

ОТЗЫВ

официального оппонента Давыдова Романа Вадимовича на диссертационную работу Нгуен Дык Аня на тему «Разработка блоков проточного анализатора и методик экспресс-контроля характеристик нефти и газоконденсата методом ПМР», 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 диссертационной работы

Развитие современных средств неразрушающего контроля для нефтегазовой отрасли напрямую связано с задачами цифровизации добычи и повышения оперативности получения достоверной информации о составе и физико-химических характеристиках сырья. Для цифровых месторождений особенно важны автоматические приборно-программные комплексы, способные работать в потоке, минимизировать ошибки пробоотбора и передавать результаты измерений в цифровую инфраструктуру управления технологическими процессами. В этой связи метод протонного магнитного резонанса является одним из перспективных вариантов для построения таких систем на основе проточных анализаторов экспресс-контроля характеристик нефти, водонефтяных смесей и газоконденсата. Его достоинствами являются неразрушающий характер контроля, возможность регистрации параметров релаксации протонов, коррелирующих с физико-химическими свойствами углеводородных систем, а также пригодность для автоматизации измерений в составе проточных комплексов.

В диссертации Нгуен Дык Аня решается актуальная научно-техническая задача разработки блоков автоматического проточного ПМР-анализатора и методик экспресс-контроля характеристик нефти и газоконденсата. Особую значимость работе придает ее направленность на создание компактных отечественных аппаратных решений.

2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, следует признать обоснованными и достоверными. Соискателем использован системный подход, объединяющий теоретический анализ низкополевой ПМР-релаксометрии, расчет и моделирование магнитных систем, схемотехническую разработку электронных блоков, создание программного обеспечения, лабораторные испытания и прикладную апробацию методик на образцах нефти и газоконденсата.

Достоверность результатов обеспечивается корректной постановкой цели и задач исследования, применением общепринятых физических принципов ПМР-релаксометрии, использованием современных средств моделирования и проектирования, экспериментальной проверкой работоспособности узлов, сопоставлением расчетных и измеренных характеристик, а также апробацией результатов на профильных научных мероприятиях. В работе использованы средства ANSYS Maxwell, SolidWorks, Altium, Proteus, программные инструменты цифровой обработки сигналов и разработки самого автора, что соответствует научному характеру поставленной задачи.

3. Научная новизна диссертационной работы

В диссертационной работе получены новые научные и научно-технические результаты, наиболее значимыми из которых являются следующие:

1. Научно обоснована и реализована многослойная магнитная структура Хальбаха, предназначенная для релаксометра и проточного ПМР-анализатора. Разработанная конструкция направлена на уменьшение габаритов и массы магнитной системы, увеличение объема области однородности и стабильности магнитного поля в рабочем зазоре.

2. Разработаны и экспериментально проверены электронные блоки ПМР-релаксометра. Предложены технические решения для повышения стабильности и воспроизводимости измерений, включая цифровой измеритель индукции магнитного поля, термостабилизатор магнита и образца, а также программный интерфейс настройки и анализа.

3. Разработан автоматический проточный анализатор ПМРА-IV, включающий усовершенствованные электронные блоки релаксометра, алгоритмы управления измерительным процессом и модуль пробоотбора с управляемым позиционированием, что направлено на повышение достоверности измерений в реальных условиях эксплуатации.

4. Разработаны и экспериментально подтверждены методики экспресс-контроля характеристик нефти и газоконденсата на основе параметров ПМР-релаксации, а также предложена схема интеграции анализатора в инфраструктуру для дистанционного мониторинга и управления на цифровом месторождении.

4. Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость диссертации заключается в развитии методических принципов построения аппаратной части проточного ПМР-анализатора: расчете магнитной системы, обосновании требований к однородности и температурной стабильности магнитного поля, выборе архитектуры цифрового формирования радиочастотных импульсов, а также анализе условий получения устойчивых сигналов спин-эхо при работе с нефтяными дисперсными системами.

Практическая значимость работы состоит в доведении предложенных решений до уровня действующих аппаратных и программных блоков. Разработана компактная многослойная магнитная сборка Хальбаха, цифровой измеритель индукции магнитного поля, усовершенствованный релаксометр ПМР-NP3, усилительные тракты передатчика и приемника, программное

обеспечение настройки и анализа данных, стабилизатор температуры, пробоотборный модуль и средства дистанционного подключения.

Существенным достоинством работы является инженерная завершенность значительной части результатов. Они оформлены не только в виде расчетов и лабораторных испытаний, но и в виде технических решений, пригодных для использования при создании автоматических проточных ПМР-анализаторов. Практическая значимость подтверждается внедрением результатов на нефтедобывающих предприятиях Республики Вьетнам, патентами Российской Федерации и свидетельствами государственной регистрации программ для ЭВМ.

5. Общая характеристика содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы объект, предмет, цель и задачи работы, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приведены положения, выносимые на защиту, сведения о достоверности, апробации, публикациях и внедрении результатов.

В первой главе рассмотрены научные и методические основы низкополевой ПМР-релаксометрии, особенности формирования ЯМР-сигнала, влияние неоднородностей магнитного и радиочастотного полей на сигналы, переходных процессов в импульсах, добротности резонансных контуров, цифровой фильтрации и способов повышения отношения сигнал/шум. Автором обоснована необходимость модернизации электронных блоков релаксометра и оптимизации конструкции магнитной системы для задач проточного контроля нефти и газоконденсата.

Во второй главе приведены расчет, проектирование и испытания многослойной магнитной сборки Хальбаха, цифрового измерителя магнитной

индукции, электронных блоков релаксометра ПМР-NP3, формирователя импульсных последовательностей, передающего и приемного трактов, датчика и переключателя прием/передача.

В третьей главе описана разработка автоматизированного анализатора ПМРА-IV как системы оперативного контроля потока сырой нефти. Представлены конструкция анализатора, усовершенствованная система пробоотбора с внутренним байпасом, дано сравнение с лучшим зарубежным аналогом, определено влияние предварительного намагничивания потока на сигнал спин-эхо, области применения анализатора на цифровом месторождении и экономические аспекты его использования.

В четвертой главе разработаны методики проектирования и применения систем аналитического и неразрушающего контроля с учетом особенностей объектов контроля. Рассмотрены задачи экспресс-контроля содержания асфальтенов в сырой нефти и газоконденсате месторождений Вьетнама методом ПМР, анализ температурных зависимостей нефтей и газоконденсата, проект использования ПМРА-IV в промышленном Интернете вещей (IoT), а также интеллектуальный мониторинг и управление анализатором в составе инфраструктуры цифрового месторождения.

Заключение содержит основные итоги работы, которые соответствуют цели и задачам исследования. Автореферат в целом отражает основные положения, научную новизну, практическую значимость и выводы диссертации.

6. Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Содержание диссертационной работы соответствует научной специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды» по пунктам 1, 3, 4, 6 и 7.

7. Замечания по диссертационной работе

Диссертационная работа производит положительное впечатление и содержит значительный объем расчетных, схмотехнических и экспериментальных результатов. Вместе с тем к работе можно высказать следующие замечания и пожелания.

1. В работе подробно рассмотрены отдельные источники погрешностей и факторы, влияющие на устойчивость измерений, однако было бы полезно дополнить изложение анализом, показывающим вклад неоднородности магнитного поля, температурного дрейфа, параметров ПМР-датчика, усилительных трактов и цифровой обработки в итоговую неопределенность измерений.

2. При описании разработанных методик экспресс-контроля нефти и газоконденсата целесообразно более четко выделить границы их применимости для образцов с различной вязкостью, содержанием асфальтенов, воды и минеральных примесей, а также для различных режимов потока в условиях промышленной эксплуатации.

3. В тексте встречаются отдельные редакционные и терминологические неточности, громоздкие формулировки и не вполне единообразное употребление сокращений.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают научной и практической ценности диссертационной работы.

Заключение

На основании анализа диссертационной работы, автореферата и опубликованных автором результатов считаю, что диссертация Нгуен Дык Аня на тему «Разработка блоков проточного анализатора и методик экспресс-контроля характеристик нефти и газоконденсата методом ПМР» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научно-технической задачи.

Диссертация Нгуен Дык Аня соответствует требованиям, установленным пунктами 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Считаю, что Нгуен Дык Ань 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».

к.ф.-м.н., доцент Высшей школы управления
кибер-физическими системами Института
компьютерных наук и кибербезопасности
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого», 195251, г. Санкт-Петербург,
вн. тер. г. муниципальный округ Академическое,
ул. Политехническая, д. 29, литера Б
Тел.: +7 (981) 169-32-28
E-mail: davydovrv@spbstu.ru
Давыдов Роман Вадимович
«21» июля 2026 г.



Подпись Давыдова Романа Вадимович заверяю:

