

## Отзыв научного руководителя

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

В диссертационной работе Амбарова А.В. исследованы магнитные свойства ансамбля обездвиженных взаимодействующих суперпарамагнитных частиц с анизотропной ориентационной архитектурой. Рассматриваемый ансамбль частиц является широко распространенной моделью полимерных магниточувствительных композитов (материалов, состоящих из магнитных наночастиц, внедренных в полимерную матрицу), которые находят все более активное применение во многих наукоемких промышленных и медико-биологических технологиях. Для применения этих материалов в высокоточных технологиях возникает необходимость в прогнозировании и «программировании» реакции композитов на внешние магнитные поля.

В рамках диссертационной работы была изучена модель обездвиженных взаимодействующих суперпарамагнитных частиц, оси легкого намагничивания которых выровнены и направлены параллельно друг другу. В реальности такие системы синтезируются из жидких дисперсий суперпарамагнитных частиц, помещенных в сильное постоянное магнитное поле, путем полимеризации жидкости-носителя. После полимеризации частицы теряют трансляционные степени свободы, и их реакция на внешние магнитные поля происходит по неелевскому механизму, когда магнитный момент частицы отклоняется от оси легкого намагничивания внутри тела частицы. Моделирование динамических свойств рассматриваемой системы основывалось на аналитическом и численном решении уравнения Фоккера-Планка-Брауна. Главный акцент в работе сделан на одновременном учете влияния межчастичных диполь-дипольных взаимодействий и интенсивности переменного магнитного поля на свойства исследуемой системы. Стоит заметить, что теоретических работ, одновременно учитывающих оба этих фактора при описании динамики ансамбля обездвиженных суперпарамагнитных частиц в современной научной литературе просто нет. Динамическое поведение исследуемой системы было изучено для различных конфигураций внешнего магнитного поля: на частицы действовало только переменное поле, различной амплитуды; одновременно с действием переменного поля присутствовало подмагничивающее постоянное поле, сонаправленное или перпендикулярно-направленное переменному полю. Таким образом, Амбаровым А.В. был рассмотрен широкий класс задач,

решение которых стало фундаментальной основой для прогнозирования динамических магнитных свойств исследуемой системы.

Полученные в диссертационной работе результаты являются новыми. Реализация численных методов для некоторых случаев оказалась достаточно сложной задачей, при решении которых Амбаров А.В. продемонстрировал изобретательность и настойчивость. Результаты диссертации были представлены Амбаровым А.В. в докладах на всероссийских и международных научных конференциях и в 20 публикациях, среди которых 4 статьи опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК. Кроме того, два программных комплекса, разработанных Амбаровым А.В., зарегистрированы в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (Роспатент).

По моему мнению, за последние годы Амбаров А.В. вырос в грамотного и хорошо эрудированного исследователя, способного проводить научную работу на современном международном уровне. Стоит отметить высокую степень самостоятельности Амбарова А.В. при решении поставленных задач, уверенное владение математическим аппаратом, умение применять фундаментальные математические знания для решения прикладных задач.

Считаю, что диссертационная работа «Математическое моделирование динамических свойств ансамбля взаимодействующих суперпарамагнитных частиц» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Амбаров Александр Васильевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Научный руководитель  
заведующий кафедрой теоретической  
и математической физики  
Института естественных наук  
и математики  
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина»  
доктор физ.-мат. наук, доцент  
Елфимова Екатерина Александровна

12.10.2022

620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Тел. (343) 389-94-77, e-mail: [ekaterina.elfimova@urfu.ru](mailto:ekaterina.elfimova@urfu.ru)



Подпись *Елфимовой Е.А.*  
Заверяю: вед. документовед  
*С.А. Шурков*