

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Амбарова Александра Васильевича «Математическое моделирование динамических свойств ансамбля взаимодействующих суперпарамагнитных частиц», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

Исследованию магнитоуправляемых материалов, композитов с включением магнитных наночастиц, уделено значительное внимание из-за широкого спектра областей, где они находят применение. В последние года такой интерес только возрос, что связано с развитием методов получения полимерных композитов с эластичными свойствами для изготовления мягких роботов и методам 3D печати композитных материалов. Поэтому построение математической модели, которая позволяет описывать и предсказывать магнитные свойства таких материалов, является актуальной научной задачей фундаментальных и прикладных исследований.

Целью данного диссертационного исследования было построение математической модели для описания динамических свойств ансамбля обездвиженных суперпарамагнитных наночастиц под влиянием переменного и постоянного магнитных полей с учетом дипольных межчастицных взаимодействий. Для достижения этой цели были поставлены такие задачи, как построение аналитического решения для намагниченности и восприимчивости такой системы в слабых магнитных полях, поиск эффективных алгоритмов численного моделирования и исследование совместного влияния межчастицных диполь-дипольных взаимодействий и внутренней магнитной анизотропии на динамические магнитные свойства ансамбля суперпарамагнитных частиц. Для решения данных задач автор использует подход, основанный на решении уравнения Фоккера-Планка-Брауна с помощью теории возмущений, численное решение которого было

реализовано при использовании безусловно устойчивой конечно-разностной схемы для уравнения конвекции-диффузии.

Результаты работы были опубликованы в 2 статьях сборника научных трудов, 8 тезисах российских и международных конференций, а также опубликованы в 4 статьях в индексируемых научных журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ и 2 запатентованных программных комплексах.

Наиболее значительными результатами работы, на наш взгляд, являются следующие:

- 1) Была построена математическая модель, которая описывает динамическое поведение ансамбля обездвиженных суперпарамагнитных наночастиц с учетом вклада диполь-дипольных межчастичных магнитных взаимодействий;
- 2) Разработан программный комплекс для численного решения моделирования динамические характеристики ансамбля обездвиженных суперпарамагнитных наночастиц, находящихся под действием переменного и статического магнитного поля;
- 3) Были определены основные закономерности поведения плотности вероятности ориентации магнитного момента частиц, находящихся одновременно в переменном магнитном поле и подмагничивающем статическом магнитном поле;
- 4) Установлены закономерности поведения намагниченности и магнитной восприимчивости в зависимости от амплитуды и взаимной ориентации переменного и статического магнитных полей, а также конкурирующих магнитокристаллической энергии и энергии Зеемана с учетом энергии тепловых флуктуаций.

В целом, автореферат позволяет сделать вывод о том, что диссертация Амбарова А.В.. на тему «Математическое моделирование динамических свойств ансамбля взаимодействующих суперпарамагнитных частиц»

выполнена на достаточно высоком научном уровне, представляет собой самостоятельное завершенное исследование и удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней УрФУ». Соискатель Амбаров Александр Васильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

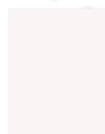
кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.11, директор НОЦ "Умные Материалы и Биомедицинские Приложения", доцент Балтийского Федерального Университета им. И. Канта



Родионова Валерия Викторовна

Адрес: 236001, г. Калининград, ул. Гайдара, д.6.;  
телефон: +7 900 346-84-82; valeriarodionova@gmail.com

кандидат физико-математических наук по специальности 1.3.12 (01.04.11), младший научный сотрудник НОЦ "Умные Материалы и Биомедицинские Приложения" Балтийского Федерального Университета им. И. Канта



Омельянчик Александр Сергеевич

Адрес: 236001, г. Калининград, ул. Гайдара, д.6.;  
телефон: +7 952 797-55-13; asomelyanchik@kantiana.ru

29 ноября 2022

