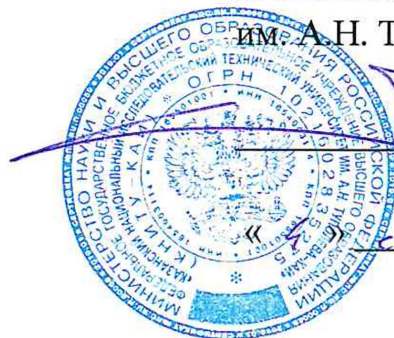


УТВЕРЖДАЮ

И. о. проректора по научной
деятельности и цифровизации
ФГБОУ ВО «Казанский
национальный исследовательский
технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ»



С.А. Матвеев

«28» сентября 2026 г.

Отзыв

ведущей организации на диссертацию Нгуен Дык Аня «Разработка блоков проточного анализатора и методик экспресс-контроля характеристик нефти и газоконденсата методом ПМР», представленную в диссертационный совет 24.2.310.01, созданный на базе ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», 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

Создание и внедрение отечественных технологий, способствующих разработке трудноизвлекаемых запасов углеводородов, согласно «Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года» является приоритетной для обеспечения технологического суверенитета. Согласно положениям распоряжения Правительства Российской Федерации №1632 от 28.08.2017 г. «Цифровая экономика Российской Федерации» особое внимание уделяется цифровизации нефтегазовой отрасли, основанной на интеграции систем мониторинга и управления с применением технологий цифровой обработки и широкополосной передачи данных, облачных технологий и цифровых моделей технологических объектов.

Существующие методы контроля и диагностики не обеспечивают достаточной оперативности и достоверности данных по всей номенклатуре характеристик нефти, газоконденсата и водонефтяных смесей, что делает актуальной задачу разработки новых универсальных автоматизированных неразрушающих экспресс-анализаторов. Используемые инструментальные методики характеризуются значительными погрешностями, связанными с

непредставительным отбором проб, сложной структурой многофазных потоков, изменением режимов течения и инверсией фаз. Дополнительные трудности обусловлены территориальной распределённостью нефтяных месторождений и недостаточной инфраструктурной обеспеченностью, что требует высокой степени автоматизации процессов измерения и контроля.

Формирование единой системы измерений на цифровом месторождении может быть реализовано на базе автоматизированного программно-измерительного комплекса, использующего метод протонного магнитного резонанса (ПМР), обладающего высокой информативностью, неразрушающим характером контроля и возможностью определения комплекса физико-химических характеристик нефти и газоконденсата. Особенностью метода ПМР является отсутствие зависимости квантово-магнитных свойств протонов от морфологии исследуемого образца, а параметры релаксации протонов коррелируют со многими характеристиками нефтяных дисперсных систем, что делает данный метод перспективным для задач оперативного нефтепромыслового контроля.

Отсутствие серийного выпуска отечественных ПМР-анализаторов приводит к доминированию зарубежных приборов, конструктивные и программные решения которых практически недоступны модернизации и адаптации под требования отечественной нефтегазовой отрасли. Наиболее известные зарубежные многофазные анализаторы не обеспечивают контроль всей номенклатуры характеристик и обладают значительными ограничениями по универсальности и массогабаритным параметрам.

Таким образом, представленная работа посвящена актуальной теме разработки методов и технических средств автоматизированного проточного экспресс-контроля характеристик нефти и газоконденсата методом ПМР в условиях цифровых месторождений. Решение поставленных задач направлено на повышение достоверности, оперативности и автоматизации измерений, развитие отечественного приборостроения и внедрение современных технологий промышленного Интернета вещей в нефтегазовой отрасли. Предложенные в диссертации научно-технические решения, связанные с совершенствованием магнитной системы, электронных блоков релаксометра, автоматизированного пробоотбора и программно-измерительного комплекса ПМРА–IV, могут внести существенный вклад в развитие методов и средств неразрушающего контроля нефти и газоконденсата. Указанные обстоятельства определяют актуальность темы диссертации, её научную и практическую значимость.

Новизна полученных результатов и выводов

Научная новизна диссертации не вызывает сомнений, поскольку она определяется не только постановкой исследуемой проблемы и выбором темы,

но и оригинальными авторскими решениями и содержанием предложенных подходов. Научная новизна заключается в следующем:

1. Научно обоснована и разработана многослойная магнитная структура Хальбаха (МСХ), обеспечивающая уменьшение габаритов и массы, а также повышение объема области однородности и стабильности магнитного поля в зазоре.

2. Разработан автоматический проточный анализатор ПМРА-IV, включающий усовершенствованные электронные блоки релаксометра, алгоритмы управления измерительным процессом и модуль пробоотбора с управляемым позиционированием, обеспечивающий повышение представительности пробы и достоверности измерений.

3. Разработаны и экспериментально подтверждены методики экспресс-контроля физико-химических характеристик нефти и газоконденсата на основе анализа параметров ПМР-релаксации, а также реализована интеграция анализатора в инфраструктуру промышленного Интернета вещей для дистанционного мониторинга и управления на цифровом месторождении.

Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

Результаты диссертационного исследования обладают несомненной теоретической и прикладной значимостью. Значимость результатов диссертационной работы для науки заключается в развитии методов и средств неразрушающего проточного экспресс-контроля характеристик нефти и газоконденсата на основе протонной магнитно-резонансной релаксометрии. Получили дальнейшее развитие подходы к построению автоматизированных ПМР-анализаторов, включая совершенствование магнитных систем, электронных блоков релаксометра и интеграцию приборно-программных комплексов в инфраструктуру цифровых месторождений и промышленного Интернета вещей.

Практическая значимость результатов определяется возможностью применения разработанного автоматизированного проточного анализатора ПМРА-IV для оперативного контроля параметров нефти и газоконденсата на объектах нефтегазовой отрасли. Разработанные технические и программные решения ориентированы на задачи импортозамещения, автоматизации технологических процессов и развития отечественного приборостроения.

Практическая ценность результатов работы подтверждается их внедрением в деятельность предприятий ООО «ANAN» и ООО «ТХАНЬ ТАМ» (Вьетнам), и на кафедре приборостроения и мехатроники ФГБОУ ВО «КГЭУ», где используются в учебном процессе. Получены патенты РФ № 2808801 «Магнит»; № 2813962 «Способ и устройство для определения скоростей потока (расхода) и концентрации воды в водо-нефтяных смесях»;

№ 2860172 «Стабилизатор температуры для магнита и образцов с терморегулятором» и свидетельства о госрегистрации программы для ЭВМ № 2024615694 «Программа визуализации зависимостей характеристик нефти от параметров протонной магнитной резонансной релаксометрии для системы контроля проточного ПМР-анализатора», № 2024682954 «Программа автоматизированного контроля и обработки сигналов при исследованиях характеристик нефти методом протонной магнитно-резонансной релаксометрии для системы экспресс контроля проточного ПМР-анализатора», № 2025667277 «Система дистанционного мониторинга и контроля параметров образцов на основе ПМР-релаксометра и IoT».

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, обеспечивается корректной постановкой задач исследования, использованием современных методов моделирования, схмотехнического проектирования и экспериментальных исследований, а также применением современной элементной базы и средств цифровой обработки сигналов. При выполнении работы использовались методы математического моделирования, схмотехнического проектирования и экспериментальных исследований с применением программных комплексов ANSYS Maxwell, Proteus, SolidWorks, Altium Designer и других специализированных средств. Экспериментальные исследования проводились на образцах нефтей и газоконденсатов месторождений России и Вьетнама, а полученные результаты согласуются с известными теоретическими представлениями и результатами исследований других авторов в области ПМР-релаксометрии и нефтепромыслового контроля.

Достоверность результатов подтверждается проведённой экспериментальной апробацией разработанного анализатора ПМРА-IV, повторяемостью полученных данных, практической реализацией разработанных технических решений, а также внедрением результатов работы в производственную и учебную деятельность. Работу отличает глубина и тщательность исследования рассматриваемых вопросов, последовательная и убедительная аргументация выводов. Соискатель продемонстрировал умение корректно вести научную дискуссию, доказывать собственную точку зрения, умение анализировать и обобщать нормативные и доктринальные источники, экспериментальный материал. Положения, выносимые на защиту, в целом представляются весьма убедительными. Выводы представляются обоснованными и отличаются высокой степенью научной достоверности, которая обеспечена использованием апробированных методов, в числе которых использовались системный метод, структурно-функциональный метод, солидная 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, 4-х глав, заключения, списка литературы из 137 наименований и приложения. Диссертация содержит 183 страниц текста, 6 таблиц и 66 рисунков. Результаты диссертации изложены в 39-и печатных работах, включая 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных базах данных SCOPUS/WoS (и приравненных к публикациям, входящим в перечень ВАК), 4 статьи в научных изданиях из перечня ВАК (К1, К2) по специальности диссертации, 3 статьи в прочих рецензируемых научных изданиях, 3 патента РФ, 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, 23 публикации в сборниках международных и всероссийских конференций.

Содержание диссертации соответствует автореферату. 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» и отвечает пунктам паспорта специальности.

Вместе с тем диссертация не лишена **недостатков**:

1. В диссертационной работе недостаточно подробно рассмотрены вопросы метрологического обеспечения разработанного проточного ПМР-анализатора ПМРА–IV, в частности влияние внешних факторов и нестабильности параметров измерительного тракта на точность определения характеристик нефти и газоконденсата.

2. Представляет интерес более подробное описание алгоритмов цифровой обработки сигналов ПМР-релаксометра и методов повышения отношения сигнал/шум при работе в условиях многофазных потоков.

3. В работе недостаточно подробно рассмотрены вопросы точности изготовления, подбора магнитов и долговременной стабильности характеристик многослойной магнитной структуры Хальбаха при длительной эксплуатации в промышленных условиях.

4. Требуется дополнительных пояснений влияние загрязнения проточного тракта анализатора компонентами нефти (парафинами и смолами) на точность измерений и способы минимизации данного влияния.

5. В диссертации ограничено представлены результаты сравнительных исследований разработанного анализатора ПМРА–IV с современными зарубежными ПМР-анализаторами аналогичного назначения.

6. Представляет практический интерес расширение экспериментальных исследований на более широкой номенклатуре нефтей и газоконденсатов с существенно различающимися физико-химическими характеристиками.

7. В работе недостаточно подробно раскрыты вопросы адаптации разработанного программно-измерительного комплекса к различным архитектурам цифровых месторождений и промышленного Интернета вещей.

8. В диссертации указано пять пунктов паспорта специальности, раскрыть которые в рамках кандидатской диссертации затруднительно.

9. Вызывает сомнение, что представленный на рис. 3.4 анализатор ПМРА-IV при весе 30 кг обеспечивает производительность 254 м³/ч (таблица 3.1).

10. Из текста диссертации не ясна методика идентификации параметров математических моделей (4.1) и (4.2).

11. При описании переменных, входящих в формулу (2.16), при оценке эквивалентной емкости используется формула для последовательного соединения емкостей, тогда как на рисунке 2.34 они включены параллельно. Правомерно ли использование этой формулы.

12. Диссертация оформлена небрежно. Например, на рисунке 2.17 изображения не читаются и не расшифрованы подписи. Нет ссылки на этот рисунок в тексте. Рисунок 2.24 является повтором рисунка 2.22. В подписи к рисунку 4.2 указано, что представлена зависимость асфальтенов от времени, а на самом рисунке изображена обратная зависимость. Это замечание касается также ряда других рисунков. На странице 116 нет ссылки на работы Даутова и Христофорова. В формуле 2.9 не указана переменная интегрирования. По тексту диссертации встречаются редакционные и стилистические неточности.

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

Результаты диссертации рекомендуются к внедрению и использованию 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».

Диссертация Нгуен Дык Аня представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему и содержащую новые научно обоснованные технические и методические решения в области проточного ПМР-контроля характеристик нефти и газоконденсата, имеющие существенное значение для развития методов и средств неразрушающего контроля, цифровизации нефтегазовой отрасли и развития отечественного приборостроения.

По актуальности, научной новизне, практической значимости, объёму выполненных исследований и степени обоснованности научных положений диссертация «Разработка блоков проточного анализатора и методик экспресс-контроля характеристик нефти и газоконденсата методом ПМР» соответствует

требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Нгуен Дык Ань, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры радиоэлектроники и информационно-измерительной техники ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», протокол № 2 от 02 сентября 2026 г.

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. 402,
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. 415,
Тел.: +7 843 231-59-47, e-mail: evdokimov1@mail.ru.

Матвеев Станислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, и.о. проректора по научной деятельности и цифровизации 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: pnr@kai.ru

Подпись
заверяю. Начальник управления
делопроизводства и контроля

