

УДК 006.91:544+ 53.08

КОМПЛЕКС ЭТАЛОННОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЕДИНИЦЫ ДЗЕТА-ПОТЕНЦИАЛА

Д.И. Беленький, Д.М. Балаханов, Е.В. Лесников

*ФГУП «ВНИИФТРИ», п. Менделеево, Московская область
balakhanov@vniiftri.ru*

Описываются состав и метрологические характеристики комплекса эталонной, аппаратуры для передачи и воспроизведения единицы дзета-потенциала.

Composition and metrological characteristics of equipment complex for transfer and reproduction of zeta-potential unit are described.

Ключевые слова: дзета-потенциал, эталонный комплекс аппаратуры, метрологические характеристики.

Key words: zeta-potential, equipment complex, metrological characteristic.

На сегодняшний день приборы для измерения дзета-потенциала получают все более широкое распространение. Это связано с тем, что дзета-потенциал является показателем стабильности суспензий и эмульсий и контролируется в ключевых отраслях, таких как нефтяная промышленность, пищевая промышленность, химическая промышленность, фармацевтика и фармакология, биотехнологии и медицина.

В настоящее время для подобных измерений отсутствует поверочная схема, испытания с целью утверждения типа и поверка приборов по метрологическим характеристикам, связанным с измерением дзета-потенциала, не проводятся.

В 2012–2014 годах вышли международные стандарты ISO (13099-1, 13099-2 и 13099-3), описывающие методы определения дзета-потенциала. В России нормативных документов по данному виду измерений отсутствовали.

В связи с этим возникла потребность в обеспечении единства измерений дзета-потенциала.

Состав и метрологические характеристики комплекса аппаратуры для передачи и воспроизведения единицы дзета-потенциала

Эталонный комплекс состоит из двух основных частей (рис. 1). Первой составной частью является система на основе прибора Zetasizer Nano ZS с автотитратором МРТ-2, в которой была реализована комбинация методов фазового анализа рассеянного излучения (PALS) и электрофоретического рассеяния света (рис. 2).

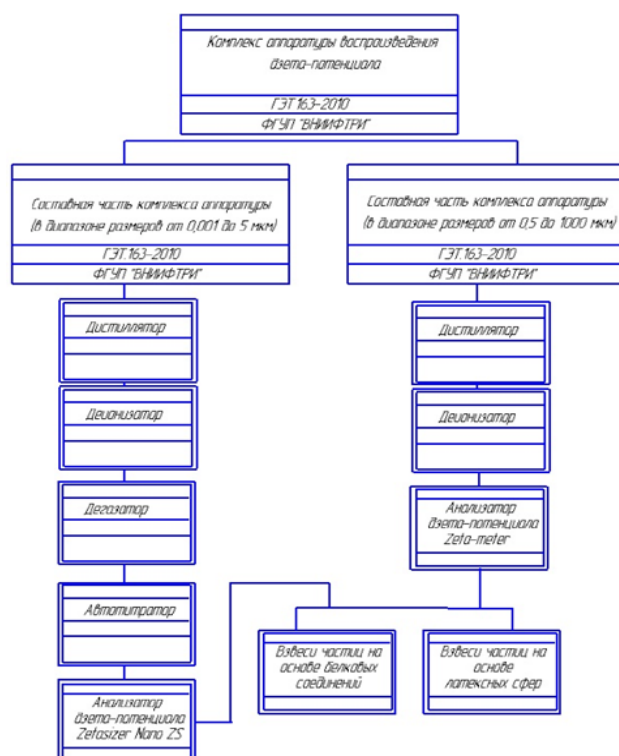


Рис. 1. Комплекс воспроизведения и передачи единицы дзета-потенциала

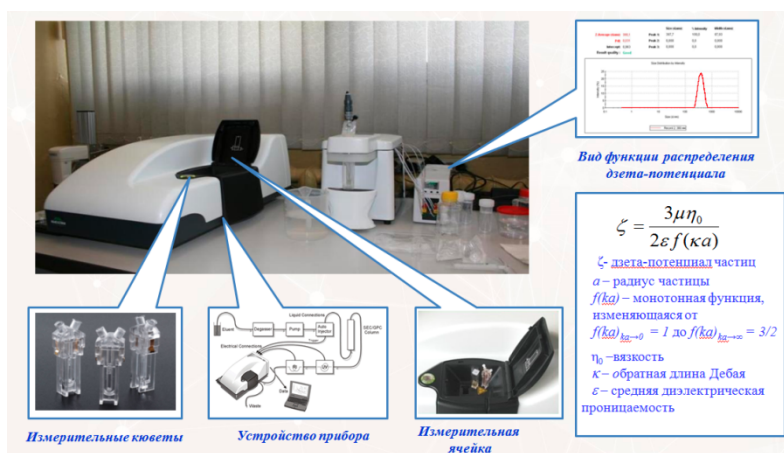


Рис. 2. Составная часть эталонного комплекса, реализующая комбинацию методов PALS ELS

Электрофоретическое рассеяние света ELS является косвенным методом измерения электрофоретической подвижности μ , основанным на доплерском сдвиге рассеянного частицами света [1]. Когерентный свет освещают части-

цы, диспергированные в жидкости и находящиеся в электрическом поле. Заряженные частицы двигаются к аноду или катоду в зависимости от знака заряда, при этом частота рассеянного света зависит от их скорости и изменяется в соответствии с эффектом Доплера. Таким образом, по доплеровскому сдвигу частоты и определяют электрофоретическую подвижность [2].

Иногда разница частот модулятора и доплеровского сдвига меньше 1 Гц [3], тогда разрешение спектров невысокое, поэтому лучше применять фазовый анализ рассеянного излучения PALS [4]. Однако методом PALS можно определить только среднее значение электрофоретической подвижности.

Комбинация PALS и ELS с быстрой и медленной сменой напряжения позволяет предотвратить поляризацию электрода ячейки и разделить эффекты электрофореза и электроосмоса [3]. Таким способом определяют среднее значение и спектры электрофоретической подвижности [5].

Метрологические характеристики системы, основанной на комбинации методов PALS и ELS, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Метрологические характеристики системы

S, %	Θ, %	u _b , %	u _a , %	u _c , %	U, %
2,00	2,13	0,88	2,00	2,19	4,37

Второй составной частью является система на основе прибора ZetaMeter, в которой был реализован метод микроэлектрофореза (рис. 3).

Zeta-Meter измеряет влияние электростатического заряда. Это базовая поверхностная сила, вызывающая электрическое отталкивание между находящимися рядом частицами.

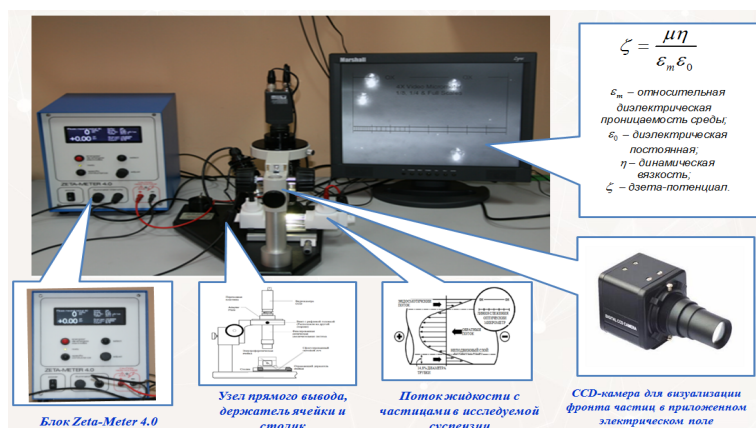


Рис. 3. Составная часть эталонного комплекса, реализующая метод микроэлектрофореза

Поверхностный заряд на микроскопической частице вызывает разность электрических потенциалов в милливольтгах между поверхностью каждого коллоида и массой жидкости суспензии. Эта разность называется «электрокинетическим потенциалом» («дзета-потенциалом»).

Его легко измерить, поскольку заряженный коллоид начнет двигаться при помещении суспензии между двумя электродами, между которыми проходит постоянный ток, а его скорость будет пропорциональна электрокинетическому потенциалу.

Измерения электрокинетического потенциала проводятся методом, называемым микроэлектрофорезом.

Для наблюдения за коллоидными частицами внутри камеры, называемой электрофоретической ячейкой, используется высококачественный стереоскопический микроскоп и набор видео-оптики. Электроды, расположенные в каждом конце камеры, подключаются к источнику электропитания, создавая электрическое поле в камере. Заряженные коллоиды движутся в поле, а их скорость и направление движения связаны с их электрокинетическим потенциалом.

Прибор сначала измеряет электрофоретическую подвижность частиц, которая выражается в «метр/секунду на вольт/метр». Первый термин «метр/секунду» – это мера скорости, а второй термин «вольт/метр» – это выражение силы электрического поля. Электрокинетический потенциал (в милливольтгах) рассчитывается по результатам измеренной электрофоретической подвижности.

Разработанная конфигурация ячейки и выбранный материал электродов позволили проводить измерения дзета-потенциала частиц различной природы и различного поверхностного заряда посредством приложения напряжения в широком диапазоне (от 10 до 300 В). Разработанная конфигурация ячейки позволила отрегулировать отклик исследуемой области таким образом, что погрешность от неравномерности скоростей фронта частиц исключена.

Метрологические характеристики системы, реализующей в себе метод микроэлектрофореза, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Метрологические характеристики системы

S, %	Θ , %	u_b , %	u_a , %	u_c , %	U, %
2,15	2,32	0,96	2,15	2,35	4,71

В заключение стоит отметить тот факт, что разработанный комплекс является уникальным техническим решением, а его метрологические характеристики не имеют аналогов в России и за рубежом.

Литература

1. Беленький Д.И., Балаханов Д.М., Лесников Е.В. Определение дзета-потенциала. Краткий обзор основных методов // Аналитика, 2017, № 3.
2. Xu R. Particle characterization: Light scattering methods. Chapter 6. Dordrecht: Kluwer. 2000, pp. 289-343.
3. ГОСТ ISO 13099-2 2916. ГСИ. Методы определения дзета-потенциала. Часть 2. Оптические методы.
4. Miller J.F. The Determination of very small electrophoretic mobilities in polar and non polar colloidal dispersions using phase analysis light scattering // J. Colloid Sci., 1991, pp. 532-553.
5. Connah V.L., Kaszuba M., Morfesis A. High resolution zeta-potential measurements: Analysis of multi-component mixtures. // J. Disper Sci Technol, 2002, 23, pp. 663-669.