

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора Сесекина Александра Николаевича на диссертационную работу Амбарова Александра Васильевича «Математическое моделирование динамических свойств ансамбля взаимодействующих суперпарамагнитных частиц», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертация Амбарова А.В. посвящена моделированию и исследованию материалов, содержащих встраиваемые магнитные наночастицы в жидкую или полимерную матрицу, свойствами которых можно управлять с помощью внешнего магнитного поля. Такие материалы находят все более широкое применение в различных промышленных, биомедицинских сферах. Теоретическое описание таких материалов опирается на модель обездвиженных дипольных твердых сфер. Используемые в настоящее время теории, с помощью которых моделируют динамический отклик феррокомпозита, обычно не учитывают межчастичные взаимодействия. Экспериментальные данные тем не менее показывают, что дипольно-дипольные взаимодействия оказывают значительное влияние на свойства ансамблей дипольных частиц. Таким образом, тематика диссертации является актуальной.

Содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа содержит 122 страницы машинописного текста, в том числе список литературы из 97 наименований. Материал диссертации размещен в четырех главах, содержит 50 рисунков три приложения.

Во введении обосновывается актуальность диссертации; определен объект и цель и задачи работы; обозначены научная новизна, теоретическая и практическая значимость представляемых материалов; кратко описано содержание глав диссертации.

Первая глава посвящена обзору литературных источников, который позволяет оценить текущее состояние исследований по тематике диссертации. Проведен анализ современного развития изучаемой научной и определены

важные нерешенные задачи в исследовании ансамбля суперпарамагнитных частиц, которые рассматриваются в диссертационной работе.

Во второй главе рассматривается влияние межчастичных диполь-дипольных взаимодействий, различных вариантов ориентаций оси легкого намагничивания и направления переменного поля. Также приводится численное решение уравнения Фоккера-Планка-Брауна для произвольной амплитуды переменного магнитного поля. Исследуется погрешность численного решения и приводится сравнение аналитических и численных результатов.

В третьей главе исследуется влияние статического поля на динамические свойства ансамбля обездвиженных суперпарамагнитных частиц. Здесь рассматривается аналитическое решение уравнения Фоккера-Планка-Брауна для малой амплитуды переменного магнитного поля при различных конфигурациях магнитных полей. Проведено сравнение результатов аналитических методов с данными компьютерного моделирования. Приведено численное решение уравнения Фоккера-Планка-Брауна для случая произвольной амплитуды переменного поля, а также приведен расчет характерных времен релаксации магнитного момента.

Четвертая глава посвящена разработке и описанию работы программного комплекса. Здесь описана входная и выходная информация, взаимосвязь различных модулей программного комплекса.

В заключении приведены итоги выполнения работы, основные выводы и оговариваются основные направления дальнейших исследований.

Научная новизна работы заключается в следующем. Впервые разработана и изучена математическая модель, учитывающая одновременно влияние межчастичных диполь-дипольных взаимодействий. Получены аналитические выражения, позволяющие прогнозировать динамические магнитные характеристики суперпарамагнитных обездвиженных магнитных частиц в слабом магнитном поле. Реализована безусловно устойчивая численная схема решения уравнения Фоккера-Планка-Брауна при отсутствии граничных и начальных условий. Обосновано, что при параллельной конфигурации переменного и статического магнитных полей учет влияния подмагниченного статического магнитного поля приводит к нелинейным эффектам во взаимодействии магнитных частиц.

Результаты диссертации прошли достаточную апробацию. Они представлены в 16 публикациях, из них 4 статьи опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в список ВАК, рекомендуемых Аттестационным советом УрФУ и входящих в международные базы данных Scopus и Web of Science; 2 статьи опубликованы в сборниках научных трудов, 2 комплекса программ, зарегистрированных в Роспатент; 8 тезисов в сборниках международных и российских научных конференций.

Замечания и вопросы:

1. Было бы полезно провести на материалах, для которых известны их характеристики, сравнение их параметров с результатами математического моделирования.
2. В формуле (2.1.5) не указано, по какому множеству ведется интегрирование.
3. На стр. 28 нет пояснения, почему представленное решение справедливо лишь для малых амплитуд.
4. На стр. 39 указывается, что «Многочленные скалярные рекуррентные соотношения (2.2.5), (2.2.12) могут быть преобразованы в трехчленное матричное соотношение.» Преобразование не очевидное и его нужно было бы расписать по подробнее.
5. В библиографии при ссылках на статьи, опубликованные в Российских журналах, для удобства читателя следует в первую очередь приводить ссылки на Российские журналы, возможно затем ссылки на их перевод в заграничных изданиях, но не ограничиваться ссылками только перевод статей только в иностранных изданиях.

Отмеченные замечания не влияют на в целом положительную оценку диссертационной работы. Цели исследования были достигнуты. Поставленные задачи были решены. Эти результаты представляют научную и практическую ценность.

Заключение

Диссертация «Математическое моделирование динамических свойств ансамбля взаимодействующих суперпарамагнитных частиц» соответствует специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Диссертация является законченной научно-

квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, и в полной мере отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ». Автор диссертации, Амбаров Александр Васильевич, заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», заведующий кафедрой прикладной математики и механики.

Сесекин Александр Николаевич


Адрес:

620002, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19,

тел. +7 (343) 375-44-44,

E-mail: contact@urfu.ru

«07» декабря 2022 г.



Подпись *Сесекина А.Н.*
Заверяю: вед. документов
С.В. Жуков