

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук Вавиловой Евгении Леонидовны 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.

### **1. Актуальность темы исследования**

Диссертация А.Д. Арсланова посвящена разработке новых методов и программно-технического обеспечения автоматизации измерений, диагностики состояния узлов проточного анализатора нефти третьего поколения ПМРА-IV (протонный магнитнорезонансный анализатор 4 поколения) без остановки его работы и средств повышения надежности этого комплекса.

Внедрение методов автоматического неразрушающего контроля в процессе добычи нефти позволят значительно повысить надежность и безопасность эксплуатации оборудования при одновременном снижении затрат на его обслуживание. Современные условия добычи характеризуются высокой нагрузкой на трубопроводы и насосные установки, что увеличивает риск возникновения дефектов и аварийных ситуаций. Автоматизация и неразрушающий контроль обеспечивает оперативное выявление потенциально опасных факторов, предотвращая экологические катастрофы, связанные с утечкой нефти и ранний износ оборудования, а также позволяет повысить эффективность эксплуатации старых месторождений, в том числе содержащих такие сложные для нефтедобычи и транспортировки примеси как сера. Современный курс на технологическую независимость страны выводит на передний план создание современного эффективного

отечественного оборудования для нефтедобычи. При этом используемые в полевых условиях приборы должны быть не просто удобны в эксплуатации, но и по возможности не требовать постоянного обслуживания специалистом. Наличие функции самодиагностики позволяет повысить надежность оборудования, сократить временные и финансовые затраты на его обслуживание, а также упростить процесс профилактических работ.

Таким образом, исследования, проведенные в диссертации А.Д. Арслановым, целью которых являлась разработка новых методов и программно-технического обеспечения автоматизации измерений, диагностики состояния узлов ПМР-анализатора нефти, можно считать актуальными, как с научной, так и с практической точки зрения.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав (первая – обзорная, предоставляющая сведения, необходимые для понимания степени разработанности темы и дальнейшего изложения, три следующие содержат оригинальные результаты), заключения, списка литературы и шести приложений, содержащих программный код, а также копии свидетельств о внедрении, регистрации и верификации результатов. Личный вклад диссертанта конкретно сформулирован во введении и представляется преобладающим и решающим для достижения целей работы.

## **2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, и их новизна**

Для достижения указанной выше цели диссертационной работы соискателем сформулированы и решены следующие задачи:

1. Теоретические и экспериментальные исследования процессов измерения методом ПМР с целью выявления диагностических признаков оценки технического состояния узлов релаксометра программно-измерительного комплекса (ПИК) ПМРА-IV и разработки нового метода их диагностики по параметрам измерительной последовательности Карра-Парселла-Мейбум-Гилла.

2. Разработка программно-технического обеспечения для реализации метода диагностики состояния релаксометра ПИК ПМРА-IV путем определения уровня электромагнитных шумов его электронных компонентов собственными средствами релаксометра.

3. Внедрение в ПИК ПМРА-IV средств увеличения точности измерений и резервирования ключевых узлов системы для повышения надежности комплекса.

4. Усовершенствование программы управления системой пробоотбора ПИК для повышения точности забора проб подвижным патрубком и обеспечения возможности перехода к более надежной плате управления.

5. Разработка нового метода автоматизации проточного экспресс-контроля основных характеристик нефти и её серосодержания по параметрам ПМР-релаксации, а также программы управления ПМР-анализатором для его реализации.

6. Разработка испытательного стенд ПМРА-IVпр для отработки средств повышения надежности ПИК ПМРА-IV, а также новых методов его диагностики и автоматизации измерений свойств нефти по параметрам ПМР.

В ходе решения поставленных задач А.Д. Арслановым получены следующие результаты:

1. Проведены исследования, в результате которых был разработан новый метод определения исправности узла питания ПМР-релаксометра ПИК по зависимости мощности его передатчика от коэффициента заполнения импульсов в измерительной последовательности КПМГ.

2. Разработано программно-техническое обеспечение для реализации метода диагностики состояния релаксометра ПИК ПМРА-IV путем определения уровня электромагнитных шумов его электронных компонентов собственными средствами релаксометра.

3. Внедрены средства повышения надежности ПИК путем резервирования его элементов, сделан расчет числа резервирующих блоков и радиоэлементов плат релаксометра ПМР. Дублированием источника питания

и резервированием элементов плат релаксометра в составе ПИК достигнута вероятность безотказной работы всего комплекса в 92% для 1000 часов эксплуатации.

4. Проведены математические расчёты в среде MATLAB и физическое моделирование на стенде, в результате которых были разработаны алгоритмы прогнозирования надежности ПИК и получены соответствующие графики. Полученные зависимости отражают вероятность безотказной работы ПИК во времени для устройства: с резервированием без проведения технических работ, без резервирования и проведения технических работ, а также с учетом проведения рекомендуемой самодиагностики и плановых технических работ резервированной системы каждые 2800 ч.

5. Внедрены средства снижения следующих факторов, негативно влияющих на точность измерений ПИК: изменения поля и температуры магнита, форма катушки датчика ПМР, неточность установки длительности измерительных  $90^\circ$  импульсов, зависимость времен релаксации от температур образцов, динамические нагрузки от потока и недостатки системы пробоотбора предыдущего поколения.

6. Разработаны и апробированы метод автоматизации проточного экспресс-контроля основных характеристик нефти и её серосодержания по параметрам ПМР-релаксации, а также программа управления ПМР-анализатором для его реализации.

7. Разработан испытательный стенд ПМРА-IVпр для отработки средств повышения надежности ПИК ПМРА-IV, а также новых методов его диагностики и автоматизации измерений свойств нефти по параметрам ПМР.

Полученные А.Д. Арслановым результаты соответствуют поставленной цели и задачам и отражают научную новизну исследования. Предложенные автором диссертации решения аргументированы и подтверждены расчетами, анализом существующих подходов и экспериментальными исследованиями на разработанном стенде.

Достоверность результатов диссертационного исследования А.Д.

Арсланова подтверждается их согласием с известными физическими моделями и инженерными решениями, повторяемостью и сопоставлением с существующими результатами в данной области, апробацией на профильных научных конференциях и практическим тестированием по результатам внедрения на предприятии ООО «Интеграл Плюс» и в учебной лаборатории ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

Обоснованность приведенных в диссертации выводов подтверждается публикациями в рецензируемых научных журналах, индексируемых в международных базах данных, включая SCOPUS, перечне ВАК, обсуждениями на научных конференциях, а также проведенной экспертизой объектов интеллектуальной собственности.

### **3. Общие замечания и недостатки диссертационной работы**

Диссертационная работа производит общее положительное впечатление, в частности, мне хочется особо отметить создание испытательного стенда для отработки средств повышения надежности ПИК ПМРА-IV. Также, помимо основных результатов работы, при чтении диссертации впечатляет хороший обзор существующих методов диагностики и средств повышения надежности измерительных комплексов (п.1.2 – 1.6), проведенное исследование множества физических параметров нефти в зависимости от содержания серы (п.3.2), четко и наглядно прописанные алгоритмы тестирования оборудования, указание авторских публикаций у каждой главы и сравнительно небольшое число опечаток и технических погрешностей. В то же время к работе есть ряд вопросов и замечаний, а именно:

1. Каков частотный диапазон шумов, регистрируемых при диагностике, описанной в параграфе 3 главы 2? Почему выбраны именно такие значения?

2. На каком именно каскаде блока питания (от аккумулятора до выходной цепи передатчика) измеряется мощность в процедуре, описанной в п.2.4? Почему выбран такой метод, а не прямая установка датчиков на выходе каждого каскада?

3. В работе, к сожалению, не приведено сравнение с имеющимися

инженерными решениями подобных задач самодиагностики оборудования в мировой практике.

4. 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?

5. Также приходится отметить досадную нечеткость формулировок, определяющих, в чем именно заключается предложенный новый метод, заявленный в положении 2.

#### **4. Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям «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» представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8. «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Научная новизна, основные результаты и выводы диссертации А.Д. Арсланова соответствуют следующим пунктам специальности: 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»; 2 – «Разработка методологий прогнозирования работоспособности и остаточного ресурса изделий, направляющих оптимизацию методов, приборов, систем контроля и диагностирования изделий, повышение 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»; 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».

Основные научные результаты диссертации А.Д. Арсланова опубликованы в рецензируемых научных изданиях, включая 1 статью в рецензируемом научном издании, индексируемом в международной базе данных SCOPUS; 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК (категория К2) по специальности диссертации; 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ; 13 публикаций в сборниках материалов докладов международных и всероссийских конференций.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

В целом диссертация А.Д. Арсланова является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлены новые научно обоснованные технические решения и разработки, а именно,

1. Новый метод определения исправности узла питания релаксометра ПМР по зависимости мощности его передатчика от коэффициента заполнения импульсов в измерительной последовательности КПМГ и разработанное программно-техническое обеспечение диагностики работоспособности основных узлов релаксометра в составе ПИК ПМРА-IV.

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

3. Испытательный стенд ПМРА-IVпр для отработки средств

повышения надежности ПИК ПМРА-IV, а также новых методов его диагностики и автоматизации измерений свойств нефти по параметрам ПМР.

Данные решения и разработки имеют существенное значение для развития научного приборостроения и нефтедобывающей отрасли страны.

Диссертация Амира Динаровича Арсланова соответствует требованиям, установленными пунктами 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842) в редакции от 25.01.2024 г., которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата наук.

Считаю, что Арсланов Амир Динарович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Ведущий научный сотрудник лаборатории физики ферроиков и функциональных материалов Казанского физико-технического института имени Е. К. Завойского – обособленного структурного подразделения ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр РАН», доктор физико-математических наук (420029, г. Казань, ул. Сибирский Тракт, 10, Тел.: +7 (843) 272 05 03, [e.vavilova@knc.ru](mailto:e.vavilova@knc.ru))

*Е.Л. Вавилова*  
*Евгения Леонидовна Вавилова*

*02.09.2025*

Подпись Е.Л. Вавиловой заверяю  
 Главный ученый секретарь  
 ФИЦ КазНЦ РАН  
 к.х.н.



*С.А. Зиганшина*

Зиганшина С.А.

*Руководитель  
 КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН*

*С.М. Кантимеров*