

ОТЗЫВ

официального оппонента

профессора факультета систем управления и робототехники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» доктора технических наук Федорова Алексея Владимировича на диссертационную работу Алехнович Варвары Владимировны на тему: «Комплексный контроль металлических покрытий шаровых пробок запорной арматуры газопроводов», 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

На отзыв представлены диссертация на 124 страницах машинописного текста (121 страница основного текста) и автореферат на 23 страницах.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 112 наименований, и двух приложений. Оформление диссертации соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Рассмотрение и анализ представленных материалов, а также опубликованных работ по теме диссертации позволили сформулировать следующий отзыв на диссертацию.

Актуальность темы диссертации

Современные газотранспортные системы представляют собой сложный комплекс инженерно-технического оборудования, неотъемлемой частью которых является запорная арматура, представляющая собой устройства, регулирующие потоки газа, отключая одни участки газопровода от других. Основным функциональным свойством шаровой запорной арматуры считается способность ее затворного устройства, в первую очередь шаровой пробки, обеспечивать надежную герметичность перекрытия газового потока. На сегодняшний день при производстве шаровой запорной арматуры широко применяются различного рода металлические покрытия, которые предназначены для обеспечения отказоустойчивости и износостойкости шаровых пробок и других ее элементов. При этом особую актуальность приобретают вопросы связанные с неразрушающим контролем выполнения требований к качеству покрытия, в первую очередь к толщине и твердости

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-44 от 05.09.25
АУ УС

материала покрытия, которые регламентируются действующей нормативно-технической документацией.

На сегодняшний день активно исследуются и разрабатываются методы и средства измерений, предназначенные для контроля толщины и твердости материала покрытий. Однако, точность и достоверность результатов измерений и контроля, особенно в производственных условиях, ограничена не только наличием мешающих факторов, но и существенным образом зависит от применяемой технологии нанесения покрытия.

В связи с этим **тема диссертационной работы** Алехнович Варвары Владимировны, посвященная комплексному контролю качества металлических покрытий шаровых пробок запорной арматуры газопроводов, и направленная на обеспечение достоверности контроля и назначенных ресурса и срока службы запорной арматуры, **является своевременной и актуальной.**

Общая характеристика работы

Содержание работы построено в соответствии с решением поставленных задач.

Во введении автор обосновывает актуальность темы работы, определяет ее цель и задачи, освещает методы и средства исследования, достоверность и обоснованность полученных в работе результатов, раскрывает научную новизну, теоретическую и практическую значимость результатов работы, формулирует основные научные положения, выносимые на защиту, приводит сведения об апробации результатов работы.

В первой главе диссертации проведен анализ современного состояния и перспективных направлений развития в области контроля металлических покрытий шаровых пробок запорной арматуры газопроводов. Приведены описание особенностей применяемых металлических покрытий, используемых при производстве шаровых пробок, результаты анализа методов и средств контроля толщины и твердости материала покрытий, а также результаты анализа состояния метрологического обеспечения их комплексного контроля. Показана необходимость их совершенствования и внедрения при производстве запорной арматуры, что нашло отражение в конкретизации формулировок цели и задач диссертационного исследования.

Во второй главе представлены результаты компьютерного моделирования процесса контактного взаимодействия преобразователя по методу ультразвукового контактного импеданса (UCI) с металлическим

полупространством и магнитоиндукционного абсолютного измерительного преобразователя с металлическим магнитным основанием с металлическим магнитным покрытием. Показана и научно обоснована возможность измерения твердости материала покрытий при использовании нагрузок, при которых глубина внедрения индентора не превышает 10 % от толщины покрытия, а также возможность измерения магнитных никель-фосфорных (ENP) покрытий способом их локального намагничивания до насыщения в зоне контроля с целью отстройки от влияющих параметров. Сформулированы основные принципы построения модернизированных преобразователей для измерения твердости материала покрытия и толщины покрытия портативными средствами и приведены эскизы их конструкций.

В третьей главе представлены результаты верификации методик неразрушающего контроля твердости материала покрытия и толщины покрытия с использованием модернизированных преобразователей. Приведены требования к испытательным образцам и основные процедуры программы экспериментальных исследований модернизированных преобразователей. Установлено, что относительная погрешность измерения твердости покрытий модернизированным измерительным преобразователем UCI не превышает 15 %, а относительная погрешность измерения толщины покрытия модернизированным магнитоиндукционным измерительным преобразователем не превышает 5 %.

В четвертой главе представлены результаты разработки метрологического обеспечения контроля качества покрытий шаровых пробок запорной арматуры. Приведены предлагаемая организационная структура неразрушающего контроля качества покрытий для обеспечения единства и точности измерений, требования к мерам покрытий, предложения по корректировке государственной поверочной схемы (ГПС) и по проекту локальной поверочной схемы (ЛПС) для комплексного контроля твердости материала покрытия и толщины покрытия.

В заключении представлены основные результаты и выводы по диссертационной работе.

В приложениях приведены Акт о внедрения результатов исследования и Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

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

На основе анализа современного состояния и перспективных направлений развития в области контроля качества покрытий шаровых пробок запорной арматуры газопроводов, а именно твердости материала покрытия и толщины покрытия, автор обоснованно и корректно сформулировал цель и взаимосвязанные задачи исследований.

Исследования проводились на основе применения теоретических основ контроля твердости металлов (испытаний материалов покрытий на твердость) и магнитного (магнитоиндукционного метода) контроля толщины покрытий, методов компьютерного моделирования, статистической обработки экспериментальных данных. Данный выбор является обоснованным и методически правильным.

В процессе исследований автором были получены следующие **результаты:**

1) разработаны компьютерные модели процесса взаимодействия преобразователя по методу UCI с металлическим полупространством и магнитоиндукционного абсолютного измерительного преобразователя с металлическим магнитным основанием с металлическим магнитным покрытием;

2) модернизированы, изготовлены и прошли экспериментальную отработку первичные преобразователи по методу ультразвукового контактного импеданса с расчетными прилагаемыми нагрузками, обеспечивающие измерение твердости материала покрытия с относительной погрешностью не более 15 % с учетом его толщины в диапазоне от 25 до 150 мкм;

3) модернизирован, изготовлен и прошел экспериментальную отработку магнитоиндукционный преобразователь с подмагничиванием, обеспечивающий измерение толщины закаленных ENP в диапазоне от 25 до 150 мкм с относительной погрешностью не более 5 % учётом магнитных свойств покрытий;

4) разработаны основные положения методики комплексного неразрушающего контроля качества металлических покрытий шаровых пробок запорной арматуры, элементы метрологического обеспечения применяемых методов и средств контроля, обеспечивающие единство и требуемую точность измерений, в том числе организационная структура неразрушающего контроля

качества покрытий, требования к мерам покрытий, предложения по ГПС и по проекту ЛПС для комплексного контроля твердости материала покрытия и толщины покрытия.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций определяется корректностью постановки задач исследований; применением теоретически и экспериментально обоснованных моделей и методов моделирования; результатами экспериментальных исследований и их сходимостью с результатами теоретического анализа; признанием основных положений диссертации широким кругом специалистов при апробировании материалов исследований на российских и международных конференциях и форумах, а также внедрением результатов исследований.

Научная новизна результатов диссертации заключается в следующем:

1) разработана компьютерная модель процесса контактного взаимодействия преобразователя по методу UCI с металлическим полупространством, которая позволяет получать данные о контактном усилии и глубине внедрения индентора, распределении напряжений и пластических деформаций в материале, поле перемещений и напряжений в стержне пьезоэлектрического преобразователя при воздействии генератора колебаний, а в дальнейшем исследовать влияние информативных и мешающих параметров, обусловленных геометрическими и механическими характеристиками покрытия и основания, на достоверность измерения твердости материала покрытия на основе определения собственных частот и формы колебаний преобразователя;

2) установлены зависимости процессов намагничивания ENP покрытия на стали, на основе которых разработана компьютерная модель двухобмоточного трансформаторного магнитоиндукционного абсолютного измерительного преобразователя с подмагничиванием, позволяющая рассчитать значения его параметров, обеспечивающих требуемую точность измерения толщины ENP покрытия с учетом его магнитных свойств.

Теоретическая ценность научных результатов диссертации характеризуется тем, что разработанные модели расширяют возможности повышения точности и достоверности измерений твердости материалов покрытий и толщины покрытий в условиях влияния мешающих факторов, и вносят вклад в развитие теоретических основ и совершенствование контроля твердости металлов (испытаний материалов покрытий на твердость) и магнитного (магнитоиндукционного метода) контроля толщины покрытий.

Практическая значимость выполненной диссертационной работы заключается в разработке, изготовлении и экспериментальной отработке модернизированных первичных преобразователей для измерения твердости материала покрытия и толщину покрытия шаровых пробок запорной арматуры газопроводов; в разработке методики комплексного неразрушающего контроля металлических покрытий, а также рекомендаций и предложений по совершенствованию их метрологического обеспечения в области.

Следует отметить, что основные прикладные результаты работы ориентированы, в конечном счете, на обеспечение назначенного ресурса и срока службы запорной арматуры газопроводов. Основные результаты диссертационного исследования реализованы в ООО «Константа», о чем свидетельствуют Акты о их внедрении. Данные результаты в дальнейшем могут быть использованы при разработке комплексных автоматизированных систем контроля и диагностики, подготовки их для внедрения в цифровые информационные технологии.

Вместе с тем, исходя из анализа содержания текста диссертации и автореферата, диссертационная работа содержит ряд **недостатков и замечаний**:

1. В диссертации оценки погрешности измерений твердости материала покрытий и толщины покрытий проводились при уровне доверительной вероятности 0,95, что может свидетельствовать о высокой достоверности результатов неразрушающего контроля по качественному признаку. Однако в текстах автореферата и диссертации количественная оценка достоверности результатов комплексного неразрушающего контроля качества металлических покрытий шаровых пробок запорной арматуры не приведена.

2. Из анализа материалов автореферата и диссертации, в которых рассматриваются вопросы компьютерного моделирования процесса взаимодействия преобразователя по методу UCI с металлическим полупространством и магнитоиндукционного абсолютного измерительного преобразователя с металлическим магнитным основанием с металлическим магнитным покрытием, можно сделать вывод о том, что моделирование проводилось с использованием программы ANSYS. К сожалению, в текстах автореферата и диссертации ссылки, как на обоснование выбора данного программного продукта, так и на его использование отсутствует.

3. На странице 12 диссертации указано, что «Наиболее распространенным типом запорной арматуры являются шаровые краны

номинальных диаметров от 10 до 2200 мм.». Однако при моделировании (глава 2) поверхность шаровой пробки принималась плоской, при этом анализ влияния радиуса кривизны поверхности шаровой пробки на точность измерений твердости материала покрытия и толщины покрытия не приводится.

4. На изображениях отпечатков индентора (рисунки 2.12 – 2.16) отсутствует цветная шкала, характеризующая глубину внедрения индентора, а также не указана единица ее измерения. Оформление рисунка 2.38 в представленном виде (масштабе) воспринимается затруднительно.

5. На предлагаемой автором ГПС для средств измерений толщины покрытий в диапазоне значений от 1 до 120000 мкм (рисунок 4.2) красным цветом выделен только модернизируемый блок на ступени средств измерений. До какого уровня следует выделять процедуры изменений в ГПС?

6. В текстах автореферата и диссертации присутствуют некорректные формулировки и опечатки. Например, «с целью обеспечения заявленного эксплуатационного ресурса» (с.5), «четырёхгранная пирамида с углом при вершине равным 136» (с.32), «размер измеряемого зерна покрытия» (с.35).

Приведенные выше недостатки и замечания не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку диссертационной работы.

Результаты исследований достаточно полно опубликованы в 11 печатных работах, из них 1 статья – в издании из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), 3 статьи – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ. В совместных работах вклад соискателя является определяющим. Достижения других авторов использованы корректно с указанием ссылок на конкретные публикации.

Содержание автореферата достаточно полно отражает содержание диссертации и позволяет составить целостное представление о проделанной работе. Автореферат диссертации соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Материалы диссертации и автореферата диссертации изложены достаточно грамотно, логически последовательно и представлены в лаконичной форме.

Заключение

Диссертация Алехнович Варвары Владимировны является завершенной научно-квалификационной работой, в которой поставлена и решена актуальная научная задача обеспечения точности и достоверности измерений и контроля качества металлических покрытий шаровых пробок запорной арматуры газопроводов. По научному содержанию, глубине и полноте выполненных исследований, а также значимости и ценности полученных результатов, выводов и рекомендаций диссертация соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Алехнович Варвара Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.

Официальный оппонент,
профессор факультета систем управления и робототехники,
доктор технических наук

« 02 » сентября 2025 года



Федоров Алексей Владимирович

Почтовый адрес: 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А.
Телефон: +7(911) 925-18-86. Адрес электронной почты: avfedorov@itmo.ru

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А.

Официальный сайт в сети Интернет: <https://itmo.ru/>

Телефон/факс: +7 (812) 480-00-00, +7 (812) 232-23-07.

Адрес электронной почты: od@itmo.ru



А.В. Федоров, заверено
С.А. Косин, 08.10.25