

ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертационную работу
Беленького Дмитрия Ильича

**«Разработка методов и средств воспроизведения и передачи единицы
дзета-потенциала частиц в жидкостях»,**

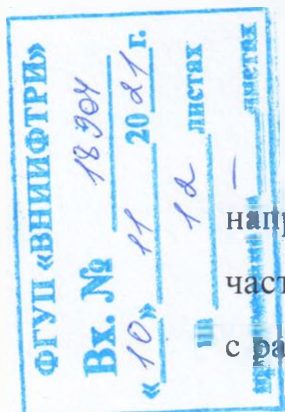
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.15 - Метрология и метрологическое обеспечение

Актуальность темы диссертации

Электрокинетический (дзета) потенциал является одним из важнейших параметров, характеризующих стабильность дисперсных систем. Его измерения необходимы при контроле продукции многих отраслей промышленности различных отраслях промышленности (химической, нефтехимической, фармацевтической), при контроле некоторых строительных материалов (например, цемента), лако-красочной продукции, оптимизации систем очистки воды и почв. Востребованы измерения дзета-потенциала и в научных исследованиях, особенно в области нанотехнологий, при разработке новых лекарственных препаратов. В российских аналитических лабораториях используются различные анализаторы дзета-потенциала, на рынке появляются все новые модели, главным образом зарубежных производителей. Несмотря на высокую востребованность и распространенность измерений дзета-потенциала в Российской Федерации, до недавнего времени они не были метрологически обеспечены. Поэтому задача разработки методов и средств воспроизведения и передачи единицы дзета-потенциала, является, безусловно, актуальной.

**Степень обоснованности научных положений и выводов,
сформулированных в диссертации**

В диссертации предложены и реализованы технические решения, направленные на воспроизведение единиц дзета-потенциала дисперсных частиц в жидкости в интервале значений от минус 150 до плюс 150 милливольт с расширенной неопределенностью при $k=2$ не превышающей 5 %. При этом



в зависимости от диапазона размеров частиц предусматривается использование либо метода микроэлектрофореза, либо комбинации методов, основанных на электрофоретическом рассеянии света. (PALS + ELS). Выбор указанных методов и конкретных средств измерений для их реализации обоснован подробным и достаточно анализом существующих подходов к измерению дзета-потенциала, сравнением их метрологических и технических характеристик. Проведены экспериментальные исследования конкретных средств измерений, отобранных для использования в составе первичного эталона. Метрологические характеристики всех рассматриваемых средств измерений оценивались в соответствии с рекомендациями Руководства по выражению неопределенности измерений.

В диссертации также экспериментально апробированы различные виды частиц, предполагавшиеся к использованию в качестве основы для стандартных образцов дзета-потенциала. На основании анализа полученных результатов сделан обоснованный вывод о предпочтительности использования для создания таких стандартных образцов супрамолекулярных систем на основе водных растворов L-цистеина (L-cysteine) и ацетата серебра (ЦСРац) и N-ацетил-L-цистеина (N-Acet-L-cysteine) и ацетата серебра (НАЦац). Приведенные в диссертации рекомендации по оптимальным условиям синтеза супрамолекулярных систем для передачи единицы дзета-потенциала в широком диапазоне значений сделаны на основании анализа результатов подробных экспериментальных исследований. Долговременная стабильность каждого из прототипов предлагаемых стандартных образцов подтверждается результатами измерений, проводившихся ежемесячно в течении 18 месяцев.

Научная новизна результатов диссертации

Наиболее новым и интересным научным результатом диссертации является использование супрамолекулярных систем на основе водных растворов L-цистеина (L-cysteine) и ацетата серебра (ЦСРац) и N-ацетил-L-

цистеина (N-Acet-L-cysteine) и ацетата серебра (НАЦац) в качестве материала для создания стандартных образцов дзета-потенциала. Это оригинальное решение позволило получить целую линейку значений дзета-потенциала в диапазоне от минус 124,3 до плюс 131,6 милливольт. Впервые в одном наборе стандартных образцов удалось передавать дзета-потенциал в столь широком диапазоне значений. Для сравнения отметим, что ранее создаваемые стандартные образцы и образцы сравнения дзета-потенциала воспроизводили его значения в весьма узких диапазонах значений, причем все значения внутри каждого из диапазонов были одного знака. Таким образом, следует отметить новизну как в части физико-химического принципа передачи дзета-потенциала, так и в части широкого диапазона значений.

Практическая значимость результатов диссертации

Результаты, полученные в диссертации, позволяют создать систему метрологического обеспечения измерений дзета-потенциала в Российской Федерации, ранее такая система отсутствовала. На основе результатов диссертации разработан проект поверочной схемы для средств измерений дзета-потенциала. Схема должна возглавляться комплексом эталонных средств воспроизведения единицы дзета-потенциала частицы, входящим в состав Государственного первичного эталона ГЭТ -163. В поверочной схеме предусматривается передача единицы дзета-потенциала от указанного комплекса рабочим эталонам и рабочим средствам измерений. Для этой цели разработаны прототипы стандартных образцов, определены их метрологические характеристики и доказана долговременная стабильность в течение 18 месяцев.

Общая характеристика диссертации

Диссертация Беленького Д.И. состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и трех приложений, в одном из которых приведен проект поверочной схемы для средств измерений дзета-потенциала в жидкостях. Тематика диссертации и ее содержание соответствуют паспорту

специальности 05.11.15 «Метрология и метрологическое обеспечение». По результатам диссертации опубликовано 13 работ, в том числе 3 в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus и 3 в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и образования Российской Федерации. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Замечания по диссертации

1 При анализе современного состояния вопроса в диссертации упоминается только один стандартный образец, применяемый при измерениях дзета-потенциала, а именно SRM NIST 1980. В то же время существуют стандартные образцы дзета-потенциала, выпускаемые Европейским институтом стандартных образцов ERM FD-305 и ERM FD-306 на основе плавленного кварца. Аналогичные образцы выпускаются также и NIST (SRM 1992 и SRM 1993). Было бы правильно привести характеристики этих образцов и сравнить их с параметрами прототипов стандартных образцов, разработанных диссертантом.

2 В таблице 1 (стр.54) приводятся характеристики комплекса эталонных средств воспроизведения дзета-потенциала, в числе этих характеристик указаны диапазоны счетных концентраций измеряемых частиц. В частности, для частиц с размерами в интервале от 0,001 до 10 мкм указан диапазон счетных концентраций от 70 до 1000 частиц на см³. Такие значения счетных концентраций являются совершенно нереалистичными, поскольку измерения как методом динамического, так и электрофоретического рассеяния света возможны в диапазоне счетных концентраций от 10⁷ частиц на см³ и выше. Оптимальный диапазон концентраций для этих методов находится в интервале от 10⁹ до 10¹² частиц на см³.

3 На рисунках 3.5, 3.7-3.9, 3.13-3.14 приведены результаты измерений на анализаторе Zetasizer Nano ZS для различных образцов. В подписях под этими рисунками написано, что приводится «измеренное значение (среднее по результатам 10 измерений) дзета-потенциала частиц». В действительности на


этих рисунках представлены **распределения** дзета- потенциала. Вообще в работе не рассматриваются вопросы, связанные с возможностью воспроизведения и передачи распределений дзета-потенциала, а эти распределения являются важными характеристикам дисперсных систем и важны для оценки их агрегационной устойчивости.

4 Средства измерений, входящие в состав усовершенствованного эталона, непосредственно измеряют электрофоретическую подвижность частиц, для определения по которой дзета-потенциала используется коэффициент Генри. В диссертации (стр.50) указано, что значения этого коэффициента изменяются от 1 до $3/2$ в зависимости от исследуемой системы. Как определялся этот коэффициент для тех систем, которые были исследованы в диссертации не указано, не указаны даже используемые при этом критерии. На стр. 63 при оценке различных составляющих неисключенной систематической погрешности (НСП), граница НСП определения коэффициента Генри оценивается как 0,8 %. Почему взято именно такая оценка, не поясняется.

5 Во введении и в первой главе диссертации рассматриваются основные подходы к теории дзета-потенциала, его значения как критерия устойчивости дисперсных систем, в этой связи рассматриваются электроповерхностные и электрокинетические явления. При этом не упоминается теория ДЛФО (Дерягина-Ландау- Фервея-Овербека) которая показывает и количественно описывает связь между дзета-потенциалом и агрегационной устойчивостью дисперсных систем. На эту теорию ссылаются не только в значительном большинстве учебников и научных работ, где рассматривается дзета-потенциал и его измерения, но и в руководствах и рекомендациях по использованию соответствующих приборов.

Заключение

Отмеченные замечания не снижают общей, безусловно положительной, оценки диссертации, которая является законченной научно-исследовательской работой, удовлетворяющей требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям Положением о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор – Дмитрий Ильич Беленький, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.15 - Метрология и метрологическое обеспечение.

Официальный оппонент, ведущий научный сотрудник ФГУП «ВНИИОФИ», доктор технических наук  А.Д. Левин

Левин Александр Давидович,

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений, 119361, Москва, Озерная улица, дом 46.

Тел. +7-495-781-24-55 (служебный) +7-916-307-80-43 (мобильный)

E-mail levin-ad@vniiofi.ru

Подпись ведущего научного сотрудника лаборатории аналитической спектроскопии и метрологии наночастиц ФГУП «ВНИИОФИ», д.т.н. по специальности 05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие системы» Левина Александра Давидовича заверяю

Ученый секретарь ФГУП «ВНИИОФИ» 



Л.Н. Анисимова
10.11.2021.