

ОТЗЫВ

официального оппонента, к. ф.-м. н. Пелевиной Д.А.

на диссертационную работу Соловьевой Анны Юрьевны

«Структурные и магнитные свойства полидисперсных феррожидкостей: теория и компьютерное моделирование», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертационная работа Соловьевой Анны Юрьевны посвящена математическому и компьютерному моделированию структурных и магнитных свойств магнитных жидкостей с учетом полидисперсности частиц из ферромагнитного материала. Известно, что в состав реальных магнитных жидкостей входят частицы разного размера, поэтому при моделировании таких систем стоит это учитывать. Кроме того, большую сложность в описании магнитных жидкостей создает необходимость учета межчастичного магнитного взаимодействия, которое обычно описывается как диполь-дипольное. Такое взаимодействие особенно проявляется в магнитных жидкостях с высокой концентрацией частиц. Поскольку теоретически невозможно точно учесть все сложные диполь-дипольные магнитные взаимодействия в таких системах, необходимо тестировать построенную приближенную теорию на других независимо полученных результатах – данных физических экспериментов или численных расчетов. Компьютерное моделирование является одним из эффективных инструментов для проверки работоспособности аналитических формул. Актуальность исследуемой проблемы связана с необходимостью определения магнитных и структурных свойств реальных магнитных жидкостей, активно используемых в технике, приборостроении и медицине.

В диссертационной работе Соловьевой А.Ю. решены важные задачи, связанные с исследованием микроструктуры и макросвойств полидисперсных магнитных жидкостей, а именно: получены аналитические формулы, описывающие радиальную функцию распределения, структурный фактор рассеяния, намагниченность и начальную магнитную восприимчивость исследуемой среды; разработаны новые методы численного расчета перечисленных выше свойств; предложенные методы и алгоритмы реализованы в виде готового программного обеспечения и опробованы при исследовании различных модельных систем в широкой области параметров.

В первой главе диссертации представлен подробный обзор современного состояния науки, связанной с изучением магнитных и структурных явлений в магнитных жидкостях.

При этом рассмотрены работы как теоретического характера, так и использующие различные методы компьютерного моделирования магнитных жидкостей. Приведено обоснование выбора выражения для потенциальной энергии межчастичного взаимодействия, сводящейся к диполь-дипольному потенциалу и потенциалу стерического отталкивания твердых сфер. Именно эти взаимодействия играют основную роль в формировании структуры магнитных жидкостей и проявлении магнитного отклика среды на приложенное внешнее магнитное поле.

В следующих двух главах проводится математический расчет структурных и магнитных свойств полидисперсной системы дипольных твердых сфер, построенный на базе модифицированной теории среднего поля второго порядка, который позволяет связать парную функцию распределения и намагниченность системы. При этом автор при выводе формул не закладывает определенный фиксированный тип распределения частиц по размерам, а допускает использование абсолютно произвольной дискретной или непрерывной функции, описывающей распределение диаметров частиц в системе. Такой подход с одной стороны делает разработанную теорию универсальной, но с другой стороны, полученные математические выражения оказываются громоздкими и сложными для восприятия.

В четвертой главе исследована работоспособность полученных математических выражений, описывающих магнитные свойства магнитных жидкостей, с помощью магнитогранулометрического анализа двух групп различных образцов, магнитные измерения которых опубликованы в научной литературе. Найденные автором новые поправки на полидисперсность при вычислении магнитных свойств позволили лучше описать экспериментальные данные, чем другие теоретические модели, известные из литературы. Особенно стоит отметить, что новое аналитическое выражение для начальной магнитной восприимчивости очень хорошо согласуется с экспериментальными данными в широкой области концентраций, и также хорошо описывает аномально большую начальную восприимчивость при низких температурах, наблюдаемую в экспериментах.

В пятой главе описаны алгоритмы численного расчета структурных и магнитных свойств полидисперсных систем, и исследована погрешность полученных статистических данных. Подробно рассмотрены параметры систем, состоящих из двух и пяти фракций, которые были заложены в компьютерный эксперимент. Важно отметить, что результаты, полученные с помощью аналитических методов, согласуются с данными прямого численного моделирования, что, в свою очередь, указывает на надежность предложенных аналитических формул.

В заключительной шестой главе диссертации подробно описана структура комплексов программ, позволивших реализовать численный эксперимент и получить информацию о структурных и магнитных свойствах модельных полидисперсных магнитных жидкостей. При этом был отдельно разработан алгоритм генерации начального расположения частиц разного размера в плотных системах, которые не могут быть описаны простыми кубическими решетками. Стоит отметить, что комплексы программ, реализованные для изучения полидисперсных магнитных жидкостей, прошли процедуру государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности.

По содержанию диссертации имеются некоторые замечания.

1. В диссертации отсутствует список обозначений, что сильно затрудняет понимание написанных формул. Кроме этого, некоторые параметры не введены и не объяснены при их первом появлении в тексте. Например, параметр ε (формула (2.2.3)), параметр α в формуле (3.1.6) и др.
2. В диссертации вычисляется структурный фактор $S(\mathbf{q})$ (формула (2.4.1), стр. 49) и проводится сравнение этого параметра с экспериментом (см. рис. 2.6). К сожалению, в диссертации отсутствует подробное описание эксперимента и объяснение физического смысла структурного фактора.
3. В работе имеются отдельные опечатки. Например, в формуле (1.3.3), по-видимому, ошибочный индекс L у намагниченности. В формуле (2.2.4), представлено разложение корреляционной функции в ряд по ε , но в ней отсутствуют степени этого параметра. На стр. 46 приведено значение удвоенной толщины немагнитного слоя вместо толщины слоя и т.д.
4. Парная корреляционная функция в разделе 2.2 (формула (2.2.4)) раскладывается в ряд Тейлора до второго порядка по малому параметру ε , при этом рассматривается малый параметр равный единице. Необходимо провести оценку остаточного члена разложения.
5. Затрудняет понимание работы то, что некоторые величины имеют несколько названий. Например, параметр λ назван параметром диполь-дипольного взаимодействия (стр. 16), а также параметром агрегации (стр. 31); плотность вероятности g_{12} называют функцией распределения (стр. 44), а также корреляционной функцией (стр. 44), несмотря на то, что классические определения этих понятий различные; объемная концентрация намагничивающихся частиц в главе 5 попеременно обозначается φ и φ_v .

Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не снижают значения диссертационной работы.

В целом, диссертация Соловьевой А.Ю. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему, содержит новые оригинальные результаты, имеющие теоретическую и практическую значимость. Результаты диссертации опубликованы в 34 печатных работах, из которых 7 – статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК и индексируемых международными базами Scopus и Web of Science. Материалы диссертации прошли апробацию на российских и международных конференциях.

Тема и содержание работы соответствуют паспорту специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Автореферат и опубликованные работы соответствуют содержанию диссертации. Достоверность и новизна полученных результатов хорошо обоснованы, личный вклад автора ясно определен.

Считаю, что диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9-14 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Соловьева Анна Юрьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент,
доцент кафедры гидромеханики
механико-математического факультета
ФГБОУ ВО «Московский государственный
университет имени М.В. Ломоносова»,
кандидат физико-математических наук

16 /
11
Пелевина Дарья Андреевна

«*16*» *апреля* 2019 г.

Почтовый адрес:
119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1,
Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова,
механико-математический факультет
E-mail: www.msu.ru
Тел: +7 (495) 939-10-00.

Подпись удостоверяю: с/
Карандашова 4 *с/*

по заданию
2019г.

