

ОТЗЫВ

**официального оппонента, доктора технических наук, профессора
кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами»
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»**

Астапова Владислава Николаевича

**на диссертацию Овсеенко Галины Анатольевны, на тему
«Методы обеспечения достоверности измерений при проточном
экспресс-контроле характеристик нефти методом протонного
магнитного резонанса»,**

**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 диссертации

Инновационное развитие российской нефтегазовой отрасли предполагает создание цифровых месторождений, что в свою очередь повышает требования к достоверности определяемых характеристик нефти. Данная задача решается активным использованием цифровых технологий и искусственных нейронных сетей. В основе работы таких месторождений лежит сбор данных о характеристиках сырья, который в настоящее время производится импортными анализаторами с различной точностью и основанными на разных физических принципах.

Однако сложившиеся сегодня условия в области разработки отечественных информационно-измерительных систем для контроля параметров нефти нельзя признать удовлетворительными.

На российских месторождениях наблюдается дефицит отечественных интеллектуальных измерительных систем, способных контролировать весь спектр характеристик добываемой нефти. В этом контексте недостаточно оценены возможности метода ядерного (протонного) магнитного резонанса (ПМР) и основанных на нем релаксометров. Метод ПМР и анализаторы на

его основе (ПМРА) являются наиболее подходящими для оснащения цифровых месторождений, так как этот метод является бесконтактным, неразрушающим и быстрым.

Это позволяет релаксметру в составе ПМРА осуществлять многопараметрический, многофазный контроль характеристик сырой нефти в потоке по ряду ПМР-параметров. Эти параметры коррелируют с характеристиками компонентов нефти, например, с плотностью скважинной жидкости. ПМРА позволяет управлять многими процессами на нефтепромысле, поскольку не требует пробоподготовки. Методические ошибки могут быть минимизированы в режиме онлайн за счет многократного усреднения измерений и обработки данных с высокими коэффициентами корреляции, благодаря высокой скорости измерений.

Главная научная проблема при использовании ПМР для непрерывного онлайн-контроля заключается в постоянно меняющемся характере ПМР-сигналов, а именно релаксационных кривых огибающих сигналов спин-эхо при проточном анализе. Это ставит задачу разработки новых методов для повышения достоверности и точности измерений, а также для эффективной обработки постоянно изменяющихся массивов данных, получаемых в процессе проточного экспресс-анализа.

С развитием искусственного интеллекта на базе нейронных сетей предлагается новый подход: объединить метод ПМР с искусственным интеллектом для анализа релаксационных кривых. Суть идеи заключается в поиске в обширной базе релаксационных кривых, накопленных за 40 лет «естественным» интеллектом, «кривых – образов», наиболее близких к текущим измеряемым данным. После выявления таких «образов» будет проводиться уточнение их параметров с помощью обратного преобразования Лапласа. Это позволит определить условия, при которых были получены исходные кривые, и настроить режимы и параметры измерений ПМР для проведения достоверных проточных анализов с минимальной неопределённостью (дисперсией).

Исходя из вышесказанного, диссертация Овсенко Г.А., посвящённая разработке методов обеспечения достоверности измерений при проточном экспресс-контроле характеристик нефти методом протонного магнитного резонанса, представляется весьма **актуальной** и обладает значительной **научной и практической ценностью**.

Научная новизна

1. Экспериментально и математическим моделированием определены зависимости дисперсий σ измерений данных от соотношений параметров ПМР-релаксации (A_i , T_{2i}), длительности радиочастотного импульса δ , промахов 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 (РК) для выбора параметров измерения релаксометром (T , N , τ_0 , n , t_d).

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

4. Разработан алгоритм повышения точности (снижения неопределенности) проточного экспресс-контроля методом ПМР.

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

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждаются:

- сравнением параметров разработанной аппаратуры с лучшими отечественными и зарубежными аналогами, необходимым объемом экспериментальных исследований;

- теоретической обоснованностью и неоднократными проверками экспериментальных данных, их описанием непротиворечивыми теоретическими положениями, совпадающими с данными работ других исследователей в этой области;

- применением методов искусственного интеллекта для обработки экспериментальных данных;

- корректной статистической обработкой результатов измерений с использованием современных средств вычислительной техники; непротиворечивостью экспериментальных результатов, выводов и моделей известным теоретическим положениям.

Полученные результаты исследований отражены в 14 научных работах, среди которых 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.

Полученные в диссертации результаты видятся вполне достоверными и обоснованными, что подтверждается их широким обсуждением на конференциях различного уровня и опубликованием в рецензируемых научных изданиях, а также апробацией и внедрением результатов в различных компаниях.

Практическая значимость работы

Практическая значимость работы заключается в разработанной методологии повышения достоверности измерений, с помощью выбора из базы данных релаксационных кривых, наиболее соответствующих экспериментальным текущим, по которым определяется режим и параметры измерений ПМР-методом. И обработкой данных параметров методами искусственного интеллекта. Разработан метод контроля готовности

релаксометра к измерениям и обработке данных в режиме «Норма», определением через обратное преобразование Лапласа L^{-1} точных параметров ПМР, нужных для поиска наиболее близких к текущим, экспериментально полученным данным. Предложена информационно-измерительная система дистанционного контроля функционирования ПМР в составе проточного анализатора на многофункциональных автоматизированных цифровых интеллектуальных скважинах.

Краткое содержание работы

Диссертационная работа представляет собой рукопись общим объемом 129 страниц, включающих в себя список литературы из 111 наименования.

Основное содержание работы изложено во введении, в пяти главах и заключении.

Во введении показана актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследований, дан анализ состояния проблемы, показаны научная новизна, практическая ценность работы и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе работы представлен обзор существующих подходов и оборудования, используемых для проточного контроля на нефтегазовых месторождениях. Отмечается, что характеристики сырья контролируются с помощью набора анализаторов различных производителей, каждый из которых имеет свою точность измерения для определённых параметров.

Во второй главе приводится научное обоснование, как для разработки новых методов, так и для усовершенствования уже существующих, направленных на снижение погрешностей (неопределённостей) при определении аналоговых параметров в методе протонного магнитного резонанса (ПМР).

В третьей главе представлена разработка алгоритма поиска, использующего искусственный интеллект. Этот алгоритм, опираясь на точные параметры ПМР (A_i , T_{2i} , P_i), полученные из спектров времён релаксации и релаксационных кривых, определяет текущие настройки ПМР-

релаксометра. Эти настройки необходимы для повышения точности измерений в проточном режиме.

В четвертой главе описан разработанный метод контроля состояния ПМР-релаксометра с использованием искусственной нейронной сети и «метода 3σ » для оценки его готовности к проведению измерений.

В пятой главе рассматривается схема с применением искусственной нейронной сети для управления проточным анализатором ПМР на кусте системы многофункциональных автоматизированных цифровых интеллектуальных скважин. Описывается, как сеть используется для расчёта характеристик нефти как на устье скважины, так и с использованием программы *LabView* для участка «забой скважины – приём насоса».

В приложениях представлены, статистика режимов работы узлов учета комплекса, многопараметрического контроля работы релаксометра ПМР, применяемая при обучении искусственной нейронной сети, а также документы о внедрении результатов работы.

В «**Основных результатах и выводах**» представлены основные результаты по диссертационной работе.

Работа выполнена в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК РФ к кандидатским диссертациям. Диссертация логично построена, ее структура и содержание соответствует цели и задачам исследования. Материал изложен грамотным языком. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Поставленные автором и его руководителем **цели и задачи** работы выполнены.

Замечания по диссертационной работе

Достоинством диссертационной работы является доведение результатов теоретических исследований до практической реализации. Внедрение инноваций, предлагаемых автором, а именно предложение и разработка методики использования искусственных нейросетей (ИНС), позволит преодолеть недостатки существующих средств измерений и

повысить точность измерений параметров нефти в потоке и создать новое поколение информационно-измерительных приборов, обладающих улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Однако следует отметить и **недостатки**.

1. В работе не рассмотрен вопрос выборки и переобучения искусственной нейронной сети для работы ПМРА-IV с нефтью других месторождений.

2. В п. 5.4 диссертационной работы на рис. 5.6, структурная схема контроля через ИНС в интернет пространстве, плохо читается и недостаточно полно описана.

3. В тексте имеются стилистические опечатки, а также имеются такие опечатки, как пропуски пробелов на страницах:19, 21. 50; пропуски букв: стр. 26, 52, 74, 88, 90.

Указанные замечания не снижают научной ценности диссертационной работы в целом и важности проведенных исследований и не изменяют сущности результатов, выводов и рекомендаций представленной работы.

Соответствие содержания диссертации паспорту 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 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»;

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».

Заключение

На основании анализа диссертации, автореферата и опубликованных автором работ считаю, что диссертационная работа Овсеенко Г.А. имеет научную и практическую ценность и представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Диссертационная работа содержит новое решение актуальной научно-технической задачи по усовершенствованию информационно-измерительных приборов обладающих инновационными метрологическими и функциональными преимуществами; в обосновании методов дистанционного контроля добычи нефти кустом скважин сочетанием ПМР и искусственного интеллекта. Решение данной задачи имеет значение для развития теории и практики неразрушающего и аналитического контроля.

Диссертационная работа соответствует специальности 2.2.8. «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды» и отвечает требованиям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», а ее автор, Овсеенко Галина Анатольевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент: Астапов Владислав Николаевич

доктор технических наук, ФГБОУ ВО
«Самарский государственный технический
университет», (г. Самара), профессор
кафедры «Автоматизация и управление
технологическими процессами»

Подпись:

09.09.2025г.



В.Н. Астапов

Контактные данные:

443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская,
244, Тел.: (846) 278-43-11
Email: asta-2009@mail.ru

Докторская диссертация защищена по специальности 05.11.16 –
«Информационно-измерительные и управляющие системы
(приборостроение)», по техническим наукам

Подпись официального оппонента доктора технических наук,
профессора кафедры «Автоматизация и управление технологическими
процессами» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический
университет»

В.Н. Астапова заверяю:

Ученый секретарь



Малиновская Ю.А.