

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.25,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15 мая 2019 г., протокол № 10

О присуждении Соловьевой Анне Юрьевне, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Структурные и магнитные свойства полидисперсных феррожидкостей: теория и компьютерное моделирование» по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 27.02.2019 г. (протокол заседания № 6) диссертационным советом Д 212.285.25, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; созданным приказом Минобрнауки России № 760/нк от 03.12.2012 г.

Соловьева Анна Юрьевна, 1992 года рождения, в 2015 году окончила ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 01.04.01 Математика; обучается в очной аспирантуре ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению 09.06.01

Информатика и вычислительная техника (направленность Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), предполагаемый срок окончания аспирантуры – 31.08.2019; работает в должности лаборанта-исследователя Лаборатории математического моделирования физико-химических процессов в многофазных средах Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре теоретической и математической физики Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель — доктор физико-математических наук, доцент Елфимова Екатерина Александровна, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт естественных наук и математики, кафедра теоретической и математической физики, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Краков Михаил Самуилович, доктор физико-математических наук, профессор, Белорусский национальный технический университет (г. Минск, Белоруссия), кафедра ЮНЕСКО «Энергосбережение и возобновляемые источники энергии», профессор;

Пелевина Дарья Андреевна, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», механико-математический факультет, кафедра гидромеханики, доцент;

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Пермь, в своем **положительном** отзыве, подписанном Любимовой Татьяной Петровной, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим лабораторией вычислительной гидродинамики, указала, что диссертация имеет высокую научную и практическую значимость, выполнена на высоком методическом уровне. Совокупность разработанных в диссертации теоретических положений и алгоритмов можно квалифицировать как серьезный научный результат в области математического и компьютерного моделирования полидисперсных сред с анизотропными межчастичными взаимодействиями. Полученные в диссертации научные результаты хорошо известны специалистам, работающим с магнитными жидкостями, по докладам автора на международных и российских конференциях. Основные результаты диссертации опубликованы в 34 работах, включая 7 статей в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК и входящих в базы данных Web of Science и Scopus. Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации и отражает наиболее важные моменты работы. Диссертация соответствует требованиям п. 9 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Соискатель имеет 34 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 34 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ. Другие публикации по теме диссертационной работы представлены в виде 2 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ, 5 статей и 20 тезисов докладов, опубликованных в сборниках трудов международных (9) и всероссийских (14) научных конференций, в сборниках тезисов студенческих научных работ (2). Общий объем публикаций — 6,62 п. л. / 3,62 п. л. — авторский вклад.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные работы.

Статьи в рецензируемых научных изданиях:

1. Elfimova E.A., Ekaterinchuk E.D., **Solovyova A.Yu.**, Ivanov A.O. Magnetization of concentrated ferrofluids: an influence of multiparticle correlations // *Magnetohydrodynamics*, 2013. V. 49, Is. 1/2. P. 111–118. (0.56 п.л. / 0.2 п.л.) (Scopus, WoS)
2. **Solovyova A.Yu.**, Elfimova E.A. Thermodynamics of bidisperse ferrofluids in the absence of external magnetic field // *Magnetohydrodynamics*, 2014. V. 50, Is. 3. P. 237–247. (0.69 п.л. / 0.5 п.л.) (Scopus, WoS)
3. **Solovyova A.Yu.**, Elfimova E.A. Thermodynamics of bidisperse ferrofluids in zero external magnetic field: theory and simulations // *Solid State Phenomena*, 2015. V. 233-234. P. 331–334. (0.25 п.л. / 0.15 п.л.) (Scopus)
4. **Solovyova A.Yu.**, Turysheva E.V., Elfimova E.A. Thermodynamics of dipolar square-well fluids // *Fluid Phase Equilibria*, 2015. V. 386. P. 125–133. (0.56 п.л. / 0.1 п.л.) (Scopus, WoS)
5. **Solovyova A.Yu.**, Goldina O.A., Lebedev A.V., Ivanov A.O., Elfimova E.A. The initial magnetic susceptibility of polydisperse ferrofluids: a comparison between experiment and theory over a wide range of concentration // *The Journal of Chemical Physics*, 2016. V. 145. art. no. 084909. (0.56 п.л. / 0.3 п.л.) (Scopus, WoS)
6. **Solovyova A.Yu.**, Vtulkina E.D., Goldina O.A. The effect of polydispersity on the magnetostatic properties of concentrated ferrofluids // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2017. V. 431. P. 205–208. (0.25 п.л. / 0.21 п.л.) (Scopus, WoS)
7. **Solovyova A.Yu.**, Elfimova E.A., Ivanov A.O., Camp P.J. Modified mean-field theory of the magnetic properties of concentrated, high-susceptibility, polydisperse

ferrofluids // Physical Review E: Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics, 2017. V. 96, Is. 5. art. no. 052609. (0.93 п.л. / 0.3 п.л.) (Scopus, WoS)

Патенты и свидетельства о регистрации программ:

8. **Соловьева А.Ю.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014610517 «Моделирование термодинамических и магнитных свойств бидисперсной системы дипольных твердых сфер методом Монте-Карло». Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). Зарегистрировано 13 января 2014 г.
9. **Соловьева А.Ю.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017616222 «Намагниченность полидисперсной системы дипольных твердых сфер во внешнем однородном магнитном поле». Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). Зарегистрировано 20 апреля 2017 г.

На автореферат поступило **3 положительных** отзыва:

1. Д. ф.-м. н., профессор **Диканский Юрий Иванович**, заведующий кафедрой общей и теоретической физики Института математики и естественных наук; д. т. н., профессор **Червяков Николай Иванович**, заведующий кафедрой прикладной математики и математического моделирования Института математики и естественных наук, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский Федеральный университет» (г. Ставрополь). Отзыв содержит следующие **замечания**:

- Для сравнения разработанных автором теорий с экспериментальными данными автором, в частности, использованы температурные зависимости магнитной восприимчивости двух образцов феррожидкостей, сравнение других функциональных зависимостей (например, концентрационных) не приведено.
- Непонятны подписи к рисунку 2: что означает «образец (а) – гептан (объемная концентрация 51,4%)»? Концентрация чего – гептана, твердой фазы или коллоидных частиц вместе с оболочками из поверхностно-активного вещества?

2. Д. т. н., профессор **Кзаков Юрий Борисович**, заведующий кафедрой электромеханики, к. т. н., **Страдомский Юрий Иосифович**, профессор кафедры электромеханики, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». Отзыв содержит следующие **замечания**:

- При анализе свойств сложных полидисперсных систем во внешнем магнитном поле целесообразно проводить анализ распределения неоднородных нелинейных магнитных полей численным моделированием, например, методом конечных элементов.
- Сравнение теоретических и экспериментальных результатов проводилось при напряженности магнитного поля в МЖ до 40 кА/м, тогда как в технических устройствах напряженность внешнего магнитного поля в МЖ достигает 400-800 кА/м.

3. К. ф.-м. н., доцент **Ряполов Петр Алексеевич**, декан естественно-научного факультета, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (г. Курск).

Отзыв содержит следующее **замечание**:

- В качестве адекватности предлагаемых выражений в таблице 1 приводится значение среднего диаметра для концентрационной серии МЖ. Но при этом в тексте автореферата отсутствуют теоретические выражения, полученные автором и описывающие магнитные свойства МЖ, что не позволяет оценить предлагаемые методы с точки зрения удобства их применения для интерпретации реальных результатов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией, компетентностью и широкой известностью в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ, наличием большого количества публикаций по тематике диссертации и способностью определить научную и практическую значимость работы.

Диссертационный совет отмечает, что работа соответствует

п. 1 (Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений), п. 4 (Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения

вычислительного эксперимента), п. 5 (Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента) паспорта специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие основные результаты:

В области математического моделирования:

Проведено комплексное исследование структурных и магнитных свойств полидисперсной модели феррожидкостей во внешнем магнитном поле. Получены новые аналитические зависимости, моделирующие парную функцию распределения, структурный фактор рассеяния, намагниченность и начальную магнитную восприимчивость мягких магнитных материалов с произвольной функцией распределения частиц по размерам.

В области численных методов:

Разработаны новые алгоритмы, позволяющие численно определять структурные свойства бидисперсных феррожидкостей и демонстрировать анизотропию радиальной функции распределения и структурного фактора во внешнем магнитном поле с помощью рассмотрения радиус-векторов и волновых векторов в разных направлениях относительно магнитного поля. Разработан алгоритм построения начальной расстановки частиц разного размера в системах высокой плотности для компьютерного моделирования методом Монте-Карло 5-фракционной системы дипольных частиц.

В области программного обеспечения и комплексов программ:

Разработаны новые программные комплексы, позволяющие проводить вычислительные эксперименты для исследования микроструктуры и макросвойств полидисперсных феррожидкостей с дальнедействующим межчастичным взаимодействием. Корректность и эффективность разработанных методов и программных комплексов подтверждается успешным тестированием на модельных задачах, исследуемых в более ранних работах других авторов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Предложены новые аналитические зависимости, позволяющие прогнозировать структурные и магнитные свойства полидисперсной модели феррожидкости с интенсивными магнитными взаимодействиями между частицами. *Применительно к тематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы* методы статистической механики, термодинамическая теория возмущений, метод Монте-Карло для компьютерного моделирования молекулярных систем, метод магнитогранулометрического анализа экспериментальных образцов феррожидкостей. *Установлены* физические причины значительного повышения начальной магнитной восприимчивости предельно-концентрированных феррожидкостей с понижением температуры, наблюдаемого в натурном эксперименте.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

Разработаны эффективные алгоритмы анализа микроструктуры феррожидкостей, позволяющие продемонстрировать анизотропию системы во внешнем магнитном поле. *Созданы* программные комплексы, реализующие разработанные методы и алгоритмы для изучения структурных и магнитных свойств полидисперсной модели феррожидкости в рамках стохастического процесса Монте-Карло. *Определены* границы применимости полученных аналитических аппроксимаций по параметру интенсивности диполь-дипольных взаимодействий и концентрации феррочастиц в системе.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, в достаточном объеме прошли апробацию на международных конференциях и семинарах.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теоретические положения обуславливаются строгостью используемого математического аппарата; *установлена* согласованность результатов, полученных с помощью разработанных теоретических аппроксимаций и проведенных вычислительных экспериментов; *корректность и эффективность*

разработанных методов и программных комплексов *протестированы* на модельных примерах и *подтверждены* результатами физических экспериментов, опубликованных в научной литературе.

Личный вклад соискателя состоит во включенном участии на всех этапах процесса; разработке методов и алгоритмов анализа микроструктуры и макросвойств полидисперсных коллоидных систем со сложными межчастичными взаимодействиями; разработке и тестировании программных комплексов; проведении исследований; получении всех основных результатов, изложенных в диссертации; личном участии в апробации результатов исследований; подготовке основных публикаций по выполненной работе. Диссертация является самостоятельной работой, обобщающей результаты, полученные лично автором.

Диссертационная работа Соловьевой А.Ю. является научно-квалификационной работой, которая соответствует критериям, установленным п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 15 мая 2019 г. диссертационный совет **принял решение присудить** Соловьевой Анне Юрьевне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 18 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — 18, «против» — нет, недействительных бюллетеней — нет.

Председатель

диссертационного совета

Ученый секретарь

диссертационного совета



В.В. Арестов Арестов Виталий Владимирович

В.Г. Пименов Пименов Владимир Германович

15 мая 2019 г.