ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кучко Артема Владимировича «Разработка математических методов интерпретации данных малоуглового рентгеновского рассеяния от полидисперсной системы наночастиц», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «1.3.2 - «Приборы и методы экспериментальной физики»

Актуальность работы. Основная задача полимерного материаловедения - создание полимерных материалов нового поколения - в настоящее время наиболее часто решается при формировании композиционных материалов полимера и аллотропных форм наноуглерода. Причем финишные свойства композита существенным образом зависят от геометрических характеристик нанодисперсного наполнителя (дисперсность, удельная поверхность, фрактальность). Приходится учитывать, что геометрические характеристики частиц сухих порошков наноуглеродов и частиц наноуглеродов, введенных в матрицу полимера заметно различаются. В этой связи весьма важной и актуальной задачей является адекватное описание геометрических характеристик ансамбля частиц высокодисперсного наполнителя непосредственно в объеме полимерной матрицы. Один из немногих методов получения такого рода информации о частицах высокодисперсного наполнителя является метод малоуглового рентгеновского рассеяния.

Таким образом, диссертация Кучко А.В. посвященная разработке методов получения на основе интенсивности малоуглового рентгеновского рассеяния детальной структурной информации о системах частиц нанометрового диапазона, несомненно, актуальна.

Научная новизна. В автореферате представлена постановка математической задачи моделирования интенсивности малоуглового рентгеновского рассеяния с использованием некоторой универсальной функции распределения объемной доли частиц-рассеивателей по их радиусам гирации и предложен эффективный метод решения этой задачи. Хотя сама задача поиска функции распределения на основе интенсивности решается в условиях некорректно поставленной задачи, А.В.Кучко удалось разработать вполне удовлетворительный метод ее решения. Для тестирования точности разработанного метода был использован целый ряд модельных полидисперсных систем из рассеивателей различной формы и анизометричности. Для каждой такой системы проверка осуществлялась по логической схеме: (1) расчет зашумленной имитационной интенсивности рассеяния; (2) восстановление распределения объемных долей по радиусам инерции на основе развитого в диссертации метода при разных гипотезах о форме рассеИвателей; (3) сравнение исходного и восстановленного распределения; (4)

сопоставление с экспериментальным значением, значением удельной поверхности, найденного на основе полученных распределений. Из представленных численных оценок следует, что в случае правильной модели расхождение между истинной и восстановленной функциями распределения не превышает 4% при шумовой добавке в имитационной интенсивности в 1%. С помощью численного моделирования также показано, что такая характеристика нанопорошка, как удельная поверхность, может служить для отбрасывания значительной части неверных предположений о форме частиц. Причем в случае правильной гипотезы о форме частиц в рамках разработанной методики удается оценить удельную поверхность достаточно точно.

Из-за некорректности задачи искажения кривой рассеяния, связанные с атомарными неоднородностями и агломератами частиц, существенно затрудняют вычисление функции распределения размеров. Следует отметить, что разработанный Кучко А.В. метод предварительной обработки индикатрис нивелирует такие искажения реальных кривых интенсивности.

В композитных материалах, содержащих в своем составе нанодисперсные наполнители, как правило, доля наполнителя составляет небольшую долю объема материала. С этой точки зрения, первая часть работы представляет наибольший интерес. Но предложенный в работе Кучко А.В. метод интерпретации данных малоуглового рентгеновского рассеяния от систем с высокой долей заполнения объема рассеивающим веществом также, несомненно, представляет научный интерес, поскольку позволяет определить ограничения накладываемые межчастичной интерференцией при интерпретации данных МУРР.

Диссертационные материалы с необходимой полнотой обсуждены на ведущих международных научно-технических симпозиумах и конференциях и опубликованы в научно-технических и научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Практическая значимость результатов исследований. Практическое применение предложенного в работе метода в силу некорректности задачи требует точной настройки как самого метода, так и модели. Это учтено при разработке программного пакета SAXSEV, позволяющего в интерактивном режиме находить оптимальные значения регулировочных параметров.

Замечания. Для повышения практической значимости было бы целесообразно иметь дополнительное приложение к с документацией к пакету SAXSEV.

Исходя из вышесказанного, с учетом критериев оценки диссертационных работ считаю, что диссертационная работа «Разработка математических методов интерпретации данных малоуглового рентгеновского рассеяния от полидисперсной системы наночастиц»,

в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Кучко А.В несомненно заслуживает присвоения ученой степени кандидата **физико-математических** наук по специальности **1.3.2 - «Приборы и методы экспериментальной физики».**

Рецензент:

Возняковский Александр Петрович
доктор химических наук,
заведующий сектором ФГБУ «Ордена Ленина
и ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт синтетического
каучука имени академика С.В. Лебедева»
198035, Санкт-Петербург, ул. Гапсальская, д.1
Тел. (812)251-07-39; 8 905 2268267 voznap@mail.ru
15.01.2026

Подпись сотрудника А.П. Возняковского заверяю:
Ученый секретарь ФГБУ «НИИСК»

д.т.н., проф. Матвеева Л.Ю.
15.01.2026

Я, Возняковский Александр Петрович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета и их дальнейшую обработку.