



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Ректор

Абдуллазянов Э.Ю.

15.05.2026

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский государственный энергетический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

Диссертация «Разработка блоков проточного анализатора и методик экспресс-контроля характеристик нефти и газоконденсата методом ПМР» выполнена на кафедре «Приборостроение и мехатроника».

В период подготовки диссертации соискатель Нгуен Дык Ань являлся аспирантом на кафедре «Приборостроение и мехатроника» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» с октября 2022 года по настоящее время.

В 2021 году Нгуен Дык Ань окончил магистратуру ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» по направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

С октября 2022 г. по 30 сентября 2026 г. Нгуен Дык Ань обучается в аспирантуре ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2026 г. в ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

Научный руководитель – Кашаев Рустем Султанхамитович, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Приборостроение и

мехатроника» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

По итогам обсуждения диссертации «Разработка блоков проточного анализатора и методик экспресс-контроля характеристик нефти и газоконденсата методом ПМР» принято следующее заключение.

## 1. Актуальность

В соответствии с приоритетами развития топливно-энергетического комплекса, отражёнными в «Энергетической стратегии России до 2050 года», особое внимание уделяется обеспечению технологического суверенитета и внедрению отечественных технологий при разработке трудноизвлекаемых запасов углеводородов. Реализация положений распоряжения Правительства РФ №1632 от 28.08.2017 г. «Цифровая экономика РФ» обуславливает актуальность цифровизации нефтегазовой отрасли и формирования «Цифровых месторождений» (ЦМ), основанных на интеграции систем мониторинга и управления с применением больших данных, промышленного Интернета вещей (ПИВ) и цифровых моделей. По оценкам отраслевых исследований, внедрение таких решений способствует увеличению добычи нефти на 10–25% и снижению энергетических потерь до 8%.

Однако существующие в настоящее время методы контроля на нефтепромыслах не дают оперативной информации по всей номенклатуре характеристик нефти из-за отсутствия универсальных неразрушающих образцы экспресс-анализаторов. Инструментальные методики имеют погрешности из-за непредставительного отбора проб, достигающие  $\pm 30\%$ , и затрудненного сложной структурой потоков сырой нефти (СН), водонефтяных эмульсий и инверсией фаз. Сложности создают также расположение нефтяных месторождений на огромных территориях при недостатке инфраструктуры, что требует максимальной автоматизации процессов контроля.

Формирование единой системы измерений на ЦМ может быть осуществлено на базе неразрушающего, совмещающего в себе возможности нескольких анализаторов автоматического программно-измерительного проточного комплекса, использующего метод ядерного (протонного) магнитного резонанса (ПМР), основанного на принципах квантовой радиофизики. В ЯМР отсутствуют зависимости квантово-магнитных свойств ядер (протонов) от морфологии образца. Параметры релаксации протонов коррелируют со многими свойствами нефти. Поэтому ЯМР широко используется для контроля в нефтяной индустрии. Нефти, различаясь химическим составом, с современных позиций представляют собой нефтяные дисперсные системы (НДС), допускающие единый подход при их анализе.

Большой вклад в развитие теории и аппаратуры ядерного магнитного резонанса внесли отечественные ученые: профессора Чижик В.И., Вашман А.А., Пронин И.С., Волков В.Я., Калабин Г.А., Скирда В.Д. и др. Но из-за

отсутствия серийного выпуска отечественных ЯМР-анализаторов основными их поставщиками являются зарубежные фирмы, что тормозит внедрение отечественных разработок и ведет к потере отечественного приоритета в приборостроении. Их конструктив и программное обеспечение практически недоступны модернизации. Наилучший зарубежный многофазный анализатор *MFMA-5000* фирмы *Krohne* не обеспечивает измерений всей номенклатуры характеристик, является слишком массивным и неуниверсальным по выходному диаметру.

В проточном ПМР-анализаторе релаксометр ПМР является основным контрольно-управляющим блоком, в котором очень многое зависит от магнита, одного из основных блоков, в котором располагается измерительный датчик.

Таким образом, актуальной является задача разработки усовершенствованного автоматического проточного анализатора для экспресс-контроля характеристик нефти и газоконденсата методом ПМР, обеспечивающего повышение точности, оперативности и универсальности измерений в условиях цифровых месторождений.

## **2. Научная новизна результатов работы**

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.

## **3. Научная и практическая значимость результатов**

Теоретическая значимость результатов работы заключается в развитии методических принципов построения аппаратной части проточного анализатора ПМРА-IV, включая расчет магнитной системы и модернизацию электронных блоков релаксометра с применением прямого цифрового синтеза. Обоснованы требования к чувствительности и температурной стабильности измерений, что расширяет возможности релаксометров ПМР

для экспресс-контроля нефти и газоконденсата. Подтверждено влияние предварительного подмагничивания потока на повышение отношения сигнал/шум водной фазы в водонефтяных смесях.

Практическая значимость работы заключается в разработке:

1. Измерителя индукции магнитных полей, реализованного на основе линейного цифрового магнитного датчика, обеспечивающего расширенный диапазон измерений магнитной индукции, цифровую регистрацию и визуализацию измеренных параметров магнитных систем.

2. Усилительных трактов релаксометра ПМР, включая усилитель мощности передатчика и малошумящий, управляемый напряжением усилитель приёмника, обеспечивающий параметры импульсов и чувствительность регистрации сигналов.

3. Автоматической системы дистанционного управления ПМРА-IV, реализованной на устройстве подключения к веб-серверу промышленного Интернета вещей, обеспечивающей интеграцию анализатора в структуру цифрового месторождения.

#### **4. Личное участие автора в получении результатов научных исследований, изложенных в диссертации**

Соискатель принимал участие во всех этапах выполнения диссертационной работы, включая постановку цели и задач исследования, разработку концепции и технических решений, проведение измерений, сбор и обработку экспериментальных данных, а также их представление в диссертации, научных публикациях, патентах и свидетельствах о государственной регистрации программ для ЭВМ, под научным руководством профессора Кашаева Р.С.

В ходе выполнения работы соискатель проявил высокий уровень самостоятельности при разработке и реализации технических решений для систем анализа на основе метода ПМР. В частности, им выполнены расчёт, проектирование и оптимизация многослойной магнитной системы Хальбаха, включая выбор геометрических параметров и материалов, моделирование и анализ характеристик магнитного поля с целью обеспечения оптимального соотношения габаритов, массы и однородности магнитного поля в рабочей зоне.

Соискателем разработаны и реализованы электронные блоки модернизированного ПМР-релаксометра на основе современной элементной базы, включая передающие, приёмные и сигналообработывающие узлы. На уровне системы соискатель принимал участие в разработке функциональных модулей проточного анализатора ПМРА-IV, в том числе модуля пробоотбора и управляющих схем, обеспечивающих представительность пробы и устойчивость измерительного процесса. Кроме того, разработано устройство сопряжения, обеспечивающее интеграцию релаксометра и анализатора

ПМРА-IV с веб-сервером в рамках промышленного Интернета вещей (ПИВ) для реализации дистанционного мониторинга и управления.

В соответствии с разработанной аппаратной частью соискателем реализованы алгоритмы формирования импульсных последовательностей, регистрации и обработки сигналов спин-эхо, взаимодействия с персональным компьютером и управления периферийными устройствами на базе ПЛИС и микроконтроллеров, что обеспечило надёжность и автоматизацию функционирования системы.

Разработаны и внедрены программные средства, включающие: программное обеспечение управления ПМР-релаксометром и обработки измерительных данных; программное обеспечение управления исполнительным механизмом пробоотборного модуля; а также встроенное программное обеспечение веб-сервера для интеграции анализатора ПМРА-IV в инфраструктуру ПИВ.

Экспериментальные исследования выполнены на образцах нефтей месторождений Российской Федерации, а также нефтей и газоконденсата месторождений Вьетнама, что позволило провести обработку и анализ полученных данных и разработать методики экспресс-контроля физико-химических характеристик исследуемых сред.

Результаты исследований обобщены и представлены в диссертации, научных публикациях и докладах на конференциях, а также подтверждены полученными патентами на изобретения и свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ. Основные результаты диссертационной работы получены при непосредственном участии соискателя и отражают его ведущую роль в выполнении исследования.

## **5. Степень достоверности результатов проведенных исследований**

Достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертационной работы обеспечиваются корректной постановкой научных задач и использованием фундаментальных физических принципов, включая гидродинамику, ядерную физику и квантовую механику. Достоверность разработанных технических решений обеспечивается применением современных программных средств моделирования и проектирования на этапе разработки, а также сопоставлением полученных экспериментальных данных с результатами измерений, выполненных с использованием аттестованных средств измерений. Полученные результаты характеризуются согласованностью с данными, представленными в работах других авторов, и соответствуют общепринятым научным положениям. Дополнительным подтверждением достоверности и обоснованности результатов является их апробация на международных и всероссийских научных конференциях, а также публикация в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК и индексируемых в базах данных

Scopus и Web of Science, наряду с получением патентов на изобретения и свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

## **6. Соответствие диссертации научной специальности**

Диссертационная работа соответствует научной специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды». Основные результаты исследования соответствуют следующим пунктам паспорта: 1 – Научное обоснование новых и совершенствование существующих методов, аппаратных средств и технологий контроля, диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, способствующее повышению надёжности изделий и экологической безопасности окружающей среды; 3 – Разработка, внедрение, испытания методов и приборов контроля, диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, способствующих повышению надёжности изделий и экологической безопасности окружающей среды; 4 – Разработка методического, математического, программного, технического, приборного обеспечения для систем технического контроля и диагностирования материалов, изделий, веществ и природной среды, экологического мониторинга природных и техногенных объектов, способствующих увеличению эксплуатационного ресурса изделий и повышению экологической безопасности окружающей среды; 6 – Разработка математических моделей, алгоритмического и программно-технического обеспечения обработки результатов регистрации сигналов в приборах и средствах контроля и диагностики с целью автоматизации контроля и диагностики, подготовки их для внедрения в цифровые информационные технологии; 7 – Автоматизация технологий, приборов контроля и средств диагностирования, способствующая снижению трудоёмкости, увеличению оперативности и достоверности оценки эксплуатационного ресурса изделий, повышению уровня экологической безопасности окружающей среды.

## **7. Полнота изложения результатов диссертации в работах, опубликованных автором**

По результатам выполненных исследований опубликовано 39 печатных работ, 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.

*Статьи автора в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в  
международных базах данных Web of Science и Scopus*

1. Kashaev R., Anh N.D, Kozelkova V., Kozelkov O., Dudkin V. Online Multiphase Flow Measurement of Crude Oil Properties Using Nuclear (Proton) Magnetic Resonance Automated Measurement Complex for Energy Safety at Smart Oil Deposits // *Energies*. 2023. Vol. 16. No. 3. P. 1080. DOI 10.3390/en16031080 (МБД SCOPUS Q2, приравнено к публикации ВАК К1, вклад соискателя – 20%).

2. Tran Van Tung, Kashaev Rustem Sultankhamitovich, Nguyen Duc Anh. Research on the application of IoT solution for rapid control of oil parameters in smart oil fields based on proton magnetic resonance method. 2025 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russian Federation, 2025, pp. 518–523 doi: 10.1109/ICIEAM65163.2025.11028468 (МБД SCOPUS, вклад соискателя – 60%).

3. Kashaev R.S., Kozelkova V. O., Anh N.D., Kozelkov O.V. Application of a Portable Proton NMR Flow Analyzer for Rapid Monitoring of Petroleum Product Properties and Water Contamination // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2025. Vol. 59. No. 2. P. 463–470. DOI 10.1134/S0040579525700721 (МБД SCOPUS Q4, приравнено к публикации ВАК К2, вклад соискателя – 25%).

*Статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК по  
специальности диссертации*

4. Кашаев Р.С., Нгуен Дык Ань, Козелков О.В. Проточный экспресс-анализатор проточного магнитного резонанса в составе промышленного интернета вещей // *Известия высших учебных заведений. Приборостроение*. 2024. Т. 67. № 5. С. 425–434. DOI 10.17586/0021–3454–2024–67–5–425–434 (ВАК К1, вклад соискателя – 30%).

5. Нгуен Д.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В., Арсланов А.Д., Чан В.Т. Разработка усовершенствованного программно–аппаратного комплекса управления патрубком анализатора протонного магнитного резонанса ПМРА-IV // *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. 2025. Т. 27. № 1. С. 3–15. DOI 10.30724/1998–9903–2025–27–1–3–15 (ВАК К2, вклад соискателя – 60%).

6. Арсланов А.Д., Нгуен Д.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В., Чан В.Т. Анализатор нефти ПМРА-IV для автоматизированного контроля характеристик исследуемых образцов // *Автоматизация в промышленности*. 2025. № 1. С. 50–53 (ВАК К2, вклад соискателя – 20%).

7. Нгуен Д. А., Кашаев Р.С., Козелков О.В. Разработка многослойных усовершенствованных магнитных сборок Хальбаха для ПМР-релаксометра

на основе оптимизации параметров магнита // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2025. Т. 27. № 2. С. 20–32. DOI 10.30724/1998–9903–2025–27–2–20–32. (ВАК К2, вклад соискателя – 60%).

#### *Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ*

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024615694 Российская Федерация. Программа визуализации зависимостей характеристик нефти от параметров протонной магнитной резонансной релаксометрии для системы контроля проточного ПМР-анализатора: № 2024613804; заявл. 27.02.2024; опубл. 12.03.2024 / Арсланов А.Д., Кашаев Р.С., Козелков О.В., Нгуен Д.А., Галиев А.Б.; заявитель ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (вклад соискателя – 15%).

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024682954 Российская Федерация. Программа автоматизированного контроля и обработки сигналов при исследованиях характеристик нефти методом протонной магнитно–резонансной релаксометрии для системы экспресс контроля проточного ПМР-анализатора: № 2024681562; заявл. 19.09.2024; опубл. 01.10.2024 / Арсланов А.Д., Кашаев Р.С., Козелков О.В., Нгуен Д.А., Галиев А.Б.; заявитель ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (вклад соискателя – 15%).

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025667277 Российская Федерация. Система дистанционного мониторинга и контроля параметров образцов на основе ПМР-релаксометра и IoT: заявл. 10.06.2025; опубл. 03.07.2025 / Нгуен Д.А., Кашаев Р.С., Динь Т.Н., Чан В.Т.; заявитель ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (вклад соискателя – 55%).

#### *Патенты на изобретение*

11. Патент № 2808801 С1 Российская Федерация, МПК H01F 7/00, H01F 10/12, H01F 10/26. Магнит: № 2023105051; заявл. 06.03.2023; опубл. 05.12.2023 / Кашаев Р.С., Нгуен Д.А.; заявитель ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (вклад соискателя – 50%).

12. Патент № 2813962 С1 Российская Федерация, МПК G01N 24/08. Способ и устройство для определения скоростей потока (расхода) и концентрации воды в водо–нефтяных смесях: № 2023105685; заявл. 13.03.2023; опубл. 20.02.2024 / Кашаев Р.С., Нгуен Д.А., Козелков О.В.; заявитель ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет». (вклад соискателя – 30%).

13. Патент № 2860172 С1 Российская Федерация, МПК F25B 29/00, F28D 1/00. Стабилизатор температуры для магнита и образцов с

терморегулятором: № 2025107576: заявл. 28.03.2025; опубл. 14.04.2026 / Кашаев Р.С., Нгуен Д.А., Козелков О.В.; заявитель ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (вклад соискателя – 40%).

*Публикации в прочих рецензируемых научных изданиях*

14. Кашаев Р.С., Нгуен Дык Ань, Козелков О.В. Мехатронный проточный анализатор жидкости на базе метода протонного магнитного резонанса // Мехатроника, автоматика и робототехника. 2023. № 11. С. 176–179. DOI 10.26160/2541–8637–2023–11–176–179. (вклад соискателя – 30%).

15. Nguyen Duc Anh, Kashaev R.S., Tran Van Tung. Research and development of equipment to determine the parameters of crude oil on the basis of application nuclear magnetic resonance method // HaUI Journal of Science and Technology. 2024. Vol. 60. No. 9. pp. 199–205. DOI: 10.57001/huih 5804.2024.316 (вклад соискателя – 60%).

16. Нгуен Дык Ань, Нгуен Вьет Тьеп, Нго Кьен Динь. Разработка термостабилизатора для магнита и образца с терморегулятором ядерно-магнитного резонансного релаксометра // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2025. № 47. С. 77–82. DOI 10.26160/2474–5901–2025–47–77–82 (вклад соискателя – 60%).

*Публикации в материалах докладов международных и всероссийских научных конференций*

17. Нгуен Д.А., Кашаев Р.С. Усовершенствование модели магнита Хальбаха для релаксометра протонного магнитного резонанса // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VIII Национальной научно-практической конференции, Казань, 08–09 декабря 2022 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. С. 82–87 (вклад соискателя – 60%).

18. Кашаев Р.С., Нгуен Дык Ань, Козелков О.В. Apparatus-program complex for on-line express-control of crude oils properties by proton magnetic resonance method // Materials of International University Scientific Forum Practice Oriented Science: UAE – RUSSIA – INDIA January 27, 2023. С. 213–220. doi:10.34660/inf.2023.28.21.081 (вклад соискателя – 30%).

19. Нгуен Д.А., Кашаев Р.С. Методы прямого цифрового синтеза и генераторы высокочастотных сигналов для портативных приборов ЯМР // Теоретические и практические аспекты развития науки в современном мире: сборник статей международной научной конференции, Санкт-Петербург, 17 марта 2023 года. – СПб: Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ», 2023. С. 45–

50 (вклад соискателя – 60%).

20. Нгуен Д.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В. Устройство для измерения параметров постоянного и переменного магнитных полей // Высшая школа: научные исследования: материалы Межвузовского международного конгресса, Москва, 13 октября 2023 года. Москва: Инфинити, 2023. С. 149–154. DOI 10.34660/INF.2023.24.72.390 (вклад соискателя – 50%).

21. Нгуен Д.А., Козелков О.В., Кашаев Р.С. Применение метода протонной магнитной резонансной релаксометрии при контроле качества сырья // Высшая школа: научные исследования: материалы Межвузовского международного конгресса, Москва, 13 октября 2023 года. Москва: Инфинити, 2023. С. 155–159. DOI 10.34660/INF.2023.79.96.391 (вклад соискателя – 50%).

22. Нгуен Д.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В. Разработка усовершенствованных магнитов на сборке Хальбаха и приборов для измерений магнитного поля // Исследовательская инициатива – 2023: Сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 25 октября 2023 года. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2023. С. 311–315 (вклад соискателя – 60%).

23. Темников А.Н., Нгуен Д.А., Кашаев Р.С. Разработка блоков портативного релаксометра протонного магнитного резонанса // Исследовательский проект года 2023: Сборник статей II Международного научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 13 ноября 2023 года. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства "Новая Наука", 2023. С. 28–36. (вклад соискателя – 40%).

24. Нгуен Д.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В., Чан В.Т. Исследования по разработке оборудования для формирования последовательности импульсов для ПМР-релаксометров // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы IX Национальной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ, Казань, 07–08 декабря 2023 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 82–85 (вклад соискателя – 55%).

25. Нгуен Д.А., Кашаев Р.С. Экспресс-контроль содержания асфальтенов и парафинов в сырой нефти с месторождения во Вьетнаме с помощью метода протонного магнитного резонанса // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: Международная научно-техническая конференция, Казань, 04 апреля 2024 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 161–166 (вклад соискателя – 60%).

26. Кашаев Р.С., Нгуен Д.А., Арсланов А.Д. Исследование причин и методы устранения искажений сигнала в передатчике ПМР релаксометра // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки

и применения: Материалы национальной (с международным участием) научно–практической конференции, Казань, 10–11 апреля 2024 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 225–228 (вклад соискателя – 60%).

27. Нгуен Д.А., Арсланов А.Д., Галиев А.Б. Разработка усовершенствованного управляемого напряжением усилителя для приемника релаксометра проточного ПМР–анализатора // Тинчуринские чтения – 2024 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции, Казань, 24–26 апреля 2024 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 205–208 (вклад соискателя – 60%).

28. Арсланов. А.Д., Нгуен Д.А., Галиев А.Б. Система управления проточного ПМР–анализатора для экспресс–контроля характеристик нефти по параметрам протонного магнитного резонанса // Тинчуринские чтения – 2024 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции, Казань, 24–26 апреля 2024 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 163–167 (вклад соискателя – 20%).

29. Галиев А.Б., Арсланов А.Д., Нгуен Д.А., Козелков О.В. Исследование физико–химических характеристик нефти в пластовых и стандартных условиях для разработки проточного ПМР–анализатора // Тинчуринские чтения – 2024 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции, Казань, 24–26 апреля 2024 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 183–185 (вклад соискателя – 20%).

30. Нгуен Д.А., Кашаев Р.С. Разработка усовершенствованного малощумящего усилителя для приемника ПМР–релаксометра // Передовое развитие современной науки: опыт, проблемы, прогнозы: Сборник статей XIV Международной научно–практической конференции, Петрозаводск, 26 сентября 2024 года. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2024. С. 130–133 (вклад соискателя – 60%).

31. Нгуен Д.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В. Разработка усовершенствованного усилителя мощности последовательности импульсов КПМГ для передатчика портативного ПМР–релаксометра // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: сборник трудов XXI Международной научно–практической конференции, Сочи, 01–10 октября 2024 года. Москва: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2024. С. 299–301 (вклад соискателя – 60%).

32. Нгуен Д.А., Кашаев Р.С., Арсланов А.Д., Чан В.Т. Решение для интеллектуального мониторинга и управления анализатором протонного магнитного резонанса ПМРА–IV на основе Интернета вещей // Интеллектуальная энергетика: Сборник трудов II Всероссийской научно–

практической конференции, Томск, 12–14 ноября 2024 года. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2024. С. 53–56. (вклад соискателя – 60%).

33. Нгуен Д.А., Чан В.Т. Решение для интеллектуального мониторинга и управления анализатором протонного магнитного резонанса ПМРА–IV на основе Интернета вещей // Механика и машиностроение. Наука и практика: Материалы международной научно–практической конференции, Санкт–Петербург, 27 ноября 2024 года. Санкт–Петербург: ИП Жукова Е.В., 2024. С. 49–53 (вклад соискателя – 80%).

34. Нгуен Д.А., Арсланов А.Д., Кашаев Р.С. Устройство стабилизации и контроля температуры образцов для ПМР–анализаторов // XXVIII Всероссийский аспирантско–магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика: Материалы докладов. В 3–х томах, Казань, 05–06 декабря 2024 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 747–751 (вклад соискателя – 60%).

35. Арсланов А.Д., Нгуен Д.А. Методика измерения серы в нефтях с использованием автоматизированного устройства ПМР–анализатора // XXVIII Всероссийский аспирантско–магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика: Материалы докладов. В 3–х томах, Казань, 05–06 декабря 2024 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 718–721 (вклад соискателя – 40%).

36. Нгуен Д.А., Кашаев Р.С. Разработка устройства для подключения ПМР–релаксометра к интернету вещей в рамках интеллектуального нефтегазового месторождения // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно–энергетическом комплексе и жилищно–коммунальном хозяйстве: X Национальная научно–практическая конференция, Казань, 12–13 декабря 2024 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2025. С. 87–90. ISBN 978–5–89873–687–3 (вклад соискателя – 60%).

37. Нгуен Д.А., Кашаев Р.С. Интеллектуальное решение для контроля свойств сырой нефти с использованием ядерного магнитного резонанса и промышленного интернета вещей // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: Материалы международной научно–технической конференции, Казань, 03 апреля 2025 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2025. С. 251–253 (вклад соискателя – 60%).

38. Нгуен Д.А., Кашаев Р.С. Стабилизатор температуры для магнита и образцов с терморегулятором портативного ПМР–релаксометра // Перспективы развития фундаментальных наук: Сборник научных трудов XXII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 7–ми томах, Томск, 22–25 апреля 2025 года. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2025. С. 83–85 (вклад соискателя – 60%).

39. Нгуен Д.А., Кашаев Р.С. Оценка эффективности работы формирователя последовательности высокочастотных импульсов КПМГ с помощью модулятора QAM // Тинчуринские чтения – 2025 «Энергетика и цифровая трансформация»: статьи по материалам Международной молодежной научной конференции. В четырех томах, Казань, 23–25 апреля 2025 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2025. С. 219–222. (вклад соискателя – 60%).

В перечисленных работах Нгуен Дык Ань лично получены следующие результаты:

[7, 11, 17, 22] – Рассчитан, разработан и испытан многослойный магнит Хальбаха для релаксометра ПМР и проточного анализатора ПМРА–IV, обладающий по сравнению с аналогами увеличенным объемом области однородного магнитного поля, а также уменьшенными габаритами и массой. Диаметр рабочего зазора магнита позволяет использовать образцы большего объема, что способствует увеличению отношения сигнал/шум и упрощает интеграцию дополнительных элементов.

[2, 9, 13, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 26, 27, 30, 31, 34, 38, 39] – Разработано программное обеспечение для управления, сбора и обработки данных, а также новая схемотехника электронных блоков релаксометра ПМР на основе современной элементной базы. Дополнительно разработаны измеритель индукции магнитного поля для повышения точности измерений и термостабилизатор обеспечения температурной стабильности магнитного поля на основе элементов Пельтье с возможностью задания температуры.

[1, 5, 12, 14, 15, 20] – Разработан автоматический проточный анализатор ПМРА–IV четвертого поколения, превосходящий зарубежный аналог MFMA–5000 (*Krohne*) по ряду характеристик. Создан усовершенствованный проточный модуль пробоотбора с внутренним байпасом и компактным блоком управления пробоотборным патрубком, обеспечивающий точное позиционирование и подачу заданного объема пробы в ПМР–датчик, что повышает представительность пробы и достоверность измерений.

[1, 3, 4, 6, 8, 12, 18, 21, 25, 28, 29, 35] – Разработаны и экспериментально подтверждены методики экспресс–контроля физико–химических характеристик нефти и газоконденсата на основе анализа параметров ПМР–релаксации, позволяющие определять состав и свойства исследуемых сред с высокой точностью и устанавливать зависимости между параметрами релаксации и характеристиками углеводородных систем.

[2, 4, 6, 10, 12, 21, 25, 27, 32, 33, 36, 37] – Разработаны программно–технические средства интеграции ПМР–анализатора в инфраструктуру промышленного Интернета вещей, включая встроенное программное обеспечение, средства передачи и обработки данных, а также системы дистанционного мониторинга и управления, обеспечивающие

функционирование анализатора в составе цифрового месторождения.

Все основные положения и результаты, выносимые на защиту, отражены в публикациях автора: по главе 1 – в [20, 26], по главе 2 – в [2, 7, 9, 11, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 31, 34, 38, 39], по главе 3 – в [1, 5, 12, 14, 15, 20], по главе 4 – в [1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 18, 21, 25, 27, 28, 29, 32, 33, 35, 36, 37].

В диссертационной работе не выявлено использования материалов или отдельных результатов без ссылок на автора или источник заимствования, включая работы, выполненные соискателем лично и/или в соавторстве.

## 8. Апробация работы

Основные положения и практические результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

– International University Scientific Forum Practice Oriented Science: UAE–RUSSIA–INDIA, 2023 г.;

– Международной научно–практической конференции «Мехатроника, автоматика и робототехника», Санкт–Петербург, 2023 г.;

– Международной научной конференции «Теоретические и практические аспекты развития науки в современном мире», Санкт–Петербург, Март 2023 г.;

– Международный научно–исследовательский конкурс «Исследовательская Инициатива», Петрозаводск, 2023 г.;

– Международную научно–техническую конференцию «Технологический суверенитет и цифровая трансформация в энергетике» ТЭФ. Казань, 2024–2025 г.;

– «Всероссийский Аспирантско–магистерский научный семинар». Казань, КГЭУ, 2024 г.;

– Национальные научно–практические конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ ». Казань, КГЭУ, 2022–2024 гг.;

– Национальная научно–практическая конференция «Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения». Казань, КГЭУ, 2024 г.;

– Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения» «Энергетика и цифровая трансформация». Казань, КГЭУ, 2024 – 2025 гг.;

– Международной научно–практической конференции «Инновационные, информационные и коммуникационные технологии» (ИНФО–2024). Сочи, 2024 г.;

– Международная научно–практическая конференция: Механика и машиностроение. Наука и практика – Санкт–Петербург, 2024 г.;

- Всероссийская научно–практическая конференция: Интеллектуальная энергетика, г. Томск, 2024 г.;
- Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук», г. Томск, 2025 г.;
- 2025 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russian Federation, 2025

## 9. Ценность научных работ соискателя

В опубликованных автором работах содержатся следующие научные результаты:

1. Рассчитан, разработан и испытан многослойный магнит Хальбаха для релаксометра ПМР и проточного анализатора ПМРА-IV, обладающий по сравнению с аналогами увеличенным объемом области однородного магнитного поля, а также уменьшенными габаритами и массой. Диаметр рабочего зазора магнита позволяет использовать образцы большего объема, что способствует увеличению отношения сигнал/шум и упрощает интеграцию дополнительных элементов.

2. Разработаны программное обеспечение для управления, сбора и обработки данных, а также новая схемотехника электронных блоков релаксометра ПМР на основе современной элементной базы. Дополнительно разработаны измеритель индукции магнитного поля для повышения точности измерений и термостабилизатор обеспечения температурной стабильности магнитного поля на основе элементов Пельтье с возможностью задания температуры.

3. Разработан автоматический проточный анализатор ПМРА-IV четвертого поколения, превосходящий зарубежный аналог MFMA-5000 (Krohne) по ряду характеристик. Создан усовершенствованный проточный модуль пробоотбора с внутренним байпасом и компактным блоком управления пробоотборным патрубком, обеспечивающий точное позиционирование и подачу заданного объема пробы в ПМР-датчик, что повышает представительность пробы и достоверность измерений.

4. Разработаны и экспериментально подтверждены методики экспресс–контроля физико-химических характеристик нефти и газоконденсата на основе анализа параметров ПМР-релаксации, позволяющие определять состав и свойства исследуемых сред с высокой точностью и устанавливать зависимости между параметрами релаксации и характеристиками углеводородных систем.

5. Разработаны программно–технические средства интеграции ПМР-анализатора в инфраструктуру промышленного Интернета вещей, включая встроенное программное обеспечение, средства передачи и обработки данных, а также системы дистанционного мониторинга и управления, обеспечивающие функционирование анализатора в составе цифрового

месторождения.

## 10. Характер результатов

Характер результатов диссертации соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней Российской Федерации.

## 11. Выводы

Диссертация Нгуен Дык Ань «Разработка блоков проточного анализатора и методик экспресс-контроля характеристик нефти и газоконденсата методом ПМР», выполненная на кафедре «Приборостроение и мехатроника», является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой решена научно-техническая задача разработки блоков проточного анализатора и методик экспресс-контроля физико-химических характеристик нефти и газоконденсата на основе анализа параметров ПМР-релаксации, а также интеграции анализатора в инфраструктуру промышленного Интернета вещей для дистанционного мониторинга и управления на цифровом месторождении.

Решение данной задачи имеет существенное значение для развития методов и средств неразрушающего контроля и диагностики веществ и природных сред, а также для повышения эффективности мониторинга технологических процессов в нефтегазовой отрасли.

В диссертационной работе разработаны и исследованы многослойные магнитные структуры Хальбаха, обеспечивающие улучшение характеристик магнитного поля и повышение чувствительности измерений. Созданы новые схмотехнические решения и программное обеспечение для релаксометра ПМР, обеспечивающие формирование и обработку сигналов с высокой точностью и устойчивостью.

Разработан автоматический проточный анализатор ПМРА-IV четвёртого поколения, включающий усовершенствованные электронные блоки и модуль пробоотбора, обеспечивающий повышение представительности пробы и достоверности измерений в условиях реального многофазного потока. Предложены и экспериментально подтверждены методики экспресс-контроля физико-химических характеристик нефти и газоконденсата на основе параметров ПМР-релаксации.

Реализованы программно-технические решения интеграции анализатора в инфраструктуру промышленного Интернета вещей, обеспечивающие возможность дистанционного мониторинга и управления в условиях цифрового месторождения.

Диссертация обобщает результаты самостоятельных исследований автора, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые на защиту, и свидетельствует о

значительном личном вкладе автора в развитие научного направления. При выполнении диссертационной работы Нгуен Дык Ань проявил себя как квалифицированный исследователь, способный решать сложные научно-технические задачи.

Работа соответствует требованиям пп. 9–14 Положения о присуждении учёных степеней Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук.

Диссертация «Разработка блоков проточного анализатора и методик экспресс-контроля характеристик нефти и газоконденсата методом ПМР» Нгуен Дык Ань рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Приборостроение и мехатроника», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет».

Присутствовало на заседании 22 чел. Результаты голосования: «за» – 22 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 29 от «10» Апреля 2026 г.



Козелков Олег Владимирович,  
доктор технических наук, доцент, заведующий  
кафедрой «Приборостроение и мехатроника»  
ФГБОУ ВО «КГЭУ»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»,  
420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51.  
Тел. (843)519-43-18, e-mail: kgeu\_era@mail.ru  
Сведения о лице, утвердившем заключение:

Абдуллазянов Эдвард Юнусович: кандидат технических наук, доцент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», ректор,  
420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51.  
Тел. (843)519-42-02, e-mail: rector@kgeu.ru

