространственного разрешения данного набора образцов кабелей рассматривается проблема недостижимости показателей, заявленных изготовителями измерительного оборудования. В связи с этим предлагается новый критерий (способ) практического определения пространственного разрешения оптоволоконных датчиков температуры, который прошёл опробование экспериментальным путём наряду с существующими критериями, показывая наибольшую совместимость с оптоволоконными датчиками распределённого типа. В дальнейшем результаты лабораторных испытаний используются для корреляционного анализа.

Определение постоянных времени отобранных образцов оптоволоконных кабелей проходит несколько проще, результаты испытаний также используются для корреляционного анализа.

В работе предпринята попытка количественного выражения влияния конструкции оптоволоконных кабелей по тепловой инерционности и

установления связей между конструкцией и показателями – пространственным разрешением и постоянной времени.

С помощью корреляционного анализа выявлена определенная зависимость, позволяющая обосновать способ определения показателей тепловой инерционности оптоволоконных распределённых датчиков температуры на основе данных о конструкции оптоволоконного кабеля.

Третье научное положение. Лабораторная установка для калибровки оптоволоконных распределённых датчиков температуры, предназначенная для моделирования регулируемой скорости потока (дебита) жидкости, зенитного угла скважины, фоновой температуры и содержания нефтепродуктов в скважинной жидкости, опробована на материалах геофизических исследований в нефтескважине.

Данный раздел работы посвящён созданию лабораторной установки, предназначенной для калибровки оптоволоконных температурных датчиков посредством моделирования условий скважинной среды. Установка представляет собой циркуляционную систему, в которой основным устройством является труба обсадной колонны, находящаяся в воздухе в подвешенном состоянии. При моделировании использованы следующие регулируемые характеристики скважинной среды: зенитный угол, фоновая температура, состав рабочей жидкости, скорость потока жидкости. Каждый из данных параметров оказывает определённое влияние на процесс теплообмена между средой и измерителем, поэтому это необходимо учитывать перед проведением исследований.

В данной работе установка использована для повышения эффективности авторской методики исследований с учетом особенностей скважинной среды. Были проведены лабораторные испытания с использованием функциональных возможностей установки, в ходе которых осуществлялось получение нескольких групп экспериментальных уравнений с определенными коэффициентами. Дальнейшее использование полученных коэффициентов для проведения множественной корреляции привело к получению формулы для

определения скорости потока (расхода) скважинной жидкости. Формула прошла опробование при исследованиях в реальной действующей скважине, оборудованной оптоволоконной системой мониторинга. Исследования показали одинаковые результаты по общему дебиту с данными добывающего предприятия, что подтверждает эффективную работу созданной методики и лабораторной установки.

Значимость для практики полученных автором результатов

Выполнены многочисленные испытания, направленные на выявление оптимальной конструкции кабеля для проведения исследований быстропротекающих процессов. Изучен вопрос определения параметров тепловой инерционности оптоволоконных температурных датчиков, а именно постоянной времени. Показано, что при изучении быстропротекающих процессов оптоволоконными системами необходимо использовать кабели, обладающие повышенным содержанием теплоизолирующих материалов, в которых измеритель отдалён от нагревательного элемента и скважинной среды.

Создана методика исследований с нагревом, приемлемая для температурных условий геологических разрезов Пермского Прикамья и которая обеспечивает количественное определение расхода жидкости. Успешное опробование методики в действующей добывающей скважине продемонстрировало её самостоятельность и способность обходиться без сторонних измерителей.

Применение данной методики в нагнетательном фонде с дополнительной проработкой алгоритма интерпретации также может привести к достижению положительных результатов и ускорить интеллектуализацию процесса разработки нефтяных месторождений. При этом необходимо расширить условия проведения испытаний: фоновую температуру увеличить до 100 °С и расходы жидкости привести к геологическим разрезам нефтедобывающих регионов Западной Сибири, что и отмечает автор в своей работе.

Соответствие диссертационных исследований Паспорту научной специальности. Публикации и апробация работы

Содержание диссертации соответствует Паспорту специальности 1.6.9 «Геофизика» по пунктам: п. 19. *«Геофизический мониторинг геологического строения и разработки месторождений»*; п. 21. *«Измерительная техника, средства, технологии, системы наблюдения и сбора геофизических данных; геофизические излучающие и измерительные системы»* и п. 25. *«Теория, технические средства, технологии, методы сбора и интерпретации каротажной информации, межскважинного просвечивания, геолого-технологических исследований скважин, геофизических методов исследования технического состояния скважин и вскрытия пластов в скважинах»*.

Результаты исследований опубликованы в 26 научных публикациях автора, из них – 3 статьи в журналах перечня Scopus, 11 – перечня ВАК и 12 – в изданиях РИНЦ.

Основные положения диссертационного исследования обсуждались на двух всероссийских научно-практических конференциях с международным участием: «Теория и практика разведочной и промысловой геофизики», онлайн-конференции Springer «Science and Global Challenges of the 21st Century», онлайн-форуме «Инновации для повышения эффективности сопровождения нефтегазовых активов» ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» и автор участвовал в двух конкурсах молодых работников ПАО «ЛУКОЙЛ-Пермь» на лучшую научно-техническую разработку.

Замечания по работе

1. В первом защищаемом положении описываются преимущества метода оптоволоконной термодобитометрии: устойчивость к действию скрытых аномалий и наличие прямой связи с динамическими показателями потоков жидкости. В работе же, в основном, раскрывается второе преимущество на результатах лабораторных испытаний. Первое преимущество описано только по материалам других специалистов,

практического же применения со скрытыми аномалиями не было проведено, особенно при исследованиях в реальной скважине. Следовало провести конкретные испытания с моделированием какого-либо варианта проявления скрытой аномалии с использованием созданной калибровочной установки.

2. На теплообменные процессы потока флюида и геофизического кабеля влияет расположение кабеля внутри обсадной колонны (в центре, у стенки), следовало бы пояснить как располагается кабель внутри скважины по сечению, а также как влияет двухфазность потока на количественные показатели расхода.

3. Из выбранных образцов кабелей для изучения параметров детализации температурного поля (пространственного разрешения и постоянной времени) большинство имеют центральное положение оптоволоконного датчика. При этом автор для выражения тепловой инерционности конструкции кабелей вводит специальную величину, учитывающую всё его поперечное сечение от внешней среды до датчика, которое захватывается круговыми изолиниями, а кабелей с иными вариантами расположения датчиков крайне мало. В связи с этим встаёт вопрос: уверенно ли учитывается сечение кабелей с промежуточным и периферическим положением оптоволоконка? По-видимому, следовало добавить подобные модели для повышения достоверности конечных формул.

4. В сравнении с аналогами созданная автором калибровочная установка действительно обладает серьёзным преимуществом, а именно может эксплуатироваться одним специалистом, но она обладает существенными ограничениями, связанными с выделяемым расходом жидкости, что ограничивает её исследования в высокодебитных скважинах и повышает неопределённость получаемых результатов по методике «Исследование скорости остывания кабеля».

5. К сожалению, в автореферате не отражены Акты внедрения разработок автора на предприятиях ПАО «Пермнефтегеофизика», ООО «Пермгеокабель» и ООО «Западно-Уральское общество развития прикладных исследований»,

хотя в диссертации они представлены.

6. Текст диссертации написан сложными оборотами, где автор старается внести несущественные и мелкие уточнения, затрудняющие понимание содержательной части данного выражения и научной новизны.

Заключение

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключение обоснованы. Работа обладает новизной, внутренним единством и логикой построения, обосновано раскрывает сущность выполненных исследований. Выводы диссертационных исследований не противоречат существующим теоретическим представлениям, их достоверность подтверждается многочисленными примерами апробации и большим объёмом фактических данных.

Автореферат отражает содержание диссертации, а её основные положения опубликованы в открытой печати.

Диссертационная работа является завершённой научно-квалификационной работой, в которой изложен научно обоснованный геофизический метод активной оптоволоконной распределённой скважинной термометрии, сконструирована лабораторная установка для моделирования физических условий скважинной среды, произведено её апробирование на нефтедобывающей скважине, что имеет существенное значение для повышения эффективности разработки нефтяных месторождений.

Работа обладает научной новизной, имеет практическое значение и соответствует требованиям, изложенным в пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённом Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями).

Считаю, что соискатель **Халилов Дамир Газинурович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 - Геофизика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук по специальностям:

04.00.12 «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» и 01.04.14 «Теплофизика и молекулярная физика»,

профессор,

профессор кафедры геофизики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» (ФГБОУ ВО «УУНиТ»)

Шарафутдинов Рамиль Фаизырович

12 февраля 2026 г.

Я, Шарафутдинов Рамиль Фаизырович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Место работы:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» (ФГБОУ ВО «УУНиТ»), 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32.

Тел.: +7 (347) 272-10-41, e-mail: gframil@inbox.ru

Подпись Р. Ф. Шарафутдинова удостоверяю:



Шарафутдинова Р.Ф.
веряю «12» 02 2026г.
начальника общего отдела УУНиТ Т.Мисот
Митибаева Т.Р.