

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.310.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26 сентября 2025 г., № 8

О присуждении Арсланову Амиру Динаровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка новых методов и программно-технического обеспечения автоматизации измерений, диагностики состояния узлов и средств повышения надежности ПМР-анализатора нефти» по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды» принята к защите 25 июня 2025 г. (протокол заседания № 5) диссертационным советом 24.2.310.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Казанский государственный энергетический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51, приказ № 717/нк от 09.11.2012 г.

Соискатель Арсланов Амир Динарович, «02» мая 1997 года рождения, в 2021 году соискатель окончил магистратуру ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» по направлению подготовки «Электроника и наноэлектроника»;

в 2025 году окончил очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

Работает инженером-программистом в ООО «Интеграл Плюс», г. Казань.

Диссертация выполнена на кафедре «Приборостроение и мехатроника» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук Козелков Олег Владимирович, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», кафедра «Приборостроение и мехатроника», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

1. Вавилова Евгения Леонидовна, доктор физико-математических наук, Казанский физико-технический институт имени Е.К. Завойского – обособленное структурное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр РАН», г. Казань, лаборатория физики ферроиков и функциональных материалов, ведущий научный сотрудник;

2. Иванов Дмитрий Сергеевич, кандидат физико-математических наук, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, кафедра физики молекулярных систем, доцент,

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, в своем положительном отзыве, подписанном Евдокимовым Юрием Кирилловичем, доктором технических наук, профессором, кафедра «Радиоэлектроника и информационно-измерительная техника», профессором и Шахтуриным Денисом Владимировичем, кандидатом технических наук, доцентом, кафедра «Радиоэлектроника и информационно-измерительная техника», заведующим кафедрой, указала, что диссертационная работа Арсланова А.Д. предлагает новые научно-технические решения, внедрение которых может внести значительный вклад в развитие нефтяной отрасли страны и обновление программно-технического оснащения нефтяных

месторождений. Работу отличает всесторонний подход к исследованию рассматриваемых вопросов, последовательность изложения материала и оригинальность предложенных средств диагностики программно-измерительного комплекса. Выводы представляются обоснованными, а предложенные методики эффективными и целесообразными, что позволяет добиться значимых результатов в развитии цифрового приборостроения в нефтедобывающей отрасли. Работу можно охарактеризовать последовательностью повествования, наличием новых обоснованных научно-технических результатов и актуальностью разработок. Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям по пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, а ее автор Арсланов Амир Динарович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Соискатель имеет 51 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 работ общим объёмом 4,826 п.л. и авторским вкладом 1,995 п.л.: работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК – 2, общим объёмом 1,5 п.л. и авторским вкладом 0,54 п.л.; работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международной базе данных SCOPUS – 1, объёмом 0,68 п.л. и авторским вкладом 0,4 п.л.; свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ – 2, общим объёмом 0,4 п.л. и авторским вкладом 0,12 п.л.; работ, опубликованных в материалах международных, всероссийских и национальных конференций – 13, общим объёмом 2,246 п.л. и авторским вкладом 0,935 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Арсланов А.Д., Нгуен Дык Ань, Кашаев Р.С., Козелков О.В., Тунг Чан Ван. Анализатор нефти ПМРА-IV для автоматизированного контроля характеристик исследуемых образцов // Автоматизация в промышленности. 2025 №1. С. 50–53 (статья в рецензируемом научном издании ВАК К2, вклад соискателя – 60%).

2. Нгуен Дык Ань, Кашаев Р.С., Козелков О.В., Арсланов А.Д., Чан Ван Тунг. 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 (статья в рецензируемом научном издании ВАК К2, вклад соискателя – 30%).

3. Amir D. Arslanov, Rustem S. Kashaev, Oleg V. Kozelkov. System of oil express flow control on the basis of proton magnetic resonance relaxometry // International Russian Smart Industry Conference. «SmartIndustryConf 2024» – 2024. – P. 214–218 (статья в рецензируемом научном издании МБД SCOPUS, вклад соискателя 60%).

На диссертацию и автореферат поступило 4 отзыва. Из них положительных – 4. С замечаниями и вопросами – 4. Отзывы прислали:

1. Программист-аналитик отдела разработки программных продуктов ООО «ДАТАДЖАЙЛ», г. Санкт-Петербург, к.т.н. Горячев М.П. Вопросы и замечания: 1) в работе описаны методы диагностики ПМР-анализатора и автоматизации измерений, однако не всегда ясно, в какой мере алгоритмы учитывают возможное влияние внешних электромагнитных помех и дрейф характеристик аппаратных узлов при длительной эксплуатации. Этот аспект следовало бы раскрыть подробнее; 2) хотелось бы видеть более подробное исследование пределов применимости метода диагностики по уровням электромагнитных шумов – например, диапазон частот, для которых проводится их детектирование; 3) в интерфейсе программы управления релаксометром ПМР (рис. 5) в поле с названием «2. Интервал 90-180, мкс»

задано значение 500 мкс, что выходит за границы указанного в названии интервала. В чём причина несовпадения заданного значения с тем, что указано в названии?

2. Доцент кафедры «Медицинская инженерия» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» к.х.н, доцент Жукова И.В. Вопросы и замечания: 1) автор заявляет о разработке методики определения серы по ПМР-параметрам. Было бы полезно подробнее раскрыть сравнение метода с иными традиционными методами (например, ИК-спектроскопией или элементным анализом); 2) в работе поднимается вопрос температурных влияний при измерениях параметров анализируемых жидкостей. Желательно уточнить, насколько разработанные алгоритмы температурной коррекции универсальны для различных нефтей с отличающимся составом; 3) в работе недостаточно подробно приводится сравнение полученных результатов с аналогичными решениями других исследователей или инженеров, а также в автореферате не упоминаются экономические аспекты данных разработок.

3. Начальник отдела маркетинга ЗАО СКБ «Хроматэк», г. Йошкар-Ола, к.т.н. Раннев Е.В. Вопросы и замечания: 1) в работе не полностью раскрыты вопросы масштабируемости предложенных решений для промышленного применения; 2) отсутствует детальный анализ экономической эффективности внедрения разработанных методов и технических решений; 3) не все аспекты влияния внешних факторов (например, повышенных температур) на работу ПИК рассмотрены достаточно глубоко.

4. Профессор кафедры Радиоастрономии Института физики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», д.ф.-м.н., профессор Хуторова О.Г. Вопросы и замечания: 1) в автореферате не раскрыто обоснование выбора значений параметров электромагнитного поля при проектировании магнита предварительного намагничивания (рис. 9); 2) в автореферате отсутствует описание полного цикла работы спроектированного испытательного стенда.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Оппонент Вавилова Евгения Леонидовна является известным ученым в области физики магнитных явлений и ядерного магнитного резонанса, имеет соответствующие научные публикации.

Оппонент Иванов Дмитрий Сергеевич является специалистом в области исследования структурно-динамических свойств нефти и факторов, определяющих её реологические характеристики, имеет соответствующие научные публикации.

Ведущая организация, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева – КАИ», является крупным научным центром, занимающимся научной деятельностью по приоритетным направлениям развития науки, техники и технологий. Сотрудники кафедры Радиоэлектроники и информационно-измерительной техники занимаются разработкой и созданием автоматизированных систем измерения, контроля, диагностики и управления, скважинной геолого- и нефтеразведочной аппаратуры и приборов, нефтяных расходомеров, методов обработки сигналов, имеют соответствующие научные публикации и патенты.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны алгоритмы, программное обеспечение и средства диагностики технического состояния узлов релаксометра протонного магнитного резонанса ПМРА-IV по уровню электромагнитных шумов его электронных компонентов; метод и программное обеспечение автоматизации измерений по параметрам сигналов, фиксируемых ПМРА-IV, для следующих характеристик нефти: скорость потока (расход нефти), концентрация и расход воды в нефти, плотность нефти, её молекулярная масса, вязкость, температура застывания, концентрация смол асфальтенов, концентрация серы;

предложено использовать собственные измерительные каналы ПМР-релаксометра для неинвазивной диагностики его технического состояния без остановки функционирования; применять параметры измерительной последовательности импульсов в методике ПМР Карра-Парселла-Мейбума-Гилла (КПМГ) для определения исправности узлов релаксометра;

доказаны наличие корреляции между параметрами электромагнитных шумов электронных компонентов программно-измерительного комплекса (ПИК) ПМРА-IV и его техническим состоянием; эффективность предложенного подхода к диагностике и автоматизированным измерениям по критериям точности, воспроизводимости и надежности;

введены новые зависимости серосодержания нефти от ее ПМР-параметров в существующий математический аппарат определения её физико-химических свойств.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

исследована корреляция между серосодержанием в нефти и её ПМР-параметрами;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** комплекс существующих методов и средств диагностики и повышения надежности узлов радиоэлектронной аппаратуры, математические методы обработки информации и приемы построения стендового оснащения;

изложены этапы алгоритма автоматизированного определения свойств нефтепродуктов по ПМР-параметрам;

раскрыты вопросы повышения достоверности результатов измерений при автоматизированном ПМР-анализе измеряемых образцов нефтепродуктов;

изучена зависимость состояния узлов релаксометра ПМР от параметров импульсной последовательности КПМГ; зависимость состояния электронных узлов релаксометра от уровня выделяемого ими электромагнитного шума.

проведена модернизация ПИК ПМРА-IV и методик анализа свойств нефти по параметрам ПМР-релаксации.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены в опытную эксплуатацию на предприятии ООО «Интеграл Плюс», г. Казань, средства флюктуационно-шумовой диагностики радиоэлементов электронной аппаратуры; в образовательный процесс на кафедре «Приборостроение и мехатроника» Казанского государственного энергетического университета методика автоматизации обработки результатов измерений релаксометра ПМР в составе ПМРА-IV (имеются акты о внедрении и практическом использовании результатов);

определены перспективы практического применения разработанных новых методов и программно-технического обеспечения автоматизации измерений, диагностики состояния узлов и средств повышения надежности ПМР-анализатора нефти на предприятиях нефтяной промышленности;

создан испытательный стенд ПМРА-IVпр, который может быть использован при проектировании полноценных промышленных установок с автоматизированным контролем свойств нефти и самодиагностикой;

представлены для ПМР-анализатора нефти ПМРА-IV методики проведения измерений, а также рекомендации к проведению технических работ с применением разработанных средств самодиагностики.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, проведена калибровка испытательного стенда ПМРА-IVпр;

теория диагностирования радиоэлектронного оборудования (в частности ПИК) флюктуационно-шумовыми методами и по зависимостям от измерительной последовательности ПМР КПМГ согласуется с опубликованными теоретическими и экспериментальными результатами других авторов; выведенные зависимости содержания серы в нефти не противоречит известным из литературы данным;

идеи представленных в работе научно-технических решений базируются

на известных фундаментальных законах из теории соответствующих областей физики, неразрушающего контроля, приборостроения и автоматизации;

использовано сравнение данных, полученных традиционными методами исследования характеристик нефти, и данных автоматизированных измерений модифицированным комплексом ПМРА-IV;

установлены соответствие данных, полученных с помощью разработанного испытательного стенда ПМРА-IVпр, с данными, полученными по традиционным методикам; непротиворечивость экспериментальных результатов, выводов и моделей известным теоретическим положениям и данным работ других исследователей в этой области;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, измерительные приборы, прошедшие поверку.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в реализации методик самодиагностики состояния работоспособности элементов и узлов релаксометра путем определения избыточной интенсивности электромагнитных шумов средствами релаксометра ПМР; во внедрении средств повышения надежности и достоверности результатов измерений ПИК; в создании метода определения исправности по корреляции мощности передатчика релаксометра с параметрами измерительной последовательности КПМГ; в создании нового метода автоматизированного анализа релаксационных данных и характеристик исследуемой нефти, а также программы управления и контроля комплекса ПМРА-IV для его реализации; в разработке испытательного стенда ПМРА-IVпр; в участии в обсуждении полученных результатов и их представлении в публикациях.

Диссертационный совет рекомендует использование результатов диссертационной работы в образовательном процессе 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». Также рекомендуется внедрить применение ПМР-анализаторов

нефти, в которых были практически реализованы результаты диссертационного исследования, в нефтегазодобывающих отделениях ПАО «Татнефть».

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В работе, на наш взгляд, с методологической стороны недостаточно полно обоснованы и отражены испытания разработанных методик диагностики и автоматизации измерений ПМР-анализатора (*ведущая организация*).

2. Вопросы метрологии и оценки методической погрешности средств автоматизации измерений и контроля ПМРА-IV заслуживают большего внимания, чем это рассмотрено в диссертации (*ведущая организация*).

3. Недостаточно ясности в методике адаптации алгоритмического обеспечения автоматизации измерений и диагностики для образцов нефти других месторождений (*ведущая организация*).

4. Не представлена информация о влиянии внешних факторов (температуры окружающей среды, электромагнитного поля и т.д.) на процесс определения исправности плат релаксометра по их корреляции с параметрами измерительной последовательности в методике ПМР (*ведущая организация*).

5. При описании структуры и принципа работы испытательного стенда не уточняется способ гомогенизации исследуемого вещества (*ведущая организация*).

6. Хотелось бы видеть более подробное описание методики получения данных об интенсивности отказов элементов, представленных в таблице 2.1 (*ведущая организация*).

7. В разделе 2.3 желательно было привести экспериментальные распределения плотности вероятности исследуемых шумов для лучшего обоснования используемых критериев шумовой диагностики релаксометра ПМР (*ведущая организация*).

8. В работе, к сожалению, не приведено сравнение с имеющимися инженерными решениями подобных задач самодиагностики оборудования в мировой практике (*оппонент Вавилова Е.Л.*).

9. Из-за наличия нескольких компонент в исследуемых пробах нефти существует неоднозначность в определении содержания серы по времени ядерной релаксации (см., например, рис. 3.11 и 3.12, где одному и тому же времени релаксации можно сопоставить несколько различных уровней содержания серы). Какие предполагаются возможные ограничения или какова необходимость в дополнительной информации для получения достоверных однозначных результатов данного метода в реальных условиях (*оппонент Вавилова Е.Л.*)?

10. Также приходится отметить досадную нечеткость формулировок, определяющих, в чем именно заключается предложенный новый метод, заявленный в положении 2 (*оппонент Вавилова Е.Л.*).

11. Тезис о том, что релаксационное затухание, полученное от образца нефти, содержит только три (стр. 7, стр. 80) компоненты (фазы с точки зрения ЯМР релаксации) является, по меньшей мере, спорным. Автором не приведено доказательств правомерности такого разложения. При этом без достаточного обоснования постулируется, что измерений, полученных импульсной методикой КПМГ, достаточно для полноценного анализа образцов нефти, в том числе битумной. Анализ релаксационных параметров проводится без учета вклада твердотельной компоненты в сигнал ЯМР или, по меньшей мере, вклада от компонент с временами релаксации менее 100 мс. Не приведено доказательств того, что «фаза С пропорциональная концентрации асфальтенов с максимальным содержанием серы» (стр. 27). Отмечу, что именно асфальтены, находящиеся в нефти наряду с застеклованными смолами и кристаллическим парафином, дают твердотельный сигнал ЯМР – регистрация методикой КПМГ сигнала от данных «частиц» нефти невозможна (*оппонент Иванов Д.С.*).

12. В тексте диссертации встречается неоднозначность, а в ряде случаев некорректность в формулировках, например, «результаты измерений не зависят от того, в каком состоянии находится образец: в расслоенном или однородном», амплитуда сигнала спин-эхо не чувствительна к неорганическим примесям» и т.д.; об отсутствии исследований методом ЯМР содержания серы – можно

привести, например, работу [Barbosa L.L. et al. Application of low field NMR as an alternative technique to quantification of total acid number and sulphur content in petroleum from Brazilian reservoirs // Fuel. 2016. V. 176. P. 146-152], в которой данные исследования были освещены и т.д. (*оппонент Иванов Д.С.*).

13. Автором диссертации не приведено доказательств тестирования разработанного программного комплекса на предмет стабильности, производительности и корректности работы, также не продемонстрирован уровень погрешностей, например, на рисунках 3.7-3.11. Интересным было бы услышать комментарий диссертанта на предмет рассчитанного значения в 2800 часов безотказной работы (56 стр.) – чем обусловлено данное значение, и почему со временем вероятность безотказной работы не снижается? (*оппонент Иванов Д.С.*)

14. По поводу зеленой линии на графике вероятности безотказной работы с резервированием и плановыми работами на слайде 22: почему она становится через 2800 часов «единицей»? Диагностика других элементов происходит, или вы меняете полностью 100% всех элементов во время технического обслуживания? Вы считаете, что на графике все правильно? (*член совета Ваньков Ю.В.*)

15. По слайду 13: Да, если мы видим такую картину отклонения роста потребляемой мощности с ростом коэффициента заполнения от линейной, значит, там неисправность, но это не 100% только блок питания, у вас множество всяких элементов, и делать вывод о том, что у вас отклонение от линейной зависимости связано только с блоком питания, его неисправностью – это абсолютно неправильно. Это один из частных случаев. Если действительно отклоняется, это может быть блок питания, но не только. Блок питания может исправным быть, а в передатчике там уже неисправность (*член совета Гарифьянов Н.Н.*).

Соискатель Арсланов А.Д. согласился с замечаниями 1, 2 и ответил на остальные замечания следующим образом:

3. Хотел бы прояснить ответ на 3 вопрос сейчас. В работе мною написано,

что основной пласт работ происходил с использованием образцов Ромашкинского месторождения нефти. Также упоминалось, например, для формул, описывающих зависимость серосодержания от ПМР-параметров, что некоторые коэффициенты подбираются экспериментально. И было сказано, что значения коэффициентов для нефтей других месторождений могут отличаться. Исходя из этого, я бы сформулировал свой ответ так: «перед работой с определенным месторождением необходима дополнительная калибровка оборудования, как это обычно и делается даже со стандартным оборудованием, для коррекции некоторых коэффициентов. При начале эксплуатации это потребует дополнительных временных расходов, однако в дальнейшем не является необходимым в течение длительного времени. А оперативность метода по сравнению с традиционными будет все так же высока.

4. При определении реальной мощности, на входе стабилизатора напряжения в разрыве цепи на плате передатчика устанавливается известное сопротивление с подключенным к его выводам АЦП. По известным напряжению (снятому с АЦП) и сопротивлению узнаем значения мощности и тока. Соответственно, при определении мощности используем для корректировки формулы с температурным коэффициентом сопротивления, который указывается в документации на используемый радиоэлемент. То же самое и для АЦП, в документации имеется зависимость ухода значений от температуры (которая определяется встроенным датчиком температуры). Для уменьшения влияния помех резистор устанавливается на минимальном расстоянии от входов АЦП, сам анализатор экранируется, дифференциальный режим АЦП также хорошо подавляет синфазные помехи и производит многократное измерение необходимой величины с последующим усреднением. Непосредственной проверки влияния сильного электромагнитного поля не было, хотя, предполагая это, были использованы всевозможные защиты от искажения данных и была проверка совпадения данных при испытаниях на стенде.

5. В представленном в работе стенде для гомогенизации вещества

используется 2 механизма: 1-й – это перепад давлений в соответствии с уравнением Бернулли при входе в измерительную емкость жидкости и при заборе проб патрубком; 2-й механизм гомогенизации также связан с конструкцией используемого насоса, который является шестеренчатым и дробит капли циркулирующей нефти и тем самым делает смесь нефти и воды однородной.

6. Расчёт интенсивностей отказов внизу таблицы, о которой говорится в замечании, указан, однако, видимо, не был расписан более подробно должным образом, раз оставил за собой какие-то вопросы.

7. Замечание представляется обоснованным. В рамках работы соответствующие исследования проводились, однако в целях компактности в основной текст данная информация уже включена не была. В самой же презентации теоретическое было распределение.

8. 3 решения упоминалось: определение исправности узла питания по параметрам импульсной последовательности КПМГ, диагностика общего канала по огибающей сигналов спин-эхо, диагностика отдельных элементов с детектором шума и мультиплексором.

Определение исправности узла питания. Наиболее близкими решениями являются усилители сигналов компании Bruker, узлы лучшего аналога MRFM Krohne, также в некоторых трудах отдельных ученых были исследования. Во всех этих работах отслеживается тенденция контроля отдельных параметров, однако конкретно применения данного метода решения задачи контроля узла питания мною в литературе обнаружено не было.

По диагностике в общем канале. Также, у той же компании Bruker есть решения, связанные со сравнением эталонных записанных значений с новыми измерениями. Но в их случае мною не было обнаружено упоминаний о диагностике неисправности аппаратной составляющей, там речь шла больше о калибровке измерений. Также в трудах ученых встречались исследования о связи шумов и полезного сигнала при анализе методом ПМР, однако тоже речь шла там не столько о диагностике электроники, сколько об отделении шумов от

полезного сигнала при обработке данных. Допускаю, что, может быть, похожие решения где-то есть, но в контексте именно ПМР анализатора я их не обнаружил.

По диагностике отдельных элементов с детектором шума и мультиплексором. На научную новизну я здесь не претендую. Использовались стандартные схемотехнические решения.

9. На тех графиках одни и те же значения времен релаксации соответствуют разным фазам и разным образцам, которые предварительно определяются с разделением по огибающей сигналов спин-эхо. И здесь необходимо все-таки иметь заранее общие представления о том, каковы соотношения фаз, полученные другими методами (чтобы соотнести с коэффициентами при каждом вкладе в релаксацию). То есть необходима калибровка оборудования с использованием образцов известного содержания серы и известного состава. Это улучшит точность и уменьшит вероятность перекрытия значений. Также я хотел бы в пользу данного метода ещё назвать корреляцию, например, концентрации серы с другими параметрами, например вязкостью (которую также можно ПМР-анализатором изучить) и таким образом, благодаря данным корреляциям, можно уточнить получаемые результаты. В то же время отчасти я соглашусь, что этот нюанс, описанный в замечании, все-таки влияет на неопределенность измерений.

10. Положение: Новый метод автоматизации экспресс-контроля основных характеристик нефти и её серосодержания по параметрам ПМР-релаксации, алгоритмы и программно-техническое обеспечение для его реализации.

Частично согласен, что в формулировке, действительно, сейчас есть излишнее обобщение некоторых понятий. Если конкретизировать, новизна заключается, во-первых:

– в совокупности примененных алгоритмов аппроксимации и статистической обработки релаксационных кривых, позволяющих уменьшить неопределенность измерений;

– в реализации этих алгоритмов в виде программно-технических средств,

обеспечивающих экспресс-контроль.

Таким образом, новизна положения заключается в создании метода автоматизированного анализа на базе ПМР, объединяющего алгоритмический и программно-технический уровни в единый автоматизированный комплекс для экспресс-контроля нефти в производственных условиях.

Также хотел бы подчеркнуть, что представленные в работе исследования для корректировки данных измерений по параметрам магнитов и температуре можно отнести к алгоритмической составляющей в качестве инструмента уточнения полученных данных.

11. В плане разложения на три фазы я опирался на диссертацию и работы своего научного руководителя и на исследования, проведенные научной школой профессора Кашаева, и доказательства правомерности такого разложения были приведены ранее в их работах, поэтому в мою диссертацию это не было включено. Я же работал уже с данной моделью и только опирался на нее. По поводу другой части замечания: я с Вами совершенно согласен, что фазу *C* нельзя отнести полностью к асфальтенам и к их полиароматической структуре, но здесь я её относил к адсорбционно-сольватному слою из алканоподобных цепочек асфальтенов, как это было предложено в работах профессора Кашаева в предложенной им модели сложной структурной единицы.

Здесь, возможно, правильнее было бы, как мне это сейчас представляется, использовать модель Злобина А.А. из его работы «Влияние фрактальной размерности асфальтеновых агрегатов на макросвойства нативной нефти». По этой модели ближайший к ядру адсорбционно-сольватный слой в наибольшей степени подвержен влиянию свободных электронов полиароматики асфальтенов и, соответственно, имеет более короткие времена спин-спиновой релаксации для фазы *C*, которые вследствие довольно высокой молекулярной подвижности цепочек вполне измеримы методом КПМГ. Внешний сольватный слой сложной структурной единицы из смол, ароматики и алканов меньше подвержен влиянию радикалов и электронов, и потому, имеет времена

релаксации для фазы *B*, имеющие промежуточные значения между фазой *C* и фазой *A* дисперсионной среды.

12. Хотелось бы сначала прояснить неясности по поводу серы. В диссертации формулировки именно об «отсутствии исследований методом ЯМР содержания серы» я при повторном её прочтении не обнаружил. Возможно, в формулировках было что-то похожее по смыслу, но таковой точно не имелось. В плане именно новизны работы там отмечалось, что необходимо разработать экспресс-методику определения такого важного параметра, как уровень содержания серы, поскольку это одна из немногих основных характеристик нефтепродуктов, для которой ранее не проводились измерения вышеуказанным анализатором. Далее по тексту если и говорилось о чем-то новом в контексте определения серосодержания, то о методике и о её применении в программно-измерительном комплексе или о «новом методе автоматизации», куда определение серосодержания также входит.

Относительно первого высказывания: «результаты измерений не зависят от того, в каком состоянии находится образец: в расслоенном или однородном». С этой частью замечания я согласен, в этом месте я позволил себе грубую неточность и хотел бы сказать, что я бы данный участок работы сейчас заменил дословно на «Метод ПМР-релаксационных измерений позволяет получать воспроизводимые результаты как для однородных, так и для частично расслоенных образцов нефти, поскольку измеряемые параметры (например, времена спин-спиновой и спин-решеточной релаксации) зависят преимущественно от свойств углеводородной фазы».

По поводу второго высказывания. Цитирую из диссертации: «амплитуда сигнала спин-эхо не чувствительна к неорганическим примесям». Здесь я бы тоже хотел немного поменять формулировку, сказав, что «практически не чувствительна», однако в большинстве формул, используемых в релаксометре, этими влияниями можно пренебречь, и в спорных моментах (которых возникает немного) верифицировать данные, сравнив значения величин, полученные из разных ПМР-параметров.

Однако основной смысл, здесь который я закладывал в этих абзацах, это то, что метод ПМР имеет большие преимущества в вопросах пробоподготовки относительно традиционных методов. Точнее, то, что в пробоподготовке практически нет необходимости.

13. График на странице 56, на котором отображается изменение вероятности безотказной работы системы в различных конфигурациях, был получен на основании расчетов по методикам ГОСТ. Соответственно сначала был проведен расчет системы без резервирования, по которому была получена нижняя кривая на графике. Поскольку вероятность безотказной работы устройства оказалась неудовлетворительной, было принято решение провести резервирование элементов системы с расчетом оптимального числа резервирующих элементов по методикам, описанным в книгах Ушакова И.А. (д.т.н., профессор, специалист по теории надежности). Далее, для резервированной системы была выбрана минимальная вероятность безотказной работы, при которой не рекомендуется дальнейшая работа прибора без проведения диагностики. Вероятность безотказной работы к моменту проведения диагностики сама по себе должна регламентироваться конечным потребителем, но в данном комплексе не рекомендуется проводить ее реже, чем каждые 2800 часов. В вашем вопросе прозвучало также «Почему со временем далее вероятность безотказной работы не снижается». Это справедливо только для зеленого графика, однако это как раз график, где каждые 2800 часов должны проводиться плановые технические работы с использованием новых средств диагностики.

С оставшейся частью замечания соглашусь, хотя хотелось бы отметить, что исследования по сере имеют не самые первостепенные места в структуре моей работы и, на мой взгляд, ряд подобных мест может быть представлен с упущением части данных. Это, к слову, о недостатке статистических данных.

14. Становится приближенной к единице потому, что наиболее уязвимые компоненты при выходе из строя или деградации, достигшей недопустимых значений, просто заменяются, и именно основные функции, которые должен

выполнять анализатор, снова будут выполняться. Непосредственно для основных элементов производятся работы, и базовый функционал для анализатора будет выполняться. Я не говорю обо всех. Для полноценного анализатора там есть и забор проб, где ещё механические условия учитываются, здесь больше электронная часть самой измерительной части. Зависимости на графике считаю правильными.

15. Помимо анализа блока питания есть ещё и диагностика по уровню электромагнитных шумов для отделения.

На заседании 26 сентября 2025 года **диссертационный совет принял решение** за решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, присудить Арсланову Амиру Динаровичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 13, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета

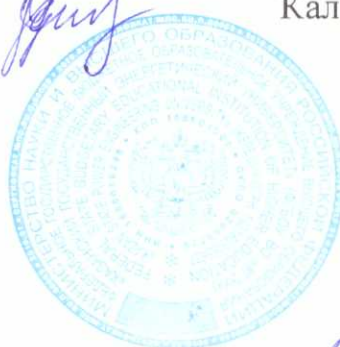
Ившин Игорь Владимирович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Калимуллин Рустем Ирекович

26 сентября 2025 г.



Ившина И. В., Калимуллина Р. И.
подпись
Хабибраимова О. А.
Специалист ОК