

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель генерального директора
по технологическому развитию и
инновациям ООО «РН-БашНИПНефть»,
к.т.н., Антонов Максим Сергеевич

« 27 » сентября 2024г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ООО «РН-БашНИПНефть» на диссертационную работу
Гаязова Марата Сальмановича

«Исследование динамики тепловой метки на модели горизонтальной
скважины применительно к технологии активной термометрии»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по научным специальностям:

1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника, 1.6.9. Геофизика.

Актуальность темы диссертации

В связи с интенсивным ростом фонда горизонтальных скважин (ГС) возникла острая необходимость в разработке, обновлении и модернизации методов исследования, и специализированной скважинной аппаратуры для проведения геофизических исследований скважин (ГИС). Одна из актуальных задач современной промысловой геофизики в действующих горизонтальных скважинах – определение фазовых расходов с оценкой поинтервального дебита, что особенно важно при разработке многопластовых систем или же ГС с многостадийным гидроразрывом пласта (МГРП).

В настоящее время для измерения дебита в скважинной геофизике традиционно используют механические расходомеры. К сожалению, метод имеет существенные ограничения, особенно в условиях многофазного потока. В скважинной геофизике имеют место примеры применения метода меченой жидкости, когда в потоке формируется контрастная по физическим

своим свойствам метка и прослеживается её движение по стволу скважины. В последнее время в скважинной геофизике находит применение метод активной термометрии, когда в потоке флюида формируется температурная метка за счёт работы индукционного нагревателя, выделяющего тепловую энергию в металле эксплуатационной колонны. Результаты апробирования показали его высокую эффективность при решении ряда задач, связанных с контролем технического состояния скважины, а также возможность оценки расхода в условиях низкодебитных скважин.

Таким образом, по состоянию на сегодняшний день остро стоит вопрос разработки альтернативных методов измерения расхода в действующих ГС и модернизации существующих. Данная задача предусматривает необходимость проведения значительного объёма экспериментальных исследований на специализированных стендах в условиях, максимально приближённых к ГС.

Исследование температурного поля многофазного горизонтального потока жидкости в горизонтальных трубах представляет сложную научную проблему, но в целом технически осуществимую современными методами геофизических исследований (ГИС). Именно на её решение и направлена работа соискателя – с точки зрения создания основ теоретического и практического исследования нестационарных термогидродинамических процессов в ГС, что и определяет её актуальность.

Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, изложена на 128 страницах машинописного текста, содержит 76 рисунков, 19 таблиц, списка использованных источников, и одного приложения – справки о внедрении результатов диссертационных исследований.

Во введении приведена актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследования, положения, выносимые на защиту, представлена научная новизна и практическая значимость диссертационных исследований.

В первой главе диссертационной работы приведены результаты анализа существующих термогидродинамических, гидродинамических стендов и установок, их преимущества и недостатки. Подробно представлены технические характеристики, особенности и спектры решаемых задач, разработанных и модернизированных экспериментальных установок и стендов, на которых проводились исследования.

Вторая глава посвящена изучению особенностей создания и регистрации тепловой метки, созданной различными источниками тепла. Приведены результаты экспериментальных работ, показывающие принципиальную возможность генерации тепловой аномалии достаточной величины для последующей её регистрации стандартными датчиками температуры комплексного геофизического прибора. По результатам физического моделирования определены препятствующие формированию тепловой метки при ограниченной мощности тепловыделения природные явления, в частности, увеличение угла наклона трубы относительно горизонтали, нелинейное распределение локальных скоростей внутри потока жидкости за счёт эффекта термогравитационного расслоения.

В третьей главе описан разработанный метод оценки расходных параметров с использованием тепловой метки, на основе которого экспериментально подобраны оптимальные интервалы времени работы/простоя нагревателя, показано незначительное влияние времени работы нагревательного элемента на скорость движения нагретой жидкости. Описана эволюция тепловой метки, её затухание и эпюра скоростей её вступления в точки контрольных сечений. Представлены результаты и приведены величины погрешности при выборе различных подходов к выбору интервала (точки) прихода тепловой метки: «по фронту» и «по максимуму». Более точным из исследованных алгоритмов определения времени прохода тепловой метки между двумя контрольными точками оказался метод «по фронту». Представлены результаты экспериментальных

исследований работоспособности метода тепловых меток в условиях двухфазного потока (масло + вода).

В четвёртой главе показаны пути практического применения разработанного метода температурных меток. Приведено сравнение результатов стендовых испытаний при индукционном нагреве трубы с аналитической моделью динамики температуры потока во времени. Визуализировано движение температурной метки вдоль стальной трубы в зависимости от дебита потока жидкости. Представлены результаты исследования динамики температуры жидкости после начала индукционного нагрева с учётом влияния естественной тепловой конвенции (ЕТК) при различных радиальных расстояниях от оси трубы. Приведены результаты примеров использования метода тепловых меток при определении дебита добывающей и нагнетательной скважин.

В заключении диссертационного исследования сформулированы основные выводы и рекомендации, которые позволят использовать результаты работы для определения расходных параметров одно-двухфазного потока жидкости в скважинах с горизонтальным окончанием методом тепловых меток применительно к технологии активной термометрии. Диссертация и автореферат написаны грамотным языком, к стилю изложения претензий нет. Изложение результатов диссертационной работы и формулировка соискателем выводов нареканий не вызывают. В диссертации соблюдены принципы соответствия задач исследования и поставленной цели, полученных результатов и выводов.

Научная новизна диссертационной работы

1. Разработаны, изготовлены и модернизированы экспериментальные установки и стенды, моделирующие нестационарные термогидродинамические процессы при движении флюида по длине горизонтальных труб различного диаметра, учитывающие термогравитационное расслоение жидкости и расслоенный режим движения многофазной продукции.

2. Разработана технология изучения эволюции тепловой метки и скорости её движения для условий горизонтального и субгоризонтального потоков для одно- и многофазного расслоенных потоков. Опытным путём подобраны оптимальные значения количества тепловых импульсов одной серии.

3. Разработана методика расчёта фазовых скоростей с выходом на общий дебит с применением вертикально распределённых датчиков температуры.

4. Экспериментально определены условия применимости и ограничения метода регулярных температурных меток при измерении фазовых скоростей с выходом на общий дебит одно- и двухфазного потоков.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов подтверждается использованием фундаментальных законов физики; сравнением полученных расчётных данных с данными математического симулятора; использованием стандартных и современных методов экспериментальных исследований; достаточным объёмом результатов экспериментальных исследований, их сопоставлением с теоретическими данными, объёмом накопленных сведений и повторяемостью результатов большого объёма экспериментальных исследований. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных семинарах и конференциях.

Практическая значимость полученных результатов

Практическая значимость полученных результатов заключается в разработке методики и алгоритмов определения расходных параметров одно- и двухфазного потоков по анализу эволюции тепловой метки, создаваемой источниками тепла. Разработанная экспериментальная установка может быть использована для проведения учебных процессов и дальнейшего исследования неизотермических многофазных потоков.

Представлена справка о внедрении результатов диссертационных исследований в деятельности НТУ ООО «ТНГ-Групп» г. Бугульмы, согласно

которой результаты исследований используются при проведении ГИС добывающих и нагнетательных скважин, технология активной термометрии применяется для оценки поинтервального дебита/приёмистости, текущего контроля технического состояния скважин.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Предприятиям НТУ ООО «ТНГ-Групп» использовать рекомендации диссертационной работы при исследованиях добывающих и нагнетательных скважин.

Публикации, отражающие основное содержание диссертации

Основное содержание работы опубликовано в 14 научных работах, в том числе четырёх статьях в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, утвержденный ВАК Минобрнауки РФ; получен один патент РФ на изобретение, один патент РФ на полезную модель, две статьи опубликованы в научных изданиях, индексируемых базами Scopus.

Соответствие диссертации научной специальности

По своему содержанию диссертационная работа Гаязова Марата Сальманович соответствует:

– паспорту специальности научной специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника (отрасль науки – технические) по следующим направлениям исследования: 5. Экспериментальные и теоретические исследования однофазной, свободной и вынужденной конвекции в широком диапазоне свойств теплоносителей, режимных и геометрических параметров теплопередающих поверхностей; 6. Экспериментальные исследования, физическое и численное моделирование процессов переноса массы, импульса и энергии в многофазных системах и при фазовых превращениях;

– паспорту научной специальности 1.6.9. Геофизика (отрасль науки – технические) по следующим направлениям исследования: 19. Геофизический мониторинг геологического строения и разработки месторождений. 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. 26. Контроль разработки месторождений полезных ископаемых по данным наземных и скважинных геофизических исследований, включая мониторинг процессов гидроразрыва пластов-коллекторов.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. В диссертационной работе при проведении экспериментальных исследований расстояние между двумя соседними точками регистрации температуры (базовое расстояние) имеет различные длины – от 0,5 до 3 м, однако анализ изменения базового расстояния на рассчитываемые данные не произведён. В связи с этим возникает вопрос о целесообразности проведения большого количества экспериментальных работ с разными геометрическими размерами труб без последующего сравнительного анализа.

2. Описанные термогидродинамические установки имеют ограниченную длину, не превышающую 12,5 м, на столь ограниченных расстояниях характер движения потока жидкости может не успеть стабилизироваться. Проводился ли в процессе проведения исследований мониторинг характера движения потока жидкости? И если да, то каким образом?

3. В качестве точки регистрации продвижения температурной метки использовано лишь два метода – «по максимуму», и «по минимуму», однако исследований возможности использования интервала затухания термоаномалии не представлено, хотя скорость её выполаживания напрямую зависит от скорости движения потока жидкости.

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

Общее заключение

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при проведении промысловых ГИС для контроля их технического состояния, оценки поинтервального дебита/приёмистости скважин с горизонтальным окончанием.

В целом диссертационная работа Гаязова Марата Сальмановича на тему «Исследование динамики тепловой метки на модели горизонтальной скважины применительно к технологии активной термометрии» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена важная научная задача, изложены оригинальные научно обоснованные технические решения.

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям п.п. 9-11 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук. В ней изложены научно обоснованные технологические разработки, имеющие существенное значение для экономики страны, заключающиеся в разработке методики исследования эксплуатации скважин и обработки результатов данных каротажа.

Материалы диссертации характеризуют автора как сложившегося исследователя, владеющего современными научными методами. Автореферат составлен с соблюдением установленных ВАК требований, полностью отражает содержание диссертации. Выносимые на защиту положения и выводы аргументированы и соответствуют поставленным задачам.

Автор диссертационной работы Гаязов Марат Сальманович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по научным специальностям 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника и 1.6.9. Геофизика.

Диссертационная работа заслушана и обсуждена на расширенном заседании Управления развития инноваций и сопровождения ТРИЗ ООО «РН-БашНИПИнефть», научно-исследовательская деятельность которого соответствует тематике диссертации соискателя. На заседании присутствовало 15 человек. Результаты голосования: «за» 15 человек, «против» 0 человек, воздержались 0 человек. Протокол № 2 от 20 августа 2024 г.

Старший эксперт бюро экспертов ООО «РН-БашНИПИнефть»,
кандидат технических наук по специальности 02.00.13 – Нефтехимия.
450103, г. Уфа. Ул. Бехтерева, 3/1, каб. 313.
Тел. +7(347) 293-60-10, доп. 2536.
Эл. адрес: Smolyanec@bnipi.rosneft.ru

Смолянец Евгений Фёдорович

Начальник управления по моделированию и анализу
исследований скважин и пластов ООО «РН-БашНИПИнефть»,
кандидат физико-математических наук по научной специальности
01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы», доцент.
450006, Уфа, ул. Ленина, 86/1, каб. 216.
Тел. +7(347) 293-60-10, доп. 4724.
Эл. адрес: DavletbaevAY@bnipi.rosneft.ru

Давлетбаев Альфред Ядгарович

Ведущая организация:
Общество с ограниченной ответственностью «РН-БашНИПИнефть»,
450006, Республика Башкортостан, г. Уфа. Ул. Ленина, д. 86/1.
Тел.: +7 (347) 262-43-40, факс: +7 (347) 362-41-75.
E-mail: mail@bnipi.rosneft.ru
Официальный сайт: <https://rn.digital/>

Подписи Смолянец Е.Ф. и Давлетбаева А.Я. удостоверяю



Кашшова Н.Б. начальник отдела ОТ