

ОТЗЫВ
на автореферат диссертации
**«МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ РАЗМЕРОВ
НАНОЧАСТИЦ»**, представленную **Багдюном А.А.** на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности **05.11.15 – Метрология и
метрологическое обеспечение.**

Актуальность темы. Одной из основных характеристик дисперсной среды является размер частиц, выраженный в единицах длины. Сложность измерения этого параметра связана с зависимостью механических, электрических, магнитных, оптических свойств частиц от их размера и формы. В случае наночастиц, из-за их малых размеров и, соответственно, большой удельной поверхности, они не только обладают высокой химической активностью, но и имеют физические, химические и биологические свойства, существенно отличающиеся от свойств объемных количеств этих веществ.

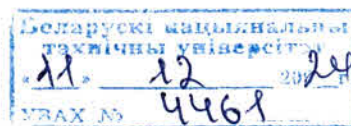
Наночастицы по условиям их производства и существования, как правило, не бывают моодисперсными. Информация об их фракционном составе, т. е. распределении наночастиц по размерам, является важнейшей научно-технической задачей, решение которой обеспечивает эффективность применения нанотехнологий, способствуют прогрессу в развитии исследований, связанных с применением нанобъектов. Обеспечить валидность измерений в масштабе времени, близком к реальному, невозможно без решения проблемы метрологического обеспечения измерений размеров наночастиц. Отсюда возникает задача метрологического обеспечения единства измерений параметров дисперсных сред.

Научная новизна полученных результатов заключается в том, что:

1. Разработана классификационная схема методов и средств измерений размеров, применяемых для единичных наночастиц и их ансамблей, позволившая выделить методы и средства, обеспечивающие наибольшую точность измерений для наночастиц, находящихся на подложке, в жидкости и в воздухе, и впервые применив комплексный подход, создать, на их основе, 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», с диапазоном измерений размеров от 50 нм до 50 мкм для частиц, находящихся на подложке, от 50 нм до 2 мкм для частиц, находящихся в жидкости, и от 20 нм до 1 мкм для частиц, находящихся в воздухе.

2. Разработан алгоритм комплексной теоретико-экспериментальной оценки погрешности измерений размеров наночастиц при использовании разработанных средств измерений, предполагающий создание универсальной классификационной схемы источников погрешностей измерений размеров наночастиц, количественную оценку выделенных источников погрешностей, построение аналитических моделей формирования погрешности для каждого эталонного средства измерений, что позволило 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.

3. Разработаны принципы построения и, созданные на их основе, схемы метрологической прослеживаемости результатов измерений размеров наночастиц, включающие в себя процедуры испытания рабочих эталонов на основе стандартных образцов размеров наночастиц на созданном эталонном комплексе средств измерений размеров наночастиц и обеспечивающие прослеживаемость к единицам Международной



системы (СИ), что в совокупности решает сложную научно-практическую задачу метрологического обеспечения измерений размеров наночастиц и способствует развитию Системы обеспечения единства измерений Республики Беларусь, распространяя ее на нанометровый диапазон.

Практическая ценность работы, судя по автореферату, заключается в возможности создания системы метрологического обеспечения измерений размеров частиц в нанометровом и микрометровом диапазонах.

Замечания по автореферату:

1. При описании методов измерений автором допущен ряд неточностей, связанных с определением измеряемой величины, например:

- автором при описании метода динамического рассеяния света сказано, что данный метод позволяет определять гидродинамический диаметр частиц, находящихся в растворах в виде взвесей. На самом деле, метод динамического рассеяния света позволяет определять гидродинамический диаметр дисперсной фазы в жидкой дисперсионной среде, не обязательно представленной раствором. С другой стороны, дисперсная фаза не обязательно должна быть представлена твердыми частицами (взвесями) и может представлять из себя также капли жидкости и пузырьки газа;

- автором утверждается, что, на основании уравнения Стокса-Эйнштейна определяется гидродинамический размер частиц. Данный тезис не соответствует действительности, так как на основании уравнения Стокса-Эйнштейна в методе динамического рассеяния света (ДРС) определяется гидродинамический диаметр частиц. Физический смысл вышеуказанного определения заключается в том, что в технических реализациях метода ДРС определяются диаметры сферических частиц, имеющих ту же скорость смещения относительно жидкой среды, что и измеряемая частица. То есть, в методе ДРС всегда используется модель эквивалентной идеальной сферы, значение диаметра которой строго определено.

- автором утверждается, что метод анализа дифференциальной электрической подвижности частиц позволяет по электрической подвижности частиц определять размер частиц, находящихся в составе аэрозолей. Метод анализа дифференциальной электрической подвижности (ДЭП) позволяет определять аэродинамический диаметр частиц, а не их размер.

2. Автором описаны не все основные источники неисключенных систематических погрешностей измерений диаметров частиц методом ДРС.

В состав комплекса эталонного оборудования включен анализатор размеров частиц SZ-100, позволяющий определять гидродинамический диаметр частиц и строить соответствующие функции распределения диаметров частиц в зависимости от занимаемого ими объема или их количества. Для построения подобных функций распределения необходимо применять теорию рассеяния Ми. В связи с этим, при определении источников неисключенных систематических погрешностей необходимо также учитывать погрешность, обусловленную показателем преломления измеряемых частиц.

3. При определении источников неисключенных систематических погрешностей измерений аэродинамического диаметра частиц методом ДЭП автором не учтена вероятность наличия нескольких зарядов на поверхности частиц, что напрямую влияет на результат измерений диаметра частиц.

Несмотря на отмеченные замечания, общая оценка работы положительная, выявленные недостатки не снижают ее ценности.

Автореферат и публикации по теме диссертации позволяют заключить, что диссертация Багдюна А.А., является законченной квалификационной работой, соответствующей требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Багдюн А.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.15 – Метрология и метрологическое обеспечение.

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений»

Заместитель начальника лаборатории НИО-6
Кандидат технических наук



Д.И. Беленький

Беленький Дмитрий Ильич
141570, Московская область, г. Солнечногорск,
рабочий поселок Менделеево, промзона ФГУП «ВНИИФТРИ»
Телефон:
e-mail: belenky@vniiftri.ru

Подпись Беленького Д.И. заверяю



*На основании
отчета и автор
Д.И. Беленький*

Отзав поступили в совет 11.12.2024  Н.Н. Ризниченко
С отзовом взиманием  А.А. Багдюн 11.12.24