

УТВЕРЖДАЮ

И. о. проректора по научной деятельности и информатизации Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ



В.М. Бабушкин

« 9 » сентября 2025 г.

Отзыв

ведущей организации по диссертации Овсеенко Галины Анатольевны «Методы обеспечения достоверности измерений при проточном экспресс-контроле характеристик нефти методом протонного магнитного резонанса», представленной в диссертационный совет 24.2.310.01 ФГБОУ ВО «КГЭУ» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Актуальность темы диссертации

В инновационной трансформации российской нефтегазовой отрасли перспективно создание цифровых месторождений (ЦМ) с внедрением цифровых технологий искусственного интеллекта (ИИ), в частности, искусственных нейронных сетей (ИНС) для контроля и управления большими массивами данных с объектов добычи и подготовки нефти. Основой функционирования цифрового месторождения является сбор данных по характеристикам сырья, который в настоящее время осуществляется дорогими анализаторами различных, чаще зарубежных фирм, основанных на разных физических принципах и обладающих разной точностью.

Кроме того, на отечественных месторождениях в настоящий момент ощущается недостаток интеллектуальных измерительных систем контроля всего набора характеристик добываемой нефти. При этом определяющее значение приобретает обеспечение достоверности/точности измерений и обработки данных, и все измерительные комплексы должны проходить контроль на готовность к анализу.

«Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года» ориентирована на построение современной энергетической инфраструктуры, опирающейся на отечественные разработки и минимизирующей использование зарубежных технологий. Поточный мониторинг характеристик жидкости на нефтегазовых месторождениях осуществляется при бригадном учете по промежуточному стандарту ПНСТ 360-2019. Но оперативность и точность его низка (например, до $\pm 10\%$ на используемых для этого групповых замерных установках), данных недостаточно для управления нефтедобычей и подготовкой нефти цифровых месторождений, а применимость мониторинга ограничена из-за необходимости вывода систем из рабочего цикла при контроле и диагностике состояния.

Отечественные исследователи пользуются либо приборами собственного изготовления, либо анализаторами зарубежных фирм, имеющими практически недоступное программное обеспечение, что сдерживает оснащение цифрового месторождения отечественными измерительными комплексами и ведет к потере приоритета.

В работах научного руководителя соискателя (Овсеенко Г.А.) – д-ра техн. наук, профессора Кашаева Р.С. и его учеников, данная тематика развита в части разработки мехатронного комплекса для контроля и управления процессами добычи и подготовки нефти, на основе анализатора протонного магнитного резонанса (ПМР) последнего поколения ПМРА-IV для проточного экспресс-контроля характеристик скважинной жидкости, нефти и водонефтяных эмульсий. Проблема, связанная с применением ПМРА-IV, заключается в необходимости развития теории и методов контроля готовности и точности аппаратуры перед каждым измерением и обеспечения достоверности обработки больших объемов данных.

Применение ПМР для проточного онлайн-контроля состоит в постоянном изменении ПМР-сигналов - релаксационных кривых огибающих сигналов спин-эхо, что требует развития методов повышения достоверности и точности измерений и обработки, постоянно меняющихся текущих массивов данных в процессе проточного экспресс-анализа.

Диссертация Овсеенко Г.А. посвящена решению важной научно-технической задачи – повышению достоверности измерений при проточном экспресс-контроле характеристик нефти методом ПМР. Автор предлагает инновационные методы, основанные на сочетании ПМР-релаксометрии с искусственными нейронными сетями (ИНС) и обратным преобразованием

Лапласа, что позволяет минимизировать неопределенности измерений и повысить надежность работы релаксометра ПМР в составе анализатора ПМРА-IV.

Таким образом, представленная работа посвящена актуальной теме *разработке методов повышения достоверности измерений релаксационных параметров и характеристик нефти методом ПМР и применением искусственного интеллекта при проточном экспресс-анализе на технологических объектах добычи и подготовки нефти, внедрение которых может внести значительный вклад в развитие нефтяной отрасли страны, в развитие петроинформатики и цифровизацию нефтяных месторождений.*

Описанные проблемы обуславливают актуальность поставленной в диссертации цели и решаемых задач.

Новизна полученных результатов и выводов

Научная новизна диссертации не вызывает сомнений, поскольку она определяется не только корректной постановкой исследуемой проблемы и выбором темы, но и оригинальными авторскими решениями и содержанием предложенных подходов. Научная новизна заключается в следующем:

1. Разработаны методы снижения неопределенностей измерений параметров ПМР за счет учета влияния шумов, соотношений параметров релаксации и длительности радиочастотных импульсов.

2. Предложен алгоритм повышения точности измерений с использованием ИНС для поиска в базе данных релаксационных кривых, наиболее близких к текущим релаксационным кривым, и их уточнения обратным преобразованием Лапласа.

3. Разработан метод контроля состояния релаксометра ПМР с применением ИНС и статистического критерия 3σ .

4. Созданы новые методики экспресс-контроля характеристик нефти в устье скважин с использованием ПМР-данных и моделирования в программе LabVIEW.

5. Разработан алгоритм повышения точности проточного экспресс-контроля методом ПМР.

Практическая значимость заключается в том, что:

1. Разработана методология повышения достоверности измерений с помощью выбора из базы данных релаксационных кривых, наиболее соответствующих экспериментальным текущим, по которым определяется режим и параметры измерений ПМР-методом, удаления грубых и систематических ошибок, обработкой данных методами искусственного интеллекта.

2. Разработан метод контроля готовности релаксометра к измерениям и обработке данных в режиме «Норма» определением через обратное преобразование Лапласа параметров ПМР, необходимых для поиска наиболее близких к текущим, экспериментально полученным данным.

3. Предложена информационно-измерительная система дистанционного контроля функционирования ПМР в составе проточного анализатора для многофункциональных автоматизированных цифровых интеллектуальных скважин (МАЦИС).

Результаты работы внедрены в НОЦ «Исследование и моделирование материалов» Института машиностроения, материалов и транспорта Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого и на кафедрах «Приборостроение и мехатроника», «Цифровые модели и системы» ФГБОУ ВО «КГЭУ» в научно-исследовательскую деятельность и образовательный процесс.

Разработка методик вычисления по ПМР-параметрам в программе LabVIEW характеристик нефти: плотности скважинной жидкости на участке «забой скважины – прием насоса» и объемного коэффициента жидкости V^* при разных давлениях на входе в центробежный насос для снижения неопределенности контроля процесса нефтедобычи проводилась с использованием проб Ромашкинского месторождения и образцов, определенных действующим ГОСТ Р 51947–2002.

Обоснованность научных положений и выводов, обеспечивается теоретическими и экспериментальными результатами диссертации, основанными на корректной методологии, включающей математическое моделирование, статистическую обработку данных и применение методов искусственного интеллекта. Достоверность подтверждается согласованностью с фундаментальными принципами ПМР, апробацией на экспериментальных данных и отсутствием противоречий с известными научными положениями.

Работу отличает глубина исследования рассматриваемых вопросов, последовательная аргументация выводов. Выводы представляются обоснованными, отличаются научной достоверностью, которая обеспечена использованием апробированных методов, в числе которых использовались системный метод, структурно-функциональный метод, теоретическая основа разработанных методик и репрезентативная экспериментальная база.

Важно подчеркнуть всесторонний характер проведенного исследования, последовательность содержащихся в нем предложений и выводов, чему во многом способствовала удачная структура диссертации, которая состоит из

введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 111 наименований и 6 приложений. Диссертация содержит 129 страниц текста, 12 таблиц и 36 рисунков.

Результаты работы изложены в 14 печатных работах, из них 2 статьи в отечественных рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и SCOPUS и приравненных к публикациям, входящим в Перечень ВАК, 2 статьи в зарубежных рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международной базе данных SCOPUS, 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК по смежным специальностям, 8 материалов докладов на научных конференциях, включенных в РИНЦ.

Содержание диссертации соответствует автореферату и указанной специальности.

Значимость результатов для науки и производства

Значимость результатов диссертации для науки и производства заключается в том, что в ней содержится разработка основ методов повышения достоверности проточного экспресс-контроля на основе метода ПМР путем применением обратного преобразования Лапласа, математической статистики и искусственных нейронных сетей с использованием многослойного персептрона, что способствует созданию нового класса измерительных средств, обладающих улучшенными метрологическими и функциональными характеристиками; в обосновании методов дистанционного контроля добычи нефти кустом скважин на основе сочетания ПМР и искусственного интеллекта. Работа вносит значительный вклад в развитие методов контроля характеристик нефти, обеспечивая повышение точности и надежности измерений.

Изложение материала последовательное, логичное и адекватно отражает существо решаемых задач. Диссертация соответствует паспорту специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Вместе с тем диссертация не лишена недостатков:

1. В названии темы диссертации слово «методы» употреблено два раза.
2. В работе недостаточно нашло отражение описание испытаний разработанных методов в реальных условиях эксплуатации.
3. Недостаточно раскрыт вопрос адаптации предложенных алгоритмов для нефти других месторождений, не рассмотренных в процессе работ над диссертацией.

4. Не представлена информация о влиянии внешних факторов (температуры окружающей среды, электромагнитного поля и т.д.) на оценку технического состояния релаксометра по их корреляции с параметрами измерительной последовательности в методике ПМР. Желательно дополнить исследование анализом влияния внешних факторов (температура, электромагнитные помехи) на работу релаксометра.

5. Следовало бы более подробно описать вопросы подготовки данных для обучения и тестирования разработанных нейросетевых алгоритмов.

6. Рукопись диссертации не лишена опечаток, например, в формуле (2.20) пропущен квадрат, «вязза кросс-энтропия» (стр. 82) должно быть «взята кросс-энтропия», «ТМ = 89,8 %» (стр. 86) следует читать как «ТМ = 99,8 %».

Стоит отметить, что указанные замечания не снижают научной и методической ценности диссертационной работы и значимости проведенных исследований.

Результаты диссертации рекомендуются к внедрению в ФГБОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина», ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт».

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, характеризуется внутренним единством, содержит новые обоснованные научные результаты и положения.

Представленная в данном отзыве информация позволяет сделать вывод о том, что диссертация Овсеенко Г.А. «Методы обеспечения достоверности измерений при проточном экспресс-контроле характеристик нефти методом протонного магнитного резонанса» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. Содержание диссертации соответствует автореферату и паспорту специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Диссертация Овсеенко Галины Анатольевны на тему «Методы обеспечения достоверности измерений при проточном экспресс-контроле характеристик нефти методом протонного магнитного резонанса» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям по пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от

24.09.2013 (в редакции Постановления Правительства РФ № 1382 от 16.10.2024), а ее автор Овсенко Галина Анатольевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

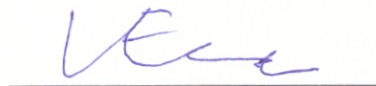
Работа обсуждалась на заседании кафедры радиоэлектроники и информационно-измерительной техники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» 08 сентября 2025, протокол № 3.

Заведующий кафедрой радиоэлектроники
и информационно-измерительной техники
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
канд. техн. наук, доцент
Шахтурин Денис Владимирович



420111, г. Казань, ул. Карла Маркса, 31/7, 5-е учебное здание КАИ, к. 401,
Тел.: +7 843 231-59-47; e-mail: dvshakhturin@kai.ru

Составитель отзыва:
профессор кафедры радиоэлектроники
и информационно-измерительной техники
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
д-р техн. наук, профессор
Евдокимов Юрий Кириллович



420111, Казань, ул. Карла Маркса, 31/7, 5-е учебное здание КАИ, к. 401,
Тел.: +7 843 231-59-47, e-mail: evdokimov1@mail.ru.

Бабушкин Виталий Михайлович, доктор технических наук, доцент, и. о. проректора по научной деятельности и информатизации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»,
420111, Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.
Тел. +7 (843) 238-91-69, e-mail: [ymbabushkin@kai.ru](mailto:yvbabushkin@kai.ru)