

## Разработка мер размера частиц в жидкой среде

Аверкин Д. В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений», г.п. Менделеево, Московская область, Россия

<sup>2</sup> Тверской государственный университет, г. Тверь, Россия, e-mail: averkin@vniiftri.ru

**Аннотация:** Проводятся исследования по разработке мер размера частиц в жидкой среде на основе водных суспензий полистирольных латексных сфер. Характеризация физико-химических свойств синтезированных полистирольных латексных сфер проводилось на оборудовании из состава Государственного первичного эталона единиц дисперсных параметров аэрозолей, взвесей и порошкообразных материалов ГЭТ 163-2020. Исследованы метрологические характеристики полученных в ходе разработки мер размера частиц в жидкости.

**Ключевые слова:** частица, полистирольные латексы, микроэмульсия, ГЭТ 163-2020, мера, эмульсионная полимеризация, коллоидная частица

Стандартные образцы и меры размеров частиц в метрологии предназначены для калибровки и поверки анализаторов размеров частиц, а также для контроля метрологических характеристик этих анализаторов. В качестве мер и стандартных образцов размеров частиц при проведении контроля метрологических характеристик средств измерений, предназначенных для измерения дисперсных параметров суспензий, эмульсий и порошкообразных материалов, могут выступать взвеси металлических порошков, например, корунда, и взвеси латексных сфер на основе полиметилметакрилата и полистирола. Наиболее универсальными и распространенными стандартными образцами и мерами размера частиц по своим совокупным физико-химическим характеристикам являются образцы на основе полистирольных латексных сфер. Первым способом получения моодисперсных частиц на основе полистирольных латексных сфер является эмульсионная полимеризация в нерастворимой со стиролом среде [1,2]. Вторым способом является дисперсионная полимеризация стирола в присутствии стабилизаторов в виде различных полимеров – поливинилпирролидона, полиметилметакрилата, полиакриловой кислоты [3-6].

Целями проводимых исследований являлись, разработка мер размера частиц в жидкости на основе полистирольных латексных сфер в диапазоне размеров от 0,08 мкм до 1 мкм и определение метрологических характеристик полученных мер.

С целью разработки мер размера частиц в жидкости, на данном этапе работ, для получения суспензии с заданными характеристиками применялся метод эмульсионной полимеризации путем инициирования полимеризации на поверхности синтезированных в одну стадию моодисперсных латексных сфер. Исследование гранулометрического состава полученных водных суспензий полистирольных латексных сфер (суспензия) проводилось на оборудовании из состава Государственного первичного эталона единиц дисперсных параметров аэрозолей, взвесей и порошкообразных материалов ГЭТ 163-2020 методами динамического рассеяния света (ДРС) и дифракции лазерного излучения (ДЛИ) [7].

В результате была разработана технология получения суспензий с заданными медианными значениями диаметра частиц, лежащих в воспроизводимых диапазонах. Все суспензии из указанного списка были исследованы методами ДЛИ и ДРС. Для указанных диапазонов размера частиц были рассчитаны значения относительного среднего квадратического отклонения (S). Расчет S для суспензий проводили по измеренным медианным значениям по формуле [8]:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \cdot 100\% \quad (1)$$

где  $x_i$  –  $i$ -е измеренное значение или показание в ряду из  $n$  значений;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое из  $n$  измеренных значений или показаний.

В результате исследования метрологических характеристик, полученных в ходе разработки мер размера частиц в жидкости установлено, что  $S$  суспензий, изученных методом ДЛИ, не превышает 3,2%, для суспензий, изученных методом ДРС,  $S$  не превышает 6%.

В настоящее время разработка мер размера частиц в жидкости находится на стадии утверждения типа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Эмульсионная полимеризация гидрофобных мономеров в высокодисперсных эмульсиях / И.А. Грицкова [и др.] // Высокомолекулярные соединения. 1991. Т. (А) 33, № 7. С. 1476–1483.
2. Прокопов Н.И., Грицкова И.А. Особенности гетерофазной полимеризации стирола при образовании поверхностно-активных веществ на границе раздела фаз // Успехи химии. 2001. № 9. С. 890-900.
3. Dynamic optimization of semi-batch emulsion co-polymerization reactor for styrene/butyl acrylate in the presence of a chain transfer agent / R. Paulen [et al.] // Computer-aided chemical engineering. 2013. V. 32. P. 721–726. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63234-0.50121-4>
4. Macbeth A.J., Lin Z., Goddard J.M. General method for emulsion polymerization to yield functional terpolymers // MethodsX. 2020. V. 7. 101110. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.101110>
5. Poly(methyl methacrylate)/polystyrene composite latex particles with a novel core/shell morphology / T. Wang [et al.] // Journal of Materials Science. 2010. V. 45. P. 3392–3395. <https://doi.org/10.1007/S10853-010-4449-9>
6. Synthesis of raspberry-like poly(styrene–glycidyl methacrylate) particles via a one-step soap-free emulsion polymerization process accompanied by phase separation / F. Xinlong [et al.] // Langmuir. 2013. V. 29. P. 11730–11741. <https://doi.org/10.1021/la402759w>
7. Совершенствование Государственного первичного эталона единиц дисперсных параметров аэрозолей, взвесей и порошкообразных материалов ГЭТ 163–2010 / М. В. Балаханов [и др.] // Измерительная техника. 2018. № 12. С. 3–7. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2018-12-3-7>
8. РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. М. : Стандартинформ, 2014. С. 12.