

ОТЗЫВ

официального оппонента к.ф.-м.н. Иванова Дмитрия Сергеевича на диссертационную работу Арсланова Амира Динаровича на тему «Разработка новых методов и программно-технического обеспечения автоматизации измерений, диагностики состояния узлов и средств повышения надежности ПМР-анализатора нефти», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8. «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Актуальность темы диссертационной работы

В современных условиях активное развитие приборостроения становится не просто задачей экономического характера, а необходимым условием обеспечения национальной безопасности и технологического лидерства в ключевых отраслях промышленности и науки. К одной из таких отраслей в Российской Федерации относится нефтяная промышленность. При этом неотъемлемой частью развития наукоемких технологий и отечественного приборостроения является оснащение последних системами самодиагностики и достижение высокого уровня надежности оборудования.

С другой стороны, реализация систем автоматического контроля работы оборудования должна быть сопряжена с созданием экспресс-анализатора, совмещающего в одном приборе возможности самодиагностики, высокой надежности при эксплуатации и корректного измерения параметров нефти. Перспективным направлением для решения данной задачи является применение анализаторов на основе явления ядерного магнитного резонанса (ЯМР), в которых возможно использование технологий анализа электромагнитных шумов от электронных узлов комплекса средствами самого анализатора. Метод диагностики по уровню электромагнитного излучения известен при исследовании дефектов и отбраковке компонентов в электронике, электротехнике и узлах радиоэлектронной аппаратуры. В то же время метод ЯМР является одним из наиболее информативных методов изучения структуры и динамики молекулярных систем, эффективность которого применительно к задачам нефтяной промышленности показана в многочисленных работах Казанской научной школы, представляется наиболее подходящим для базовой модернизации и внедрения систем автоматической диагностики. Сложность объекта исследования и недостаток информации об основных физико-химических параметрах нефти диктуют необходимость проводить

исследования на оборудовании, отвечающем наивысшим стандартам автоматизации и надежности.

Приведенные соображения свидетельствуют о несомненной актуальности решаемой в диссертации А.Д. Арсланова задаче – разработке новых методов и соответствующего программно-технического обеспечения автоматизации измерений, диагностики состояния узлов анализатора нефти без остановки его работы и средств повышения надежности данного комплекса.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, и их новизна

Представленные в работе данные базируются на оригинальных результатах, а именно ряде программных решений, апробированных в ходе выполнения диссертационной работы, методах автоматизации, реализованных на испытательном стенде ПМРА-IVпр. Достоверность получаемых данных обеспечивается адекватностью используемых методов поставленным задачам, воспроизводимостью результатов измерений, сопоставимостью результатов с литературными данными, полученными ранее другими исследователями.

Для обработки результатов использованы апробированные ранее методики, а также специально разработанные программные продукты, на которые получены свидетельства о государственной регистрации. Диссертация обладает логической структурой. Все научные положения диссертации опубликованы в рецензируемой научной периодике и доложены на профильных конференциях, став достоянием широкой научной общественности.

Структура работы, последовательность изложения материала и логика выводов соответствуют поставленной задаче. Научные положения, выводы и рекомендации диссертации следует признать в достаточной мере **обоснованными**.

Достоверность полученных автором результатов в том числе обусловлена:

- применением экспериментальных методов, конкретных импульсных последовательностей и методов обработки первичных данных, ранее проверенных в исследованиях других авторов;
- корректной постановкой задач, подтверждается независимой экспертизой, проведенной при рецензировании опубликованных статей и регистрации объектов интеллектуальной собственности, использованием фундаментальных принципов физики;

- применением высокоточной измерительной аппаратуры, совпадением теоретических результатов с экспериментальными исследованиями, высокой повторяемостью, а также отсутствием противоречий с опубликованными данными других исследователей.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- реализованы алгоритмы, методы и средства диагностики технического состояния ПИК по избыточному уровню электромагнитных шумов его электронных узлов, определяемых собственными средствами ПМР-релаксометра без остановки его функционирования.
- разработана методика расчета числовых параметров диагностических характеристик надежности узлов ПИК, определяемых по параметрам измерительной последовательности импульсов в методе ПМР.
- предложены алгоритмы и разработано программное обеспечение автоматизации измерений серосодержания и большинства характеристик нефти по параметрам сигналов измерений ПМРА-IV

Новизна разработки подтверждена двумя свидетельствами о государственной регистрации программы для ЭВМ № №RU2024682954 от 1.10.2024 и RU2024615694 от 12.03.2024. Ряд результатов диссертации внедрены в учебный процесс Казанского государственного энергетического университета, а также на предприятии ООО «Интеграл Плюс» при производстве и поддержании работы радиоэлектронной аппаратуры.

Общие замечания и недостатки диссертационной

По представленной работе возникли следующие замечания.

1. 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 проведено 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 твердотельной сигнал ЯМР – регистрации методикой КПМГ сигнала от данных «частиц» нефти невозможна;

2. 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.

3. Автор 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?

В качестве пожелания к дальнейшей работе рекомендую указать в разработанном методе требования к степени обезвоженности образца нефти, а также при сравнении с эталонным сигналом (стр.63) учитывать форму, объем и геометрию образца.

Диссертация сравнительно небольшого объема содержит большое количество результатов и предлагает новые подходы к повышению надежности и автоматизации ПМР-анализаторов.

Автор изучил физико-химические аспекты технологических проблем при работе с нефтяным сырьем, успешно применив современные экспериментальные методы и программные решения. Есть все основания полагать, что предложенные решения по автоматизации и повышению уровня надежности будут далее востребованы и получат развитие применительно не только к нефтяной области, но и к задачам химической технологии, фармацевтики, биотехнологии.

Выводы диссертации соответствуют ее содержанию.

Автореферат диссертации верно и полно отражает основные результаты, положения, научную новизну, практическую значимость, выводы диссертации и личный вклад автора.

По теме диссертации опубликовано 18 работ, в том числе 3 статьи в изданиях, входящих в список ВАК, реестры Scopus и Web of Science, 13 докладов на российских и международных конференциях, получено два свидетельства о государственной регистрации программы ЭВМ.

Диссертация Арсланова А.Д. является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком научном уровне и изложенной в хорошем научном стиле. Диссертационная работа заслуживает положительной оценки.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.

Диссертационная работа Арсланова Амира Динаровича «Разработка новых методов и программно-технического обеспечения автоматизации измерений, диагностики состояния узлов и средств повышения надежности ПМР-анализатора нефти», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8. «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задач автоматизации, диагностики состояния узлов и внедрения средств повышения надежности анализаторов нефти на основе методов протонного магнитного резонанса. Данные решения имеют значение для развития теории и практики аналитического и неразрушающего контроля.

Диссертация Амира Динаровича Арсланова соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, в редакции от 25.01.2024 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Официальный оппонент

кандидат физико-математических наук,

доцент кафедры физики молекулярных систем

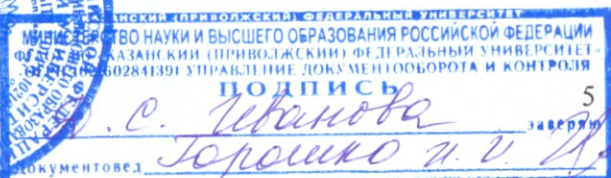
Института физики

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

420008, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, Кремлевская, д. 16а

Тел. +7 (843) 233-72-82, эл. почта: f.ma.dima@mail.ru

Иванов Дмитрий Сергеевич _____



2 сентября 2025 г

С. Иванова
Торошко И. В.