

«УТВЕРЖДАЮ»

проректор по научной и  
инновационной работе

И.И. Ибрагимов

2025 г.



## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Суслова Антона Владимировича  
«Информационно-измерительная система определения толщины  
асфальтосмолопарафиновых отложений в нефтепроводах на  
основе акустического метода измерений»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы

### Актуальность темы диссертации

Процессы добычи и транспортировки нефти и нефтепродуктов осложнены рядом проблем: образование нефтяных эмульсий, асфальтосмолопарафиновых отложений, неорганических солей, наличием в нефти различных механических примесей, коррозионное разрушение трубопроводов. Актуальной является проблема осаждения асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) на внутренних стенках трубопроводов и технологического оборудования.

Распространенным и очевидным последствием образования АСПО является уменьшение проходного сечения трубопровода. Это приводит к выводу оборудования из оптимального режима работы (снижение пропускной способности, возрастание давления в голове трубопровода) и, как следствие, к экономическим потерям и сокращению межремонтных периодов. Помимо трубопроводов и емкостей для хранения нефтепродуктов, АСПО снижают эффективность работы насосов и другого технологического оборудования, а также является причинами их поломок. Ежегодно кампании тратят большие средства на очистку трубопроводов от АСПО. Для планирования и своевременного проведения очистных мероприятий необходима информация о текущей толщине АСПО.

В связи с этим тема диссертационной работы Суслова А.В., посвященная разработке, теоретическому и экспериментальному исследованию информационно-измерительной системы для определения толщины отложений (ИИС ОТО) в нефтепроводах, является актуальной темой

ОБЪЕД. ВО. ИСАМГТУ"  
"05" 06.25  
Вход. № 8/Н

С отзывом ознакомлен  
05.06.25  
Фухан 1

исследования.

Использование результатов диссертации позволит расширить сферу применения подобных систем. При этом особый интерес представляет их использование в трубопроводах различного диаметра, в частности, в системах сбора, подготовки и транспортировки нефти.

### **Общая характеристика работы**

Диссертация изложена на 166 страницах, состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 105 наименований, содержит 74 рисунка, 22 таблицы и 5 приложений. Во введении автором обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследований и дана краткая характеристика работы.

В первой главе рассмотрены состав АСПО и проблемы отложений в нефтегазовой отрасли. Выполнен анализ влияющих факторов и исследованы методы измерения толщины отложений.

Во второй главе приведен анализ применения акустических методов неразрушающего контроля, основанных на возбуждении упругих колебаний в объекте контроля. Преимуществом главы является проведение экспериментального исследования существующих предложенных акустических методов для измерения толщины отложений.

В третьей главе приводится численное моделирование влияния толщины отложений на трубопровод как на колебательную систему. Дополнительно было проведено моделирование влияния различной плотности отложений на частоту и амплитуду колебаний при резонансном отклике трубопровода.

Также в третьей главе приведена статистическая обработка экспериментальных исследований, получены регрессионные модели зависимости частоты, амплитуды, энергии и длительности колебаний от толщины отложений. Для дальнейшего определения наиболее значимого параметра проведено исследование с использованием метода главных компонент (РСА) и двухфакторного дисперсионного анализа.

В четвертой главе работы приводится описание разработанной информационно-измерительной системы определения толщины АСПО. Представлены структурная и функциональные схемы системы. Описаны алгоритмы работы, представлены экранные формы программного обеспечения. В конце четвертой главы проведен метрологический анализ, разработанной системы и представлены ее технические характеристики. В рамках метрологического анализа исследованы инструментальная погрешность, вызванная несовершенством электронных блоков, входящих в состав ИИС ОТО, а также методическая погрешность, обусловленная выбранным методом

проведения измерений.

В заключении автором подведены результаты диссертационного исследования, сделаны выводы.

Текст диссертации выстроен логически грамотно, материал изложен последовательно, хорошо структурирован, имеются приложения, которые дополняют и иллюстрируют результаты исследований.

Автореферат диссертации полностью отражает её основное содержание.

### **Научная новизна**

Научной новизной характеризуется новый акустический метод измерения толщины отложений на внутренней стенке нефтепроводов, основанный на взаимосвязи параметров акустических колебаний стенки трубопровода от толщины отложений, позволяющий расширить функциональные возможности ИИС в решении задачи измерения толщины АСПО.

Разработана методика определения толщины отложений, отличительной особенностью которой является калибровка ИИС ИТО непосредственно под среду измерения, что позволяет уменьшить влияние дестабилизирующего фактора от неравномерных физико-химических свойств АСПО, а также проводить прогнозирование отложений АСПО во времени.

Новизной обладает и разработанная ИИС определения толщины отложений на внутренней стенке трубопроводов, обеспечивающая контроль параметров толщины АСПО в автоматическом режиме, что позволяет сократить затраты на проведение очистных работ за счет оптимизации интервалов проведения очистных мероприятий.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным использованием математического аппарата, соответствием в пределах нескольких процентов результатов имитационного моделирования и проведенных экспериментов.

### **Практическая ценность работы**

Теоретическая значимость работы заключается в определении новых взаимосвязей между исследованными параметрами, в создании нового метода измерения толщины отложений на внутренней стенке трубопроводов, который позволяет повысить точность проведения измерений.

Практическая значимость работы заключается в: разработке ИИС ОТО, которая применима для измерения толщины АСПО в нефтепроводах различной толщины; методике калибровки и проведения измерений толщины АСПО с использованием ИИС ОТО; программно-аппаратных средствах обработки измерительной информации.

Практическая ценность полученных результатов подтверждается использованием разработанной ИИС в ООО «Научно-производственный центр «Самара» г. Самара, АО «Средневолжский научно-исследовательский институт по нефтепереработке» г. Новокуйбышевск. Разработанные методики оценки погрешностей внедрены также в учебном процессе Самарского государственного технического университета при подготовке магистров по направлению 12.04.01 «Приборостроение».

### **Достоверность результатов работы**

Достоверность результатов работы определяется экспериментальными исследованиями, подтверждающими основные теоретические положения работы и не противоречащими известным положениям в данной области исследований.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 11 работах, в том числе 4 в рецензируемых научных изданиях, 2 патента на изобретения, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Основные положения и результаты исследований докладывались на следующих научно-технических конференциях: 6-я Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении» 2021 г.; Международная научно-техническая конференция «Перспективные информационные технологии» 2022 г.; Международная научно-техническая конференция «Пром-Инжиниринг», 2022 г.

Методика оценки толщины отложений прошла апробацию в рамках гранта Инновационного фонда Самарской области.

### **Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы**

Считаем целесообразным продолжить работу в Самарском государственном техническом университете по направлениям, связанным с развитием идей и результатов диссертационной работы А.В. Сулова.

Полученные в диссертации научные и практические результаты могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях нефтегазовой отрасли, таких как АО «Оренбургнефть» (г. Оренбург), АО «Самаранефтегаз» (г. Самара), ПАО «Транснефть», ПАО «Газпром нефть» и других предприятиях, осуществляющих добычу и транспортировку нефти и нефтепродуктов.

Перспективной представляется тематика, связанная с использованием полученных результатов для измерения отложений в резервуарах.

Рекомендуем научные разработки по теме диссертации использовать в учебных курсах со студентами по специальности «Приборостроение» в рамках курсов «Неразрушающий контроль и техническая диагностика», «Физические основы получения информации».

### **Замечания по диссертационной работе**

Отмечая актуальность, научную новизну и практическую значимость полученных в диссертации результатов, следует указать следующие замечания:

1. Проводились ли экспериментальные исследования разработанной системы на отложениях различного состава: отложений неорганических солей, отложений в теплообменном оборудовании?

2. Как определяется критическая толщина отложений относительно диаметра нефтепроводов? В схеме алгоритма (рис.4.6) проведения измерения не предусмотрен блок ввода порогового значения. Каким образом программа отрабатывает соответствие измеряемым характеристикам необходимым уставкам?

3. На рис 4.7 в схеме алгоритма проведения измерений в блоке 15 измеренное значение толщины отложений сравнивается со значением «5». Автор не объясняет, почему выбрано именно такое значение.

4. Недостаточно обоснован выбор частотного диапазона для проведения исследований.

5. Не показано, каким образом планируется учитывать изменения в спектральном портрете участка нефтепровода, определяемыми отложениями на стенках, от изменений в процессе эксплуатации.

6. В работе уделяется мало внимания рассмотрению вопроса по влиянию транспортируемой среды на погрешность работы информационно-измерительной системы.

Указанные замечания не оказывают существенного влияния на положительную оценку диссертации в целом и не снижают ценности проведенных исследований и полученных результатов.

### **Заключение**

В целом диссертация Сулова А.В. является целостной завершенной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научной задачи разработки информационно-измерительной системы для оперативного определения толщины АСПО в нефтепроводах, имеющей существенное значение для совершенствования систем добычи, сбора, подготовки и транспортировки нефти и нефтепродуктов.

Научные положения диссертации Сулова А.В. соответствует

требованиям паспорта специальности 2.2.11. Информационно–измерительные и управляющие системы.

По актуальности, научной новизне и практической ценности полученных научно-технических результатов, их достоверности и обоснованности, уровню апробации, опубликования и реализации диссертационная работа соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Суслов Антон Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Диссертационная работа и отзыв на нее рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Автоматизация, телекоммуникация и метрология» «30» мая 2025 г., протокол № 10/1

Отзыв подготовил  
Заведующий кафедрой  
«Автоматизация, телекоммуникация и метрология»

Доктор технических наук, доцент

Марина Михайловна  
Закирничная

Подпись Закирничной М.М. заверяю:  
Ученый секретарь ФГБОУ ВО  
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»



Почтовый адрес: 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1  
Тел. (347) 242-03-70, факс (347) 242-09-13