



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Ректор



Абдуллазянов Э.Ю.

25.03.2025

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация «Методы обеспечения достоверности измерений при проточном экспресс-контроле характеристик нефти методом протонного магнитного резонанса» выполнена на кафедре «Приборостроение и мехатроника».

В период подготовки диссертации соискатель Овсеенко Галина Анатольевна работала в ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» в должностях ассистента (с сентября 2020 г. по сентябрь 2022 г.), преподавателя (с сентября 2022 г. по сентябрь 2023 г.) и старшего преподавателя кафедры «Цифровые системы и модели» (с сентября 2023 г. по настоящее время).

В 2020 г. Овсеенко Г.А. окончила магистратуру ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» по направлению подготовки «Приборостроение».

В 2024 г. Овсеенко Г.А. окончила аспирантуру ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

Справка о сданных кандидатских экзаменах выдана в 2025 г. в ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

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

мехатроника» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

По итогам обсуждения диссертации «Методы обеспечения достоверности измерений при проточном экспресс-контроле характеристик нефти методом протонного магнитного резонанса» принято следующее заключение.

1. Актуальность

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. Соответственно, «Энергетической стратегией России до 2035 г.» предусмотрено «создание инновационной системы энергетики с отечественными технологиями без иностранных 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 при этом групповых замерных установках), данных недостаточно для управления нефтедобычей и подготовкой нефти ЦМ, а применимость мониторинга ограничена из-за необходимости вывода систем из рабочего цикла при контроле и диагностике состояния.

Большие, еще не до конца оцененные возможности в этом плане предоставляет метод ядерного (протонного) магнитного резонанса (ПМР) и релаксометры ПМР на его принципе. Метод ПМР и анализатор на его основе (ПМРА) являются наиболее предпочтительными для решения задач приборного оснащения ЦМ, поскольку метод является неконтактным, неразрушающим и экспрессным. Это позволяет релаксометру в составе ПМРА осуществлять многопараметрический многофазный контроль на потоке характеристик сырой нефти по ряду ПМР-параметров, коррелирующих с характеристиками компонентов нефти, например, плотности скважиной жидкости. ПМРА позволяет управлять многими

процессами на нефтепромысле, поскольку в методе пробоподготовка отсутствует, методические ошибки могут в режиме онлайн минимизироваться многократными усреднениями из-за экспрессности измерений и обработкой данных с высокими коэффициентами корреляций. Это позволяет верифицировать данные по нескольким ПМР-параметрам.

Значительный вклад в развитие ядерного магнитного резонанса (ЯМР) внесли отечественные ученые: Чижик В.И., Вашман А.А., Пронин И.С., Калабин Г.А., Волков В.Я., Тагиров М.С., Скирда В.Д., Фаттахов Я.В. и др., разработавшие ряд уникальных приборов на основе метода ЯМР. Их работы заложили основы для серийного производства. Но, к сожалению, отечественные исследователи пользуются либо самодельными приборами, либо анализаторами зарубежных фирм, имеющими практически недоступное программное обеспечение, что сдерживает оснащение ЦМ отечественными измерительными комплексами и ведет к потере приоритета.

Научная проблема в применении ПМР для проточного онлайн-контроля состоит в постоянном изменении ПМР-сигналов – релаксационных кривых огибающих сигналов спин-эхо при проточном анализе. Это требует развития методов повышения достоверности/точности измерений и обработки постоянно меняющихся текущих массивов данных в процессе проточного экспресс-анализа.

В связи с развитием искусственного интеллекта на основе искусственных нейронных сетей лауреатов Нобелевской премии J. Hopfield и J. Hinton и технических возможностей ЭВМ предоставляется возможность это сделать сочетанием метода ПМР и ИИ поиском из базы релаксационных кривых, полученных за 40 лет естественным интеллектом, кривых – образов, наиболее близких к измеряемым (текущим), уточнением их параметров обратным преобразованием Лапласа, определением параметров, при которых эти кривые получены, настройкой режимов и параметров измерений (периода T и числа импульсов N , интервалов между ними τ_0 , длительности импульса δ , числа накоплений n , временных моментов t_d деления релаксационной кривой на компоненты) для проведения достоверных проточных измерений с малой неопределенностью (дисперсией). При этом термин «машинное обучение» – это неточный перевод словосочетания «machine learning», которое точнее переводится как «машинное изучение (знание)», то есть поиск-нахождение наиболее адекватных образов из базы данных для сопоставления с экспериментальными.

2. Научная новизна результатов работы

1. Экспериментально и математическим моделированием определены зависимости дисперсий σ измерений/обработки данных от соотношений параметров ПМР-релаксации (A_i , T_{2i}), длительности радиочастотного импульса δ и внешних условий – температуры, и методик измерений для настройки релаксометра ПМР к измерениям сигналов ПМР.

2. Получены теоретические значения теоретически правильных с использованием обратного преобразования Лапласа L^{-1} параметров ПМР для поиска в базе данных релаксационных кривых для выбора параметров измерения релаксометром (T, N, τ_0, n, t_0).

3. Разработан метод контроля канала измерений релаксометра ПМР, который позволяющий классифицировать состояние релаксометра по режимам: «Норма», «Не определено», «Неисправно».

4. Предложены новые методики проточного экспресс-контроля характеристик нефти в устье нефтедобывающих скважин с использованием ПМР-данных и моделирования в программе *LabView*.

5. Разработан алгоритм повышения точности (снижения неопределенности) проточного экспресс-контроля методом ПМР, заключающийся в следующих этапах:

- измерении текущей релаксационной кривой;
- использования методов искусственного интеллекта (на базе искусственных нейронных сетей) и градиентного спуска до оптимального экстремума при поиске в базе данных релаксационной кривой, наиболее близкой к текущей;
- поскольку оптимальный экстремум имеет неопределенность (достигающую $\pm 10\%$), необходимо уточнить ПМР-параметры (времена релаксации и амплитуды, населенности протонами фаз) с использованием обратного преобразования Лапласа;
- на основе новых ПМР-параметров из базы данных для релаксационной кривой ищется уточненная релаксационная кривая, которая вносится как новая в базу релаксационных кривых;
- определяются режимы и параметры измерений уточненной релаксационной кривой;
- на релаксометре ПМР в составе ПМРА устанавливается данный режим и параметры измерений;
- дальнейший процесс измерений производится с новыми настройками релаксометра в составе ПМРА;
- постоянно отслеживаются и корректируются режимы и параметры измерений по меняющимся (текущим) релаксационным кривым.

3. Научная и практическая значимость результатов

Теоретическая значимость результатов работы заключается в разработке основ методов повышения достоверности проточного экспресс-контроля на основе метода ПМР путем применения обратного преобразования Лапласа L^{-1} и искусственных нейронных сетей с использованием многослойного персептрона, математической статистики (метод 3σ), что способствует созданию нового класса измерительных средств, обладающих инновационными метрологическими и функциональными преимуществами; в обосновании методов дистанционного

контроля добычи нефти кустом скважин сочетанием ПМР и искусственного интеллекта.

Практическая значимость результатов работы заключается в следующем:

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, обработкой данных методами искусственного интеллекта.

2. Разработан метод контроля готовности релаксометра к измерениям и обработке данных в режиме «Норма» определением через обратное преобразование Лапласа L^{-1} теоретически точных 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 на многофункциональных автоматизированных цифровых интеллектуальных скважин (МАЦИС), патент на которую вошел в число 100 лучших по Российской Федерации за 2019-2020 гг.

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

Соискатель непосредственно участвовал в получении результатов, которые отражены в статьях и диссертации. Автор принимал участие в разработке алгоритма поиска с использованием искусственного интеллекта и по точным параметрам ПМР (A_i, T_{2i}, P_i), получаемым из спектров времен релаксации, релаксационных кривых, по которым определяются текущие настройки релаксометра ПМР для снижения неопределенностей в процессе проточных измерений, занимался разработкой метода контроля достоверности измерений с применением методов искусственных нейронных сетей, занимался проверкой достоверности полученных результатов, занимался определением основных параметров, характеризующих нейронную сеть и режим работы релаксометра ПМР в составе измерительного комплекса, разработанного программного средства контроля.

Автор принимал участие в создании и разработке с применением искусственных нейронных сетей схемы управления проточным анализатором ПМР кустом скважин нефтедобычи МАЦИС с расчетом характеристик нефти в устье скважины и проведении экспериментальных исследований под руководством научного руководителя Кашаева Р.С.

5. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертации подтверждается применением общепринятых методов неразрушающего

контроля. Теоретические результаты согласуются с имеющимися экспериментальными данными. Достоверность экспериментальных данных, полученных при исследовании метода ядерного (протонного) магнитного резонанса (ПМР) и релаксометра ПМР на его основе, обеспечивается применением аттестованных измерительных средств и апробированных экспериментальных методик, а также непротиворечивостью результатов измерений результатам, полученным другими авторами и известным положениям науки.

6. Соответствие диссертации научной специальности

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды по пунктам паспорта 1 – «Научное обоснование новых и усовершенствование существующих методов аналитического и неразрушающего контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»; 3 – «Разработка, внедрение и испытания приборов, средств и систем контроля природной среды, веществ, способствующих повышению надежности»; 6 – «Разработка математических моделей, алгоритмического и программно-технического обеспечения обработки результатов регистрации сигналов в приборах с целью автоматизации контроля и диагностики, подготовки их для внедрения в цифровые информационные технологии».

7. Полнота изложения результатов диссертации в работах, опубликованных автором

По результатам выполненных исследований опубликовано 14 научных работ, 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.

Статьи в отечественных рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных базах данных WoS и SCOPUS и приравненных к публикациям в изданиях, входящих в Перечень ВАК

1. Kashaev R.S., Kozelkova V.O., Ovseenko G.A., Karachin V.I., Kozelkov O.V. Multiparametric flow-through measuring complex for express control of oil quality using a proton magnetic resonance relaxometry method // Measurement Techniques. 2023. V. 66. № 5. P. 349-358 (статья в отечественном издании МБД, приравнено к ВАК К1, вклад соискателя – 40%).

2. Kozelkov O.V., Mikhailov A.G., Ovseenko G.A., Kozelkova V.O., Van Tung T., Kien N.Ch., Kashaev R.S. Technologies for rapid monitoring and treatment of oil to remove impurities in a mechatronic plant controlled by a hardware and software system using PMR relaxometry // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2023. V. 57. № 5. P. 1249-1253 (статья в отечественном издании МБД, приравнено к ВАК К1, вклад соискателя – 50%).

Статьи в зарубежных рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международной базе данных SCOPUS

3. Kashaev, R.S., Ovseenko, G.A., Kozelkova, V.O., Kozelkov, O.V., N.C. Kien., Tung T.V. Application of nuclear magnetic resonance for the express-control of water concentration // Proceedings of the 2022 4th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE 2022. С. 489 (статья в издании МБД SCOPUS, вклад соискателя – 40%).

4. Ovseenko, G.A., Kashaev, R.S., Kozelkov, O.V., Evdokimova, T.S., Mardanova, A.M. Improving the information veracity of the complex of multiparametric control of the relaxometer based on a neural network. // Proceedings of the 2023 5th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE 2023. С. 106-112 (статья в издании МБД SCOPUS, вклад соискателя – 50%).

Статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК по смежным специальностям

5. Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С., Хафизова А.Ш. Математическая модель мехатронного комплекса на основе метода контроля достоверности // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 10. С. 33-36 (статья в рецензируемом научном издании ВАК К2, вклад соискателя – 70%).

6. Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С., Чупаев А.В. Измерение концентрации солей и нефти в сточных водах протонно-магнитным релаксометром // Вода: химия и экология. 2023. № 3. С. 18-22. (статья в рецензируемом научном издании ВАК К2, вклад соискателя – 70%).

Публикации в изданиях, включенных в РИНЦ

7. Ovseenko G., Kozelkov O., Kashaev R., Trang T. Apparatus for on-line structure-dynamic analysis of oils by nuclear magnetic resonance relaxometry method // В сборнике: Scientific research of the SCO countries: synergy and integration. September 15, 2021. Beijing, PRC. Beijing, PRC, 2021. С. 190-194 (вклад соискателя – 60%).

8. Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С. Возможность применения нейронной сети в автоматические системы управления процессами добычи и подготовки

нефти. // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2022. № 1 (27). С. 48-53 (вклад соискателя – 70%).

9. Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В. Использование искусственных нейронных сетей для контроля достоверности измерений свойств нефтяных дисперсных систем релаксометром протонного магнитного резонанса. // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2022. № 31. С. 39-41 (вклад соискателя – 70%).

10. Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В. Мехатронный комплекс на основе метода ПМР и контроль достоверности его измерений // В сборнике: Технические и технологические системы. Материалы тринадцатой Международной научной конференции. Краснодар, 2022. С. 143-149 (вклад соискателя – 60%).

11. Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В. Алгоритм работы системы контроля функционирования приборно-программного комплекса на основе нейронной сети // В сборнике: Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. Материалы VIII Национальной научно-практической конференции. Казань, 2023. С. 91-95 (вклад соискателя – 70%).

12. Кашаев Р.С., Овсеенко Г.А., Козелков О.В. Контроль достоверности измерений методом ПМР-релаксометрии использованием нейронных сетей // В сборнике: Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. Материалы VIII Национальной научно-практической конференции. Казань, 2023. С. 96-98 (вклад соискателя – 80%).

13. Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С. Автоматическая система управления процессами добычи и подготовки нефти на основе нейронной сети // В сборнике: Энергия-2022. Семнадцатая всероссийская (девятая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: Материалы конференции. В 6-ти томах. Иваново, 2022. С. 20 (вклад соискателя – 80%).

14. Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В. Интеллектуальная система управления мехатронного комплекса при добыче и подготовки нефти // В сборнике: Национальная (с международным участием) научно-практическая конференция «Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения», 10-11 апреля 2024 года, г. Казань. С. 1004-1007 (вклад соискателя – 80%).

В перечисленных работах Овсеенко Галиной Анатольевной лично получены следующие результаты:

[1, 2, 3, 4, 5] – разработка методов снижения неопределенностей параметров ПМР: а) от неточности установки длительности радиочастотного импульса; б) по результатам математического моделирования дисперсий σ ПМР-параметров (A_i, T_{2i}) при разных их соотношениях и при наличии шума; в) устранением промахов; г) выбором подходящих импульсных методик измерений;

[4, 8, 9, 11, 12, 14] – разработка алгоритма поиска с использованием искусственного интеллекта и по точным параметрам ПМР (A_i , T_{2i} , P_i), получаемым из спектров времен релаксации, релаксационных кривых, по которым определяются текущие настройки релаксометра ПМР для снижения неопределенностей в процессе проточных измерений;

[3, 10, 11, 13] – разработка метода контроля состояния релаксометра ПМР с применением искусственных нейронных сетей и статистического «метода 3σ » для определения его готовности к измерениям/обработке данных;

[1, 5, 6, 7, 13, 14] – разработка с применением искусственных нейронных сетей схемы управления проточным анализатором ПМР кустом скважин нефтедобычи многофункциональных автоматизированных цифровых интеллектуальных скважин с расчетом характеристик нефти в устье скважины.

Все основные положения и результаты, выносимые на защиту, отражены в публикациях автора: по главе 2 – в [1, 2, 3, 4, 5], по главе 3 – в [4, 8, 9, 11, 12, 14], по главе 4 – в [3, 10, 11, 13], по главе 5 – в [1, 5, 6, 7, 13, 14].

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

8. Апробация работы

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

- VI-X Национальных научно-практических конференциях «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве», Казань, КГЭУ, 2020-2025 г.;

- «Энергия-2022», XVII Всероссийской (IX Международной) научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Иваново, ИГЭУ, 11-13 мая 2022г.;

- XXV Всероссийском аспирантско-магистерском научном семинаре, посвященном Дню энергетика, Казань, 2022г.;

- Межвузовском международном конгрессе «Высшая школа. Научные исследования», Москва, 10 ноября 2022г.;

- Международной научной конференции «Технические и технологические системы-22», ФГБОУВО «КубГТУ», КВВАУЛ им. А.К. Серова, г. Краснодар, 23-25 ноября 2022г.;

- 4th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE) March 23-25, 2022, Moscow, Russia;

- 5th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE) March 15-17, 2023, Moscow, Russia;

- Национальной (с международным участием) научно-практической конференции «Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения», 10-11 апреля 2024 года, г. Казань.

9. Ценность научных работ соискателя

В опубликованных автором работах содержатся следующие научные результаты:

1. Разработан метод снижения неопределенностей параметров ПМР от неточности установки длительности радиочастотного импульса применением импульсной последовательности Карра-Парселла-Мейбум-Гилла.

2. Разработан по результатам математического моделирования дисперсий σ ПМР-параметров (A_i, T_{2i}) при разных их соотношениях и при наличии шума метод снижения неопределенностей параметров ПМР путем: увеличения числа накоплений n для уменьшения σ ; изменения температуры измерений образца для увеличения времени релаксации T_{21} ; уменьшения периода запуска T серии импульсов для снижения значений A_{21} насыщением импульсами длинновременной компоненты T_{21} .

3. Разработан метод получения точных параметров ПМР (A_i, T_{2i}) применением к релаксационным кривым обратного преобразования Лапласа L^{-1} . Точные параметры необходимы для подбора с помощью искусственного интеллекта из базы данных релаксационной кривой, наиболее соответствующей экспериментально измеряемой на данный момент, а по ней – режимов измерения $(T, N, \tau_0, \delta, n)$.

4. Предложены два метода контроля готовности каналов измерения релаксометра ПМР. Первый метод основан на применении искусственных нейронных сетей, второй – на «методе 3σ » по ГОСТ-2013 ГСИ. Доверительный уровень в методе ИНС по сравнению с «методом 3σ » выше в 1,4 раза (99,8% против 72,6%), неопределенность контроля через искусственную нейронную сеть составила 0,25% по сравнению с 2,7% при методе 3σ .

5. Установлено, что многослойный персептрон со структурой МЛП 9-5-3 с девятью нейронами во входном слое, пятью в промежуточном и тремя в выходном слое более точен и чувствителен к определению режимов «Норма» и «Неисправно» по сравнению с аналогичным МЛП 9-25-3.

6. Разработана с применением искусственных нейронных сетей схема управления проточным анализатором ПМР кустом скважин нефтедобычи МАЦИС по патенту №2681738, вошедшему в число лучших 100 по РФ в 2019-2020-х годах.

7. Разработан набор методик вычисления по ПМР-параметрам в программе *LabView* характеристик нефти: плотности скважинной жидкости на участке «забой скважины – прием насоса» и объемного коэффициента жидкости B^* при разных давлениях на входе в центробежный насос для снижения неопределенности контроля процесса нефтедобычи.

10. Характер результатов

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

11. Выводы

Диссертация Овсеенко Г.А. «Методы обеспечения достоверности измерений при проточном экспресс-контроле характеристик нефти методом протонного магнитного резонанса» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержится решение задачи – разработка метода обеспечения достоверности измерений при проточном экспресс-контроле характеристик нефти методом протонного магнитного резонанса. Решение данной задачи имеет значение для развития теории и практики аналитического и неразрушающего контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.

В диссертационном исследовании обоснованы способы повышения достоверности измерений методом ПМР-релаксометрии характеристик нефти при зависимости их дисперсий σ от соотношений ПМР-параметров (A_i , T_{2i}), наличия шума, присутствия промахов, неточности установки длительности δ радиочастотного импульса, возбуждающего сигналы спин-эхо. С помощью искусственного интеллекта на основе информационных нейронных сетей из базы данных, полученных за 40 лет естественным интеллектом, подбираются наиболее подходящие для текущего (на данный момент) измерения релаксационные кривые. С их использованием определяются режимы и параметры измерений (T , N , τ_0 , δ , n , t_d), при которых они получены, вычисляются обратным преобразованием Лапласа спектры точных параметров ПМР (A_{Ti} , T_{2Ti} , P_{Ti}), определяется готовность релаксометра ПМР к измерениям и обработке больших объемов текущих онлайн данных.

Диссертация обобщает самостоятельные исследования автора, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые на защиту, свидетельствует о личном вкладе автора в науку. При выполнении диссертационной работы Овсеенко Г.А. проявила себя зрелым научным работником, способным ставить и решать сложные теоретические и практические задачи.

Работа соответствует критериям п. 9 – 14 Положения о присуждении ученых степеней Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертация «Методы обеспечения достоверности измерений при проточном экспресс-контроле характеристик нефти методом протонного магнитного резонанса» Овсеенко Галины Анатольевны рекомендуется к защите на соискание ученой 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 15 чел. Результаты голосования: «за» – 15 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 3 от «19» марта 2025 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