

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Пашали Александра Андреевича на тему «Научно-методическое обеспечение цифровых систем управления процессами добычи нефти»,
представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.8.4. – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

1. Актуальность темы выполненной работы

В настоящее время вопросам повышения эффективности управления процессами добычи нефти на месторождении с применением инновационных компьютерных технологий уделяется первостепенное внимание. В условиях, когда большинство отечественных нефтяных месторождений находится на завершающей стадии разработки, а рыночные цены на жидкие углеводороды подвержены высокой волатильности, решение задач поддержания рентабельности добычи нефти невозможно без применения новых подходов к разработке и эксплуатации месторождений нефти и газа. К таким подходам следует отнести внедрение принципов цифровизации в отечественное программное обеспечение (ПО), обеспечивающее управление технологическими процессами добычи и транспорта нефти – от пласта до сдачи готовой продукции. Реализация принципа интеллектуализации в данном случае осуществляется путём разработки и внедрения в ПО цифровых систем управления процессами добычи нефти в виде алгоритмов и гидродинамических моделей газожидкостных течений, с помощью которых системы управления могут работать в режиме реального времени, поддерживая оптимальные параметры добычи нефти и обеспечивая устойчивость к изменению внешних условий эксплуатации месторождений.

Диссертационная работа посвящена разработке цифровых систем управления процессами добычи нефти, использующих интеллектуальные компьютерные технологии на основе алгоритмов и методов повышения эффективности управления технологическими процессами добычи нефти, а также мониторинга ряда эксплуатационных параметров нефтедобывающих скважин без применения измерительных устройств. Внедрение разработанных в рамках работы интеллектуальных технологий в отечественное ПО актуально и позволяет поднять на новый уровень развития существующую концепцию управления добычей и транспортировкой нефти.

2. Структура диссертационной работы

На отзыв представлена диссертация, содержащая 347 страниц машинописного текста, состоящая из шести глав, основных результатов и выводов, списка использованной литературы из 158 наименований, включающая 18 таблиц, 144 рисунка, и автореферат диссертации.

Во введении обоснована актуальность исследования, приведена его научная новизна, достоверность полученных результатов, практическая значимость, личный вклад автора, цель и задачи исследования, положения, выносимые на защиту, изложено содержание разделов работы.

В первой главе представлены результаты анализа литературных данных, освещающих современные проблемы в области интеллектуальных подходов к созданию современных технологий разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. Подробно рассмотрены основные теоретические подходы к решению рассматриваемых задач. Обозначены проблемы, не нашедшие полного освещения в существующих публикациях по данной тематике.

Во второй главе рассмотрены методы интеллектуализации процессов мониторинга параметров забойного давления путём аналитического решения задачи вертикального трёхфазного течения по измеренным устьевым параметрам и идентификации величины локальных притоков двухфазного пластового флюида через трещины многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) к стволу горизонтальной скважины (ГС) по замеренным распределениям давления и температуры. Представлены результаты исследований на лабораторном стенде течений вода-масло в ГС с МГРП.

В третьей главе рассмотрены алгоритмы расчёта эксплуатационных параметров нефтяных скважин, оснащённых установками электроцентробежных насосов (УЭЦН) без применения измерительных устройств, предназначенные для:

- мониторинга коэффициента естественной сепарации попутно добываемого нефтяного газа (ПНГ) при установке погружного насоса ниже уровня перфорации эксплуатационной колонны скважины;
- мониторинга подачи электроцентробежного насоса (ЭЦН) с помощью «виртуального расходомера»;
- диагностирования нестабильности работы УЭЦН;
- прогнозирования давления на приёме УЭЦН при неисправной работе термоманометрической системы.

В четвёртой главе приведены подходы к совершенствованию технологических процессов эксплуатации нефтяных скважин путём

оптимизации энергопотребления в условиях наращивания добычи нефти скважинами куста скважин в условиях ограниченной мощности системы энергоснабжения, вывода нефтяных скважин на плановый режим эксплуатации без измерений расхода жидкости и динамического уровня.

Пятая глава посвящена развитию гидродинамических моделей многофазных течений для повышения достоверности расчёта давления, температуры и структуры газоводонефтяных потоков в промысловых трубопроводах. Представлены результаты усовершенствования следующих методов, критериев и алгоритмов:

- методов моделирования газожидкостного течения в рельефных поверхностных трубопроводах;
- методов моделирования газожидкостных течений ПНГ с малым объёмным содержанием жидкой фазы;
- гидродинамических критериев потери устойчивости застойных жидкостных пробок при транспортировке ПНГ на рельефных участках промысловых трубопроводов;
- алгоритмов повышения эффективности предварительного отбора воды из системы нефтесбора.

В шестой главе представлена разработка алгоритма оценки эффективности эксплуатации малодебитных скважин механизированного фонда нефтяных месторождений с использованием разработанной автором интегрированной модели «пласт-скважина-УЭЦН», включающего в себя нестационарные математические модели притока жидкости из пласта, нестационарной модели многофазного потока в трубных элементах скважины, квазистационарной модели УЭЦН.

В заключении представлены основные результаты и выводы по работе.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций работы

Научные положения, выводы и рекомендации диссертации с научной точки зрения полностью обоснованы. В основу решения поставленных в диссертационной работе задач положен механистический подход к моделированию многофазных течений в стволе нефтедобывающей скважины и в поверхностных трубопроводах, апробированные методы статистического анализа экспериментальных измерений гидродинамических параметров многофазных течений на испытательных стендах. Обоснованность выводов и рекомендаций работы подтверждена качественным и количественным совпадением лабораторных результатов с результатами мониторинга

давления и дебита исследованных нефтедобывающих скважин с данными разработанных методов расчёта, удовлетворительной оценкой их погрешности. Достоверность выводов и рекомендаций подтверждена результатами внедрения на месторождениях нефти и газа, эксплуатируемых ПАО НК «Роснефть», апробацией результатов на международных и российских конференциях.

4. Достоверность и новизна результатов

Достоверность полученных автором результатов подтверждается использованием методик эксперимента, соответствующих современному научному уровню, воспроизводимостью результатов, полученных в лабораторных и промысловых условиях, а также согласованностью результатов с опубликованными данными, представленными в независимых источниках по диссертационной тематике. Методология решения задач основана на применении методов интеллектуализации процесса оперативного мониторинга параметров забойного давления и притока жидкости к забою нефтедобывающих скважин. Основные выводы диссертации обоснованы и логично вытекают из содержания работы.

Научная новизна результатов диссертационной работы состоит в следующем.

Представлены новые модели многофазного течения для мониторинга эксплуатационных параметров нефтяных скважин, оснащённых УЭЦН без применения измерительных устройств:

- гидродинамическая модель газожидкостного течения, позволяющая по устьевым параметрам определять забойное давление скважин;
- гидродинамическая модель водонефтяного течения для оценки локальных притоков пластового флюида в ствол ГС из трещин МГРП по замеренным распределениям давления и температуры;
- гидродинамическая модель газожидкостного течения для расчёта коэффициента естественной сепарации свободного газа при расположении приёмных отверстий ЭЦН ниже уровня перфорации эксплуатационной колонны скважины;
- математическая модель прогнозирования подачи насоса при отсутствии замеров автоматизированной групповой замерной установки (АГЗУ);
- методы нейросетевого анализа для диагностики нестабильных условий работы УЭЦН и восстановления давления на приёме насоса при выходе из строя датчика термоманометрической системы УЭЦН.

Приведены новые решения оптимизационных задач энергопотребления УЭЦН и вывода скважин на режим: оптимизационный алгоритм наращивания добычи нефти группой скважин без увеличения нормированных затрат электроэнергии, алгоритм автоматизированного вывода скважин на режим в условиях отсутствия мониторинговых данных АГЗУ или замеров динамического уровня скважины.

Усовершенствованы известные математические модели уточнённого расчёта давлений и температур в промысловых трубопроводах:

- гидродинамической модели газожидкостного течения, учитывающей влияние рельефности трубопровода на параметры потока;
- гидродинамической модели газожидкостного течения в промысловых трубопроводах с малым объёмным содержанием жидкости;
- критерия устойчивости застойной жидкостной пробки на V-образном участке рельефного газового трубопровода.

5. Значимость результатов для науки и практики

Значимость результатов диссертационных исследований для науки состоит в разработке гидродинамических критериев формирования структуры течения водонефтяной смеси в горизонтальных трубопроводах, а также потери устойчивости застойных жидкостных пробок на V-образных участках рельефных промысловых трубопроводов. Установлены закономерности влияния рельефности трубопровода на особенности формирования пробковой структуры газожидкостного течения. Получены новые зависимости для расчёта касательных напряжений на границе жидкость-газ и объёмного содержания жидкости в виде капель в газовом ядре для горизонтальных течений с малым объёмным содержанием жидкости.

Значимость результатов для практики заключается в том, что гидродинамические модели и алгоритмы, разработанные автором, оформлены в виде комплексов компьютерных программ, новизну которых подтверждают свидетельства РФ о государственной регистрации программ для ЭВМ, зарегистрированные в РОСПАТЕНТЕ – № 2011610974 от 21.01.2011 г., № 2013616236 от 02.07.2013 г. и № 2021611658 от 02.02.2021 г. Зарегистрированное программное обеспечение внедрено в программные комплексы ПАО НК «Роснефть» – «Rosneft-WellView», «Мехфонд», «РН-СИМТЕП», «РН-Петролог». Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается представленными актами о

внедрении результатов работы в производственную деятельность ПАО НК «Роснефть».

Содержание диссертации соответствует решению поставленных задач, изложено грамотным, лаконичным языком.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Одновременно считаю необходимым сделать замечания:

1. В диссертационной работе большое внимание уделяется описанию термобарической модели вода-нефть в ГС с проведёнными на них операциями МГРП. В тексте диссертации не приведены конкурентные преимущества такой модели над известными.

2. На вход в горизонтальную трубу, имитирующую в лабораторной установке горизонтальную скважину с проведением на ней операции МГРП, отдельно подаются вода и масло. Перемешивание и формирование стабильной структуры смеси (расслоенной или дисперсной) занимает участок определённой длины. За пределами этого участка имеет место установившаяся структура течения вода-масло, в которой можно проводить контрольные замеры исследуемых параметров. В тексте диссертации, при описании лабораторной установки, отсутствует информация о протяжённости этого участка, и о том, как определялась его граница.

3. При разработке методики расчёта коэффициента естественной сепарации газа в затрубном пространстве скважины и обосновании принятого автором допущения о линейном профиле распределения приведённых скоростей жидкости и газа вдоль перфорированного участка скважины, проводится моделирование течения пластового флюида в призабойной зоне и стволе скважины. Причём в призабойной зоне скважины моделирование течения осуществляется в двухмерной постановке, а в стволе скважины в одномерной. В тексте работы отсутствует пояснение о том, как согласуются эти два метода расчёта.

Заключение

Диссертационная работа Александра Андреевича Пашали «Научно-методическое обеспечение цифровых систем управления процессами добычи нефти», представленная на соискание учёной степени доктора технических наук выполнена на актуальную тему и является законченной

научно-квалификационной работой, в которой на основании проведённых исследований предложены новые научно обоснованные технические решения, направленные на совершенствование методов интегрированного моделирования процессов добычи нефти путём разработки и внедрения отечественного конкурентоспособного программного обеспечения, в основу которого положена цифровизация процессов управления извлечением и транспортировкой углеводородов. внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Сформулированные в диссертационной работе цель и задачи актуальны для отечественной нефтедобывающей отрасли. Экспериментальные результаты достоверны и оригинальны. Выводы адекватно отражают полученные результаты.

Таким образом, считаю, что диссертация А.А. Пашали обладает научной новизной, имеет большую практическую значимость и отвечает требованиям п. 9 –14 «О порядке присуждения учёных степеней» (вместе с «Приложением о присуждении учёных степеней») (ред. от 01.10.2018 г.) к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук. Автор работы заслуживает присуждения искомой степени доктора технических наук по специальности 2.8.4. – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Официальный оппонент,

доктор технических наук, профессор

Марат Давлетович Валеев

MD
05.09/2023

Подпись М.Д. Валеева заверяю:

Заместитель генерального директора АО НПП «ВМ система», к.т.н.

Р.З.Ахметгалиев

05.09.2023 г.



Валеев Марат Давлетович, доктор технических наук по специальности 25.00.17 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», профессор,

технический директор АО НПП «ВМ система».

Башкортостан, АО «Научно-производственное предприятие «ВМ система».

450516, Башкортостан, Уфимский р-н, с. Кумлекуль, ул. Береговая, д. 46.

Тел. 8-987-608-04-82.

E-mail: Vm5943@mail.ru.