

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Багдюна Александра Андреевича

«Метрологическое обеспечение измерений размеров наночастиц»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.11.15 – «Метрология и метрологическое обеспечение»

Соответствие диссертации специальности 05.11.15 и отрасли науки, по которым она представлена к защите, со ссылкой на область исследования паспорта соответствующей специальности, утвержденной ВАК

Диссертация соответствует специальности 05.11.15 «Метрология и метрологическое обеспечение», паспорт которой утвержден Приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь №300 от 23 ноября 2016 года, по следующим основаниям.

Раздел I - «Технические науки», исходя из критериев: объект исследований, сформулированная цель и круг решаемых задач, применяемые методы исследований, полученные выводы и результаты практического использования.

Раздел II - «Формула специальности» (предмет) - в части разработки методов и средств обеспечения единства и требуемой точности измерений.

Раздел III - «Область исследований». Положения, выносимые на защиту, соответствуют пункту 3 «Разработка эталонов и прецизионных средств и методов измерений, включая создание их теоретических и организационно-методических основ» и пункту 4 «Воспроизведение и передача размера единиц величин с помощью эталонов, обоснование и организация метрологической прослеживаемости (поверочные схемы и иерархии калибровки)».

Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертации обусловлена стремительным развитием и внедрением нанотехнологий в народное хозяйство и здравоохранение, что оказывает влияние на каждый аспект человеческой жизни. С одной стороны, помощью нанотехнологий можно управлять характеристиками материалов - размерами, формой, химическим составом, морфологическим и молекулярным строением вещества, улучшая технологические процессы и продукцию. С другой стороны, технические, промышленные и побочные наноматериалы, наноулучшенная продукция могут негативно воздействовать на живые организмы и окружающую среду, о чем свидетельствуют многочисленные публикации по нанотоксикологии. В этой связи метрологическое обеспечение измерений размеров наночастиц выполняет двойную функцию, способствуя развитию научно-технического прогресса и в то же время повышению качества жизни и безопасности человека. Поэтому возникает необходимость расширения Системы обеспечения единства измерений Республики Беларусь до нанометрового диапазона. Поскольку измерение размеров наночастиц является сложной научно-технической задачей, предполагающей использование физических и математических моделей для индивидуального и группового

Вх. № 14-52/165
от 06.12.2014

описания нанообъектов, анализ и систематизация подходов к измерениям длины в нанометровом диапазоне, включая вопросы метрологической прослеживаемости, выполненные соискателем, позволят осуществлять корректный выбор моделей в зависимости от решаемой задачи и области применения.

Актуальность темы диссертационной работы подтверждается также ее соответствием Перечню приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности Республики Беларусь на 2016–2020 гг. (раздел 3 «Промышленные и строительные технологии и производство» и раздел 6 «Био- и наноиндустрия») и на 2021-2025 гг. (подраздел 4.10 «Нanomатериалы и нанотехнологии, нанодиагностика» раздела 4 «Машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы»). Проведенные в диссертационной работе исследования выполнялись в рамках Государственной научно-технической программы «Эталоны и научные приборы» на 2016 - 2020 годы (подпрограмма «Эталоны Беларуси»).

Степень новизны результатов, полученных в диссертации и выносимых на защиту

Выносимые на защиту автором положения и выводы содержат новые теоретические и практические результаты, к основным из которых следует отнести:

- установленные по результатам аналитической оценки методы и средства измерений нанообъектов, их классификация и рекомендации по выбору методов, обеспечивающие наивысшую из возможных точность измерений для наночастиц, находящихся на подложке, в жидкости и аэрозолях;

- разработанный универсальный алгоритм теоретико-экспериментального определения погрешности измерительных систем;

- созданный эталонный комплекс средств измерений размеров наночастиц, включенный в состав «Национального эталона единицы длины – метра в нанометровом диапазоне» и «Эталонного комплекса метрологического обеспечения средств измерений параметров дисперсных сред»;

- методики расчета погрешностей измерительных систем, входящих в состав эталонного комплекса, предназначенного для измерения размеров наночастиц, находящихся на подложке, в жидкости и в аэрозолях;

- сформулированные принципы построения и разработанные схемы метрологической прослеживаемости результатов измерений размеров наночастиц, находящихся в различных исходных состояниях.

Представленные результаты являются новыми и имеют теоретическую и практическую ценность.

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Выводы и рекомендации, сформулированные автором, основываются на фундаментальных положениях физики, теории вероятностей и математической статистики, современных научных достижениях отечественных и зарубежных

авторов, общепринятой практике теоретической, законодательной и прикладной метрологии с приведением ссылок на информационные источники и подтверждаются результатами экспериментальных исследований, выполненных на высокоточном оборудовании, а также расчетами. Основные положения и результаты диссертации прошли апробацию (доклаживались и обсуждались) на Международных научно-технических конференциях (МНТК), в том числе: МНТК «Приборостроение» в 2019-2023 гг., XX МНТК «Качество, стандартизация, контроль – теория и практика» (Одесса, 2020 г.); V и VI МНТК «Метрология физико-химических измерений» (Москва, 2021 и 2023 г.); XXXV МНТК «Технология–Оборудование–Инструмент–Качество» (Минск, 2021 г); МНТК «Метрология-2022» (Минск).

Материалы диссертации докладывались и обсуждались в рамках участия Багдюна в IX Международном конкурсе «Лучший молодой метролог КООМЕТ», 21–22 апреля 2021 г.

Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию

Научная значимость результатов диссертации заключается в том, что:

- разработанный универсальный алгоритм теоретико-экспериментального расчета погрешности измерительных систем, применимый для расчета эталонных средств измерений наивысшей точности,

- созданный эталонный комплекс средств измерений размеров наночастиц, включенный в состав «Национального эталона единицы длины – метра в нанометровом диапазоне» и «Эталонного комплекса метрологического обеспечения средств измерений параметров дисперсных сред», позволяющий измерять размеры частиц интерферометрическим методом, методом динамического рассеяния света и методом анализа дифференциальной электрической подвижности частиц,

- проведенный расчет погрешности измерительных систем, входящих в состав эталонного комплекса, предназначенного для измерения размеров наночастиц, находящихся на подложке, в жидкости и в аэрозолях;

- сформулированные принципы построения и разработанные схемы метрологической прослеживаемости результатов измерений размеров наночастиц, находящихся в различных исходных состояниях

являются основой для развития теоретической базы нанометрологии в Республике Беларусь и на межгосударственном уровне.

Практическая значимость заключается в том, что результаты, представленные в диссертационной работе, нашли практическое применение при:

- разработке и внедрении Национального эталона единицы длины – метра в нанометровом диапазоне НЭ РБ 62-22 (утвержден Постановлением Госстандарта от 22.04.2022 № 37);

- разработке и внедрении Эталонного комплекса метрологического контроля средств измерений параметров дисперсных сред;

- разработке структуры Стенда испытания газовых фильтроэлементов и методики аттестации испытательного оборудования МА.МН 798-2022 «Стенд испытаний газовых фильтроэлементов».

Достижение практических результатов в заявленной диссертантом области позволяет расширить сферу распространения Системы обеспечения единства измерений (СОЕИ) Республики Беларусь, включив в неё нанометровый диапазон.

Экономическая значимость заключается в том, что созданные эталонные комплексы являются инструментальной базой для проведения калибровки средств измерений и включены в разработанные и утвержденные методики калибровки, в том числе: МРП МК 41 01.680-2021 «Микроскопы сканирующие зондовые атомно-силовые измерительные. Методика калибровки»; МРП МК 41 01.682-2021 «Микроскопы электронные растровые измерительные. Методика калибровки»; МРП МК 41 01.684 -2021 «Меры высоты ступени. Методика калибровки»; МРП МК 41 01.683 -2021 «Меры ширины шага. Методика калибровки»; МРП МК 41 09.668-2021 «Анализаторы пыли. Методика калибровки»; МРП МК 41 01.666-2021 «Счетчики аэрозольных частиц. Методика калибровки». Экономический эффект от проведенной работы связан с оптимизацией затрат по проведению поверки и калибровки средств измерений за счет использования отечественного эталонного оборудования и разработанных на его основе методиках калибровки и поверки, сокращению времени проведения метрологических процедур, рационального использования имеющегося парка уникального измерительного оборудования.

Социальная значимость результатов диссертации заключается в улучшении качества жизни людей и конкурентоспособности продукции, работ и услуг за счет развития теоретической, законодательной и прикладной нанометрологии, внедрения научного потенциала в практику лабораторий, что будет способствовать повышению точности, достоверности и надежности результатов измерений в нанометровом диапазоне.

Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Все основные научные и прикладные результаты, полученные в диссертационной работе, представлены автором в 18 научных публикациях, в том числе 9 статьях в рецензируемых научных журналах, 6 статьях в сборниках материалов конференций, 3 тезисах докладов, что составляет 5,18 авторских листа и соответствует требованиям пункта 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь.

Таким образом, требования ВАК Беларуси к соискателям ученых званий в отношении объема и степени опубликованности результатов диссертационной работы выполнены полностью.

Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Полный объем диссертации составляет 139 страниц и включает введение, общую характеристику работы, четыре главы, заключение и 3 приложения.

Библиографический список состоит из 106 позиций, включая 20 публикаций соискателя.

Диссертации оформлена в полном соответствии с требованиями Инструкции о порядке оформления квалификационной научной работы (диссертации) на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, автореферата, публикаций по теме диссертации. Структура работы, последовательность изложения, грамотный инженерный язык, логически выстроенные выводы свидетельствуют о глубокой проработке соискателя данной научной области. Качественные иллюстрации дополняют текстовый материал.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Все материалы, представленные в автореферате, включены в диссертационную работу. Общая характеристика работы и заключение, приведенные в автореферате и тексте диссертации – идентичны. На все публикации, в которых отражены положения, выносимые на защиту имеются ссылки в заключении диссертационной работы и автореферате.

Замечания по диссертации (при их наличии), если они не указываются в структурных элементах отзыва о диссертации:

Замечания в целом касаются теоретических аспектов - некоторых применяемых в работе нормативных ссылок и терминов. В диссертации использованы ссылки на неактуальные нормативные документы:

- ГОСТ Р 54622-2011/ISO/TS 27687:2008 (в подразделе 1.2), устанавливающий термины и определения в отношении нанообъектов, который отменен в 2016 году и заменен на ГОСТ ISO/TS 80004-1-2017 Нанотехнологии. Часть 1. Основные термины и определения;

- ГОСТ 1.25-76 Государственная система стандартизации. Метрологическое обеспечение. Основные положения, замененный на ГОСТ 8.021-2015. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений массы;

- третью редакцию документа «Международный метрологический словарь» VIM 3 (источник №45), замененную на четвертую редакцию - JCGM-WG2-CD-02 International Vocabulary of Metrology Fourth edition Международный метрологический словарь VIM 4 - International Vocabulary of Metrology Fourth edition – Committee Draft (VIM4 CD) – VIM4 vs VIM3 version 11 January 2021;

- ГОСТ Р ИСО 14644-1–2002, замененный на ГОСТ Р ИСО 14644-1–2017 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды Часть 1. Классификация чистоты воздуха по концентрации частиц.

На с. 41 диссертации приводится описание метрологических характеристик Государственного первичного эталона Российской Федерации единиц дисперсных параметров аэрозолей, взвесей и порошкообразных материалов (ГЭТ 163) 2010 года вместо ГЭТ 163 2020 года.

В тексте в некоторых местах используются не совсем удачные метрологические термины, такие как «исходное образцовое средство

измерений», аббревиатура «МВИ» («методика выполнения измерений») вместо МИ (метод измерений, методика измерений).

В подразделе 1.3 при анализе развития подходов к метрологическому моделированию автор ссылается на уже не действующий документ МИ 1317-1986 и научные публикации 1995-2010 гг. (источники № 13-17), не умаляя значимости которых, следует все же отметить, что вопросы моделей измерений проработаны также в более поздних документах, например, Руководстве МБМВ 2020 года - JCGM GUM-6:2020 Guide to the expression of uncertainty in measurement - Part 6: Developing and using measurement models (Руководство по выражению неопределенности в измерениях - Часть 6: Разработка и использование моделей измерений. Первая редакция. 2020 г. – 103 с.).

Соответствие (несоответствие) научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Изучение диссертационной работы и научных публикаций Багдюна А.А. свидетельствуют о том, что соискатель обладает высокой научной и профессиональной квалификацией в вопросах теоретической, прикладной и законодательной метрологии применительно к проблеме измерений наноразмерных частиц. Круг сформулированных задач и уровень их решения свидетельствуют о том, что соискатель является сложившимся исследователем и готов к самостоятельной научной деятельности.

Квалификация соискателя соответствует требованиям, предъявляемым к соискателям ученой степени кандидата технических наук.

Заключение

Приведенные выше замечания и предложения не снижают теоретической и практической значимости выполненной работы.

Считаю, что рассматриваемая работа соответствует пунктам 20 и 21 «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь», а ее автор Багдюн Александр Андреевич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.11.15 – «Метрология и метрологическое обеспечение» за новые теоретические и прикладные результаты в области метрологического обеспечения измерений размеров наночастиц, включающие:

– эталонный комплекс средств измерений размеров наночастиц, созданный на основании проведенных исследований и включенный в состав «Национального эталона единицы длины – метра в нанометровом диапазоне» и «Эталонного комплекса метрологического обеспечения средств измерений параметров дисперсных сред» с диапазоном измерений размеров частиц: от 50 нм до 50 мкм для частиц находящихся на подложке, от 50 нм до 2 мкм для частиц находящихся в жидкости, от 20 нм до 1 мкм для частиц находящихся в воздухе, отличающийся комплексным подходом к обеспечению единства измерений и предназначенный для реализации схем метрологической прослеживаемости результатов измерений размеров наночастиц в различных

дисперсных средах, путем установления метрологических характеристик рабочих эталонов;

– методику теоретико-экспериментальной оценки погрешности измерения размеров наночастиц с помощью эталонных средств измерений, основанную на применении унифицированной классификационной схемы источников погрешностей и позволившую впервые установить погрешность передачи единицы длины – метра измерительной системой, реализующей интерферометрический метод измерения, составившую 2,0 % при измерении частиц на подложке в вертикальной плоскости и 0,6 %, при измерении частиц на подложке в латеральной плоскости, измерительной системой, реализующей метод динамического рассеяния света, составившую 1,1 % при измерении частиц в жидкости, измерительной системой, реализующей метод анализа дифференциальной электрической подвижности частиц, составившую 2,4 % при измерении частиц в воздухе;

– схемы метрологической прослеживаемости результатов измерений размеров наночастиц, построенные на основании сформулированных принципов, включающие в себя процедуры испытания рабочих эталонов на основе стандартных образцов размеров наночастиц на созданном эталонном комплексе средств измерений размеров наночастиц и позволяющие обеспечить прослеживаемость измерений размеров наночастиц оборудованием предприятий реального сектора экономики к единицам Международной системы единиц (СИ),

что в совокупности позволяет развить действующую в стране Систему обеспечения единства измерений, включив в нее нанометровый диапазон измерений размеров частиц.

Официальный оппонент,
к.т.н., доцент кафедры «Электротехника
и электроника» Белорусского национального
технического университета, доцент


Е.Н. Савкова



Отзыв поступил в совет 6.12.2024  Н.Н. Рыжиков (

С отзывом ознакомлен  А.А. Богданов 10.12.2024