



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(ТюмГУ)

Володарского ул., д. 6, г. Тюмень, 625003  
Тел.: +7 (3452) 59-74-29, 59-74-82  
Факс +7 (3452) 59-75-59  
E-mail: rector@utmn.ru  
www.utmn.ru

ОКПО 02069361  
ОГРН 1027200780749  
ИНН 7202010861  
КПП 720301001

14.01.2022 № 03/5  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ

И.о. первого проректора ФГАОУ ВО

«Тюменский государственный  
университет»



Наталья Александровна Шелпакова

«14» января 2022 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу  
Максима Григорьевича Волкова «Научно-методические основы  
моделирования процессов управления эксплуатационными  
характеристиками осложнённых нефтедобывающих скважин»,  
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

Традиционные запасы нефтяных месторождений в значительной мере находятся на последней стадии разработки не только в России, но и во всем мире. В этих условиях большую актуальность приобретают работы по сохранению потенциала добывающих и нагнетательных скважин. На поздних стадиях эксплуатации месторождений происходит снижение потенциала скважин за счет загрязнения призабойной зоны пластов, скважин и скважинного оборудования асфальто-смолистыми, парафиновыми и солевыми отложениями. Для управления этими процессами необходимо дать ответ на вопросы: какие физические и химические механизмы приводят к выпадению отложений, какие места скважин и скважинного оборудования наиболее подвержены загрязнению. Математическая формализация этих механизмов позволяет конкретизировать развитие процессов загрязнения, наметить графики и программы очистки и смены оборудования и в целом

дать нефтянику инструмент контроля сохранения потенциала работающих скважин на поздних этапах разработки.

Контроль за сохранением потенциала скважин позволяет поддерживать запланированные темпы добычи продукции, а также экономить энергетические ресурсы, необходимые для поддержания продуктивности/приёмистости скважин. Таким образом, тематика проведённых исследований и полученные результаты определяет актуальность представленной диссертационной работы.

## 2. Значимость для науки результатов диссертационных исследований автора

Научную составляющую диссертационной работы составляет, в первую очередь, аппарат для контроля и поддержания потенциала работающих скважин на поздних этапах разработки. Этот аппарат включает комплекс модифицированных математических моделей течения трёхфазной газожидкостной дисперсной смеси (газ-вода-нефть) в насосно-компрессорных трубах (НКТ), насосном и сепарационном оборудовании скважин. Рассматривается гидравлическое приближение с одним давлением и температурой, но разными скоростями фаз. Сложность рассматриваемых процессов обусловлена в значительной мере переходом структур многофазного течения (пузырьковый-снарядный-дисперсно-кольцевой) и изменением основных свойств потока. Рассмотрены как гидродинамические аспекты течения дисперсных смесей по каналам, так и тепловые эффекты обмена внутренней энергией потока, скважинного оборудования и окружающих пород, сопровождающие эти течения. Отметим, что рассматриваемые задачи являются связанными, что не позволяет применить для их решения методы расщепления.

В процессе течения и изменения давления и температуры смеси происходит выпадение парафиновых компонентов нефти и солевых компонентов воды. В качестве основных эффектов, приводящих к выпадению осадков, выделены снижение давления нефти ниже давления насыщения и температура смеси. Роль асфальто-смолистых компонентов сводится к армированию парафиновых осадков на стенках каналов. Задача прогнозирования выпадения осадков парафинов и солей решается отдельно от гидродинамической модели.

Решение этой задачи проводится в равновесном приближении, в котором по расчётному распределению давления и температуры многофазного потока рассчитывается распределение отложений на стенках каналов. Такое приближение позволяет надёжно оценивать только границы области загрязнения оборудования, но не толщину отложений и её распределение вдоль каналов.

Главными результатами применения такого аппарата поддержания потенциала работающих скважин являются технологические параметры работы оборудования. А именно пропускная способность каналов оборудования скважин, изменение напорно-расходных характеристик насосного и сепарационного шнекового оборудования, энергозатраты на подъём продукции при установленном скважинном оборудовании. Расчёты позволяют прогнозировать условия выхода из строя этого оборудования при его загрязнении, а также за счёт перегрева.

Отмечу качественную проработку вопросов моделирования течения газожидкостных дисперсных смесей в каналах по материалам российской и мировой литературы. Недостатком обзора является использование в большей степени старых литературных источников и малый охват статей последних 5-7 лет. При постановке задач желательно было бы отметить те новые элементы, которые внесены в традиционные схемы расчётов. В работе это сделано лишь на заключительной стадии.

### 3. Значимость для производства результатов диссертационных исследований автора

Разработанный автором комплекс моделей течения многофазных смесей и оценки изменения технологических параметров при осаждении внедрён в ПАО «НК «Роснефть» путём интеграции в корпоративный комплекс «Rosneft-WellView», используемый при работах по промышленной эксплуатации на добывающих предприятиях Компании, в частности, в ООО «РН-Юганскнефтегаз», «РН-Пурнефтегаз», «РН-Сахалинморнефтегаз», «РН-Ставропольнефтегаз» для повышения эффективности мониторинга и оптимизации режимов эксплуатации механизированного фонда скважин. Математическая модель и алгоритм её решения для двухфазного трёхкомпонентного вертикального течения газожидкостных смесей в НКТ с

учётом погружных центробежных насосов реализована в программе информационной системы управления механизированным фондом скважин (ИС Мехфонд) и позволила проводить автоматический поиск резервов увеличения производительности насосных установок, повысить технологическую эффективность эксплуатации установок ЭЦН, что актуально для эксплуатации осложнённого фонда добывающих скважин, оснащённых УЭЦН. Применение ИС Мехфонд в 2018 г. позволило увеличить продолжительность МОП скважин нефтедобывающих предприятий ООО «РН-Пурнефтегаз» на 0,3 % или 2,3 сут., увеличить продолжительность работы скважинного оборудования на отказ в ООО «РН-Юганскнефтегаз» в среднем на 0,3 % или 1,2 сут., МОП работы скважин на 0,5 % или 3,6 сут. ИС Мехфонд с 2017 г. внедрена на месторождениях, эксплуатируемых ООО «РН-Ванкор», и используется для оценки энергопотенциала механизированного фонда скважин и реализации программ энергосбережения, что позволило сократить удельный расход электроэнергии на механизированную добычу жидкости от 12,05 кВт/т в 2016 г. до 11,95 кВт/т в 2018 г.

#### 4. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы по повышению эффективности и оптимизации методов управления технологическим процессом добычи нефти осложнёнными скважинами рекомендуются к расширенному использованию на нефтедобывающих предприятиях ПАО «НК «Роснефть», модифицированные модели газожидкостных дисперсионных потоков могут быть использованы для исследований изменения эксплуатационных параметров погружного оборудования, вызванных влиянием на гидродинамику течения флюидов свободного газа, отложений солей и АСПВ на предприятиях ПАО «Лукойл», «Сургутнефтегаз».

#### 5. Публикации, отражающие основное содержание диссертации

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 31 научном труде, в том числе 15 статьях в ведущих рецензируемых научных журналах, включённых в перечень рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, трёх монографиях, одном учебном и одном методическом пособиях. Получено

свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ. Результаты диссертационных исследований докладывались на российских научно-практических конференциях.

## 6. Общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа М.Г. Волкова посвящена актуальной проблеме повышения эффективности технологических процессов добычи нефти путём оптимизации процесса управления рабочими параметрами осложнённых скважин на основе модельного прогнозирования режимов эксплуатации и научно обоснованного подбора погружного оборудования.

Представлены результаты анализа влияния отношения давления на забое скважины к давлению насыщения нефти газом ( $P_{заб}/P_{нас}$ ) для добывающих скважин ряда месторождений Западно - Сибирского региона на проявление и интенсивность осложняющих факторов, а также безотказность работы погружного оборудования. Разработан научно-обоснованный аппарат планирования межочистного периода эксплуатации скважин для предупреждения и устранения осложняющих факторов в оборудовании добывающих скважин на основе модельного прогнозирования структурных и тепловых режимов подъёма газожидкостной смеси на поверхность. Модернизированы гидравлические подходы к описанию трёхфазных течений с учётом отложений минеральных солей и парафинистых отложений на стенках оборудования добывающих скважин. Уточнённые оценки скорости изменения толщины отложения являются основой научно-обоснованного планирования межочистного периода эксплуатации скважин.

Модернизирована математическая модель теплового пограничного слоя на корпусе электроцентробежного насоса. Предложен механизм генерирования неустойчивых газовых каверн на выходе из межлопаточного канала центробежного рабочего колеса насоса. На основе уравнения баланса сил, действующих на пузырёк газа в межлопаточном канале центробежного колеса, получено феноменологическое выражение для расчёта границ перехода газожидкостных структур от «пузырькового» режима течения к «переходному» и от «переходного» к течению с «устойчивой газовой каверной».

Результаты расчётов позволили прогнозировать снижение характеристик центробежных насосов из-за отложения минеральных солей. Такие прогнозы крайне важны для разработки научно-обоснованных мероприятий по оптимизации процесса подбора электроцентробежных насосов в процессе формирования дизайна нефтедобывающих скважин и планирования межочистного периода эксплуатации скважин.

Разработан динамический симулятор системы «пласт-скважина», позволивший повысить эффективность процесса управления добычей нефти механизированными и фонтанирующими скважинами путём модельного прогнозирования возможных рисков срыва подачи на режимах форсирования добычи нефти и освоения скважин в условиях высокого газосодержания добываемой скважинной продукции.

Автореферат полностью отражает и соответствует содержанию диссертации. Тема и содержание диссертационной работы соответствуют формуле специальности 2.8.4. – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений – «научные аспекты и средства обеспечения системного комплексного (мультидисциплинарного) проектирования и мониторинга процессов разработки месторождений углеводородов, эксплуатации подземных хранилищ газа, создаваемых в истощённых месторождениях и водонасыщенных пластах с целью рационального недропользования» (п. 3); «научные основы компьютерных технологий проектирования, исследования эксплуатации, контроля и управления природно-техногенными системами, формируемыми для извлечения углеводородов из недр или их хранения в недрах с целью эффективного использования методов и средств информационных технологий, включая имитационное моделирование геологических объектов, систем выработки запасов углеводородов и геолого-технологических процессов» (п. 5).

В качестве замечаний к диссертационной работе следует отметить:

1. Автор в работе и автореферате слишком подробно рассматривает вопросы моделирования газожидкостных потоков, хотя, согласно специальности, в первую очередь, необходимо сфокусировать внимание на технологических аспектах, которые прогнозируются и анализируются в диссертации.

2. При сопоставлении результатов расчётов с экспериментальными данными следует разделить параметры моделей на определяемые из таблиц и конструкции оборудования и «настроечные». Последние определяются путём согласования расчётных и экспериментальных кривых. Применение этих значений настроечных параметров и должно сопоставляться с промышленными данными.

3. При формулировке используемых моделей необходимо четко выделить новые элементы, которые и модифицируют сложившиеся подходы. В конце работы автор перечисляет их, но четкого и однозначного понимания все же не создано.

4. По оформлению работы имеются следующие замечания: многие аббревиатуры одних и тех же процессов обозначаются по-разному. Например, асфальтосмолистые отложения называются АСПО, АСПВ; электроцентробежные насосы – УЭЦН, ЭЦН, ПЭЦН, а некоторых аббревиатур не вводится вовсе: ОФ, МОП, который в тексте расшифрован как Межочистой Период Работы и т.п.

Указанные замечания не снижают ценности полученных результатов диссертационной работы в целом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Максима Григорьевича Волкова является завершённой научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 11.09.2021), в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические разработки в области повышении эффективности процессов добычи нефти путём оптимизации процесса управления рабочими параметрами осложнённых скважин на основе модельного прогнозирования режимов их эксплуатации и научно-обоснованного подбора погружного оборудования, и имеет важное значение для развития нефтегазовой отрасли страны.

Диссертация соответствуют формуле специальности 2.8.4. – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, а её автор заслуживает

присуждения искомой учёной степени доктора технических наук по указанной специальности.

Диссертационная работа рассмотрена и обсуждалась на расширенном заседании научно-прикладного семинара Физико-технического института ТюмГУ, научно-исследовательская деятельность которого соответствует тематике диссертации соискателя, протокол № 1-22 от 13.01.2022 г.

Научный руководитель Физико-технического  
института Тюменского государственного  
университета, доктор физико-математических  
наук, профессор

Константин Михайлович Фёдоров

14.01.2022

Подпись Константина Михайловича Фёдорова заверяю:

Учёный секретарь ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

Э.М. Лимонова

14 января 2022 г.



Шелпакова Наталья Александровна

И.о. первого проректора ФГАОУ ВО «Тюменский государственный  
университет», кандидат химических наук, доцент

РФ, 625003, г. Тюмень, ул. Володарского, д.6

Тел.: 8(3452)59-74-02

Электронный адрес: [n.a.shelpakova@utmn.ru](mailto:n.a.shelpakova@utmn.ru)

Фёдоров Константин Михайлович,

Научный руководитель Физико-технического  
института Тюменского государственного  
университета,

доктор физико-математических наук по специальности

01.02.05 - Механика жидкости, газа и плазмы,

профессор ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»,

РФ, 625003, г. Тюмень, ул. Володарского, д.6

Тел.: 8(3452)46-80-24

Электронный адрес: [k.m.fedorov@utmn.ru](mailto:k.m.fedorov@utmn.ru)