

## УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО «Ифимский государственный нефтяной технический университет»,  
кандидат технических наук  
Баулин Олег Александрович  
« 2 февраля 2022 г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Татьяны Анатольевны Поспеловой  
«Развитие методов регулирования работы скважин на основе цифровых технологий», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, списка литературных источников, включающего 230 наименований. Объем диссертации составляет 330 страниц, 164 рисунка и 24 таблицы. В результате ознакомления с диссертационной работой, научными трудами и авторефератом соискателя установлено следующее:

### 1. Актуальность темы выполненной работы

В настоящее время наблюдается постоянное снижение прироста разведанных извлекаемых запасов углеводородов, ухудшается их структура; в разработку вовлекаются трудноизвлекаемые ресурсы со сложными геологическими, климатическими условиями и низкой рентабельностью. Негативные тенденции эксплуатации нефтяных месторождений на поздних стадиях разработки связаны с интенсивно нарастающей обводненностью добываемой продукции и снижением по этой причине эффективности эксплуатации скважин и выработки остаточных запасов.

В этих условиях возрастают требования к результативности принимаемых решений, начиная с разведки запасов и заканчивая реализацией целевой продукции добычи. Инновационным комплексным решением отмеченных проблем явля-

ется цифровизация процессов разработки месторождений, необходимость которой отмечается специалистами нефтегазовой отрасли всего мира: как зарубежных компаний – Shell, Chevron, BP, Statoil, Halliburton и др., так и отечественных – ПАО «Газпром нефть», ПАО «НК «Роснефть».

Следует отметить, что компанией ПАО «НК «Роснефть» в настоящее время принята программа цифровизации разработки месторождений. Разработанные соискателем научно-методические основы, а точнее методологический подход в целом, направлен на решение задач постоянного мониторинга и цифрового управления разработкой и выработкой запасов углеводородного сырья посредством регулирования технологических режимов скважин. Таким образом, тематика проведенных исследований и полученные результаты определяют актуальность рецензируемой диссертационной работы.

## **2.Значимость для науки результатов диссертационных исследований автора**

Алгоритмы расчета показателей разработки месторождений нефти и газа с учетом инфраструктурных ограничений позволяют оперативно влиять на принятие решений по регулированию разработки объектов.

Установлены основные элементы, этапы и критерии цифровой трансформации газового промысла. Разработаны основы построения распределенной системы управления промыслом в режиме реального времени с механизмом «автоадаптации», что обеспечивает предприятия нефтегазовой отрасли инструментом для принятия своевременных решений как по добыче углеводородов (УВ), так и по подбору оборудования и режимов его эксплуатации в скважинах.

Отметим качественную проработку вопросов аналитического и численно-аналитического CRM моделирования по материалам российской и мировой литературы. В работе использованы современные литературные источники и большой охват статей по выбранной тематике за последние 5...7 лет. При постановке задач отмечены новые элементы, которые внесены в традиционные схемы расчетов. Разработанная модель учета обводненности на базе CRM позволяет физично и адекватно прогнозировать разделение продукции и качественно формировать программу проведения ГПД и ГТМ.



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

В работе разработаны научные подходы к использованию комплекса инструментов для решения задач разработки месторождений, созданы программы ПЭВМ, автоматизирующие и оптимизирующие деятельность предприятий нефтегазовой отрасли, в процессах проектирования разработки и эксплуатации залежей реализовано более 12 инструментов-программ (модулей). Указанные инструменты внедрены в практике в нефтегазодобывающих предприятий АО «РН-Няганьнефтегаз», АО «Таас-Юрях нефтегаздобыча», ОА «Сибнефтегаз», ОАО «Роспан», ОАО «Верхнечонскнефтегаз», ОАО «Соровскнефть», АО «Тюменнефтегаз», ОАО «РН-Уватнефтегаз».

Разработанный в ходе диссертационного исследования программный модуль - «GasNet VBA» в рамках цифрового двойника промысла, реализованный на объектах АО «Сибнефтегаз» зарекомендовал себя с положительной стороны. Инженеры различной квалификации могут самостоятельно рассчитывать технологические режимы газовых скважин, а их руководители принимать решения о работе промыслов или отдельных их составляющих (скважины, кусты, участки ГСС).

Авторская двухфазная модель CRM интегрирована в ПО «Ариадна» и успешно применяется с 2019 на предприятиях ПАО «НК «Роснефть», в частности в АО «РН-Няганьнефтегаз». Обоснованные решения позволили увеличить добычу нефти по реагирующим скважинам от 1,8 до 3,8%. Для проектных организаций разработанная модель и механизм оценки взаимовлияния скважин может служить частью полноценного анализа эффективности эксплуатации системы ППД, которая позволяет давать прогнозы по регулированию работы системы в кратчайшие сроки.

Разработанная прокси-модель пласта дает возможность эффективно и безитерационно использовать ее в комплексе с моделями инфраструктуры для перманентного контроля и регулирования технологических режимов работы скважин.

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

Результаты диссертационной работы по расчету профилей добычи нефти и газа с учетом ограничений внедрены на объектах ПАО «НК «Роснефть» и могут быть рекомендованы для широкого применения в практике проектирования разработки месторождений как на стадии оценки активов, так для уже разрабатываемых месторождений с опциями бурения новых скважин или реинжиниринга.

Разработки автора относительно цифрового двойника промысла с оптимизацией технологических режимов по скважинам в реальном времени дают возможность применять готовые решения и развивать направление САУП в части цифровой трансформации на газовых промыслах ПАО «Новатэк» и ПАО «Газпром». Рекомендуется развивать применение данных разработок на других газовых активах РФ, что позволит расширить области рабочих ограничений, возможно, усилит работу с химическими компонентами.

Разработанные, усовершенствованные модели CRM и CAM, рекомендуется применять при оценке взаимовлияния скважин, оперативной оценке системы ГПД и как вспомогательный инструмент при гидродинамическом моделировании.

Методологические аспекты работы могут быть интегрированы в специальные курсы профильных университетов по направлению Нефтегазовое дело.

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

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 37 научных трудах, в том числе 19 статьях в ведущих рецензируемых научных журналах, включённых в перечень рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, одной монографии. Получены 10 свидетельств РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ и 2 патента. Результаты диссертационных исследований докладывались на российских научно-практических конференциях.

#### **6. Соответствие диссертационной работы и автореферата критериям о присуждении ученых степеней**

Автореферат исчерпывающе отражает основное содержание диссертации. Тема и содержание диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений – п. 3 «науч-



ные 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. 5 «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». Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

В качестве замечаний к диссертационной работе отмечаем:

1. В предложенном подходе среднесрочного и долгосрочного планирования (глава 2), единые характеристики падения добычи жидкости и обводнения задаются для блоков. Но, при этом было бы логично оставить возможность оперировать группами скважин со сходными параметрами, без привязки к их расположению.
2. В главе 3 описаны несколько разработанных автором инструментов, которые могут рассматриваться как альтернативы гидродинамическим моделям при решении одних и тех же задач – расчет компенсации отборов жидкости закачкой воды в пласт, оптимизация заводнения, оценка эффективности ГТМ. Работу хорошо бы дополнил сравнительный анализ точности данных инструментов наряду с точностью ГДМ на основе конкретных фактических данных.
3. В главе 6 приводится анализ неопределенностей при выборе моделей трехфазных относительных фазовых проницаемостей Stone 1 и Stone 2. При этом не приводятся аргументы ограничения выбора данных моделей (есть и другие). Кроме того, нет учета эффекта гистерезиса, который может при-

вносить не меньшую неопределенность, чем математическая модель трехфазных ОФП.

Приведенные замечания не носят принципиального характера и не снижают достоинств проведенного диссертационного исследования и ценности полученных практических результатов.

### **7. Общая оценка диссертационной работы**

Диссертационная работа Т.А. Поспеловой посвящена актуальной проблеме регулирования технологических показателей разработки месторождений и технологических параметров работы скважин на основе развития аналитического и численно-аналитического моделирования, усовершенствованием существующих ранее полученных решений и созданием новых вспомогательных технологий для повышения оперативности принятия решений по разработке месторождений углеводородов.

Представлены результаты применения расчетных алгоритмов для планирования уровней добычи нефти и газа с экономическими и инфраструктурными ограничениями. Разработан научно-обоснованный аппарат средне- и долгосрочного планирования технологических показателей разработки, который соответствует требованиям, предъявляемым регламентами на создание проектных документов разработки месторождений углеводородов. Проведенные оценки уровней добычи нефти и газа вошли составной частью в регламентные документы (10 - ПТД и 6 работ по мониторингу разработки). Потребление производственных ресурсов снизилось на 9,3%.

Модернизированы математические модели CRM и CAM, первая включением авторской модели обводненности продукции, которая позволяет повторить сложный вид функции обводненности от времени, а вторая дополнена коэффициентами гидроаккумуляции и потерь давления в стволе скважины. Основным преимуществом модели CAM является возможность оценки фильтрационных свойств пород пласта в окрестности скважин и между парами скважин, что позволит решать задачу подбора скважин кандидатов на проведение геолого-технических мероприятий (ГТМ), направленных на повышение проводимости породы, таких как гидравлический разрыв пласта и обработок пород призабойной зоны. Преимуществом модели CRM является возможность прогнозирования, как дебита жидкости, так и дебита нефти. На основе прогнозирования могут быть решены задачи оценки эффективности ГТМ и подбора оптимальных режимов работы нагнетательных скважин. Обе модели позволяют определить наличие непроизводительной закачки, однако если в CRM модели непроизводительную закачку характеризует сумма коэффициентов влияния



по добывающим скважинам, то в модели САМ непроизводительная закачка определяется коэффициентом гидроаккумуляции. Параметры, определенные в САМ, являются дополнительной информацией для моделирования реальной работы скважин при создании или мониторинге ПДГТМ.

Результаты расчетов позволили прогнозировать потенциал наземных сетей по давлению и добыче газа. Такие прогнозы крайне важны для разработки научно-обоснованных мероприятий по оптимизации процесса эксплуатации скважин и анализа недостающих или избыточных решений.

Предложен комплексный подход к оценке и прогнозированию применения методов увеличения нефтеотдачи на примере водогазового воздействия, позволивший повысить эффективность процесса обоснования рекомендуемого варианта разработки путем выделения области неопределенности решений на основе построения трехфазных изоперм, метода группирования и сокращения псевдокомпонентов углеводородной системы, на базе которой строится уравнение состояния.

Разработанные критерии интеллектуализации газовых и газоконденсатных промыслов прошли внедрение на реальных объектах. Описаны этапы цифровой трансформации газового промысла от стандартного до «интеллектуального».

Доказана работоспособность цифрового двойника промысла на Береговом месторождении.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Диссертационная работа Татьяны Анатольевны Поспеловой «Развитие методов регулирования работы скважин на основе цифровых технологий» отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, и соответствует критериям, утверждённым Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (п. 9-14) «Положение о порядке присуждения учёных степеней» ВАК Минобрнауки РФ.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, на основании выполненных автором исследований разработаны новые научно обоснованные технические, технологические решения в области регулирования технологических параметров добычи углеводородов путём оптимизации процесса управления рабочими характеристиками нефтяных и газовых скважин на основе модельного прогнозирования технологических режимов их эксплуатации и системы цифровых решений для оценки уровней добычи нефти и газа, формирования программы ППД и ГТМ, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие нефтегазовой отрасли страны.

Диссертация соответствует научной 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 заседании кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газонефтяных месторождений», научно-исследовательская деятельность которой соответствует тематике диссертации соискателя, протокол № 3-22 от 15.02.2022 г.

Я, Зейгман Юрий Вениаминович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доктор технических наук (по специальности 25.00.17 - Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений), профессор, заведующий кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газонефтяных месторождений» ФГБОУ ВО УГНТУ



Ю. В. Зейгман  
«21» февраля 2022г.

Я, Рогачёв Михаил Константинович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доктор технических наук (по специальности 25.00.17 - Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений), профессор, профессор кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газонефтяных месторождений» ФГБОУ ВО УГНТУ



М. К. Рогачёв  
«21» февраля 2022г.

Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

450064, Россия, Республика Башкортостан,

г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1

Тел.: +7 (347) 242-03-10, +7 (347) 243-19-77- канцелярия,

e-mail: [info@rusoil.net](mailto:info@rusoil.net)

Подпись Зейгмана Юрия Вениаминовича, Рогачёва Михаила Константиновича заверяю:





## Сведения о подготовивших отзывы

**Зейгман Юрий Вениаминович**

Доктор технических наук (по специальности

25.00.17 - Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений), профессор, заведующий кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газонефтяных месторождений» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

450064, Россия, Республика Башкортостан,

г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1

Тел.: +7(927)346-06-46

E-mail: [jvzeigman@mail.ru](mailto:jvzeigman@mail.ru)

**Рогачёв Михаил Константинович**

Доктор технических наук (по специальности

25.00.17 - Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений), профессор, профессор кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газонефтяных месторождений» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

450064, Россия, Республика Башкортостан,

г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1

Тел.: +79119731702

E-mail: [rogatchev@mail.ru](mailto:rogatchev@mail.ru)