

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»



И. Ф. М. Н., доцент,

И. Ф. Шарафуллин

06 2026 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки  
и высшего образования  
Российской Федерации

Диссертация «Устойчивые состояния вихреподобных неоднородностей в одноосных ферромагнитных пленках с модулированными материальными параметрами» выполнена на кафедре теоретической физики физико-технического института федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий».

В период подготовки диссертации соискатель Ахметова Айгуль Альфредовна работала в различных организациях российского ТЭК: ООО «Ойлтим», «Башнефть-Петротест», ЗАО «ИННЦ» (КНИПИ ПАО «НК «Роснефть»), ООО «Алтим». В настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории «Дизайн новых материалов» физико-технического института федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий».

В 2015 году окончила магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет» по направлению подготовки 03.04.02 Физика.

В 2019 году окончила аспирантуру по очной форме обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет» по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия.

Диплом об окончании аспирантуры выдан федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Башкирский государственный университет» в 2019 г.

Справка об обучении со сведениями о сданных кандидатских экзаменах по истории и философии науки (физико-математические) и иностранному языку (английский) № 23-26 выдана 13.05.2026 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Башкирский государственный университет».

Справка об обучении со сведениями о сданном кандидатском экзамене по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния № 24-26 выдана 13.05.2026 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Уфимский университет науки и технологий».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Вахитов Роберт Миннисламович, заведующий кафедрой теоретической физики физико-



технического института федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий».

**По итогам обсуждения принято следующее заключение:**

### **1. Оценка выполненной соискателем работы.**

По актуальности поставленных задач, методическому и научному уровню исследований, их новизне и практической значимости диссертационная работа Ахметовой Айгуль Альфредовны является законченной научно-квалификационной работой, которая отвечает требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.), предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, в которой представлены результаты теоретического исследования возможных типов микромагнитных неоднородностей, образующихся в магнитных пленках с пространственно модулированными параметрами, изучение их структуры и свойств, а также их поведения в магнитном поле, которые могут быть использованы для создания запоминающих устройств с большей плотностью записи информации и более устойчивых к внешним воздействиям.

### **2. Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации.**

Личное участие соискателя состоит в проведении численных расчетов и анализе их результатов, построении графиков полученных зависимостей, обсуждении результатов, проведении микромагнитного моделирования и участие в написании статей. В диссертацию включены результаты, полученные Ахметовой А.А. при её непосредственном участии за время работы над диссертацией на кафедре теоретической физики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий».

**В перечисленных в автореферате работах соискателем лично получены следующие результаты:**

- в работах [1, 2] изучены типы магнитных вихреподобных неоднородностей, образующихся на колумнарных дефектах в магнитных пленках с модулированными параметрами, проведены численные расчеты структуры данных неоднородностей.

- в работах [3,4] исследованы сценарии трансформации вихреподобных неоднородностей, в зависимости от величины и направления внешнего магнитного поля, проведены численные расчеты критических полей и энергий, проведено микромагнитное моделирование при помощи специальных пакетов моделирования (OOMMF) с открытым кодом.

- в работах [5-7] проведены численные расчеты и микромагнитное моделирование для расчета структуры вихреподобных неоднородностей при значениях фактора качества ( $Q < 1$ ); изучен вклад взаимодействия Дзялошинского-Мория в изменение структуры образующихся магнитных неоднородностей.

### **3. Актуальность темы.**

В последнее время в магнетизме интенсивно исследуются и активно обсуждаются особенности топологии и необычные свойства вихреподобных неоднородностей, среди которых наиболее выделяются по степени изученности магнитные скирмионы. Они представляют собой вихреподобные структуры с особым распределением спинов, за счет которого магнитные скирмионы обладают рядом уникальных свойств, которые можно использовать в нанoeлектронике: топологическая защищенность, наноразмеры, легкость управления малым электрическим током и магнитными полями и т.д. Также внимание к ним обусловлено перспективами их использования в магнитной памяти, нейроморфных вычислительных системах и других устройствах спинтроники. Магнитные скирмионы стабилизируются в киральных магнетиках за счет наличия в них взаимодействия Дзялошинского-Мория. Это взаимодействие бывает разного вида: объемное, межфазное и т.д. Однако, в силу различного рода причин в киральных магнетиках есть определенные



ограничения, которые влияют на устойчивость магнитных скирмионов. В результате возникла актуальная задача поиска материалов, не относящихся к киральным магнетикам, в которых возможна стабилизация магнитных скирмионов при комнатных температурах. В результате актуализировалась задача поиска способа стабилизации магнитных скирмионов в материалах, в которых отсутствует взаимодействие Дзялошинского-Мория. Одним из возможных способов решения такой задачи является предложенный в диссертационной работе метод стабилизации магнитных скирмионов на дефектах магнитоодноосных пленок. Для её реализации необходимо исследовать структуру и свойства вихреподобных магнитных неоднородностей, возможных в одноосной ферромагнитной плёнке, содержащей дефекты типа «потенциальная яма», изучить область их устойчивости, а также влияние на них магнитного поля разной направленности.

#### **4. Степень достоверности результатов, проведенных соискателем ученой степени исследований.**

Научные положения и выводы, приводимые автором диссертации, строго обоснованы. Достоверность результатов диссертации основана на качественном согласии аналитических вычислений с численными расчетами в известных пакетах программ открытого доступа для микромагнитного моделирования, а также с экспериментальными данными.

Основные результаты работы обсуждались на многих международных, российских и региональных симпозиумах и школах-семинарах, также опубликованы в виде статей в журналах, входящих в перечень ВАК и наукометрические базы данных Web of Science и Scopus. Вышеуказанное позволяет сделать вывод об обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

#### **5. Новизна результатов исследования.**

В результате исследования вихреподобных неоднородностей, возникающих на колумнарных дефектах в магнитных пленках, выявлены новые научные данные и зависимости, проведены численные расчеты в программах для моделирования. По научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния:

- Установлены типы вихреподобных неоднородностей, образующихся на колумнарных дефектах, определены их характеристики, определены критические значения радиуса дефекта, глубины потенциальной ямы и фактора качества, ниже которых эти неоднородности не образуются.
- Изучены этапы их перемагничивания в магнитных полях различной направленности, впервые рассчитано влияние внешнего магнитного поля на структуру и устойчивость плоских магнитных неоднородностей, образующихся на дефектах исследуемых пленок и определены их критические значения, выше которых они разрушаются.

#### **6. Теоретическая и практическая значимость исследования.**

Научные положения и выводы, приводимые автором диссертации, расширяют представления о структуре и свойствах вихреподобных неоднородностей, зарождающихся на колумнарных дефектах в ферромагнитных пленках, а также о влиянии магнитного поля различной направленности на устойчивость таких структур.

Полученные результаты могут найти практическое применение при создании вычислительных и запоминающих устройств на основе скирмионов.

#### **7. Соответствие диссертации требованиям, установленным пунктом 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней.**

В диссертационной работе на тему «Устойчивые состояния вихреподобных неоднородностей в одноосных ферромагнитных пленках с модулированными материальными параметрами» соискатель ученой степени Ахметова А. А. ссылается на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов. При использовании в диссертации результатов научных работ, выполненных соискателем



лично и в соавторстве, Ахметова А.А. отметила данное обстоятельство в диссертационной работе.

**8. Специальность, которой соответствует диссертация. Диссертационное исследование Ахметовой А.А. соответствует:**

• Паспорту научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (отрасль науки – физико-математические) по следующим направлениям: п. 1. Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы и свойств неорганических и органических соединений как в кристаллическом (моно- и поликристаллы), так и в аморфном состоянии, в том числе композитов и гетероструктур, в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления; п. 2. Теоретическое и экспериментальное исследование физических свойств упорядоченных и неупорядоченных неорганических и органических систем, включая классические и квантовые жидкости, стекла различной природы, дисперсные и квантовые системы, системы пониженной размерности; п. 5. Разработка математических моделей построения фазовых диаграмм состояния и прогнозирование изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения.

Отрасль науки – физико-математические, поскольку результаты исследований имеют фундаментальный характер и могут быть использованы при разработке логических и запоминающих устройств, в которых в качестве рабочей среды используется магнитные пленки с пространственно модулированными параметрами.

**9. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени.**

Основные результаты диссертации опубликованы в 19 научных работах, в том числе в 2-х статьях, рецензируемых перечнем ВАК, и 5-х статьях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science.

**Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

***Статьи в научных журналах, включенных в перечень ВАК Российской Федерации:***

1. Вахитов, Р.М. Процессы перемагничивания одноосных ферромагнитных пленок с пространственно модулированными параметрами / Р.М. Вахитов, А.А. Ахметова, М.А. Филиппов, Р.В. Солонецкий // Физика металлов и металловедение. – 2024. – Т. 125, № 5. – С. 513-520.

2. Vakhitov, R.M. Two-factor analysis of magnetic skyrmions stability in multilayer modified films / R.M. Vakhitov, A.A. Akhmetova, M.A. Filippov, A.A. Khakimullina // Письма о материалах (Letters on Materials). – 2025. – Vol. 15, No. 4(60). – P. 344-349.

***Публикации, индексируемые в международных базах данных Scopus и Web of Science:***

3. Vakhitov, R. M. Vortex-like Structures at the Defects of Uniaxial Films / R. M. Vakhitov, A. A. Akhmetova, R. V. Solonetskii // Physics of the Solid State. – 2019. – Vol. 61, No. 3. – P. 319-325.

4. Vakhitov, R. M. Specificities of the Magnetization Reversal of Magnetically Uniaxial Films with Columnar Defects / R. M. Vakhitov, R. V. Solonetskiy, A. A. Akhmetova // The Physics of Metals and Metallography. – 2020. – Vol. 121, No. 5. – P. 416-422.

5. Vakhitov, R.M. Stable states of vortex-like magnetic formations in inhomogeneous magnetically uniaxial films and their behavior in a longitudinal magnetic field / R.M. Vakhitov, R.V. Solonetsky, A.A. Akhmetova // Journal of Applied Physics. – 2020. – Vol. 128, No. 15. – P. 0002280.

6. Vakhitov, R.M. Behavior of Vortex-Like Inhomogeneities Originating in Magnetic Films with Modulated Uniaxial Anisotropy in a Planar Magnetic Field / R.M. Vakhitov, R.V. Solonetsky, A.A. Akhmetova, M.A. Filippov // Symmetry. – 2022. – Vol. 14, No. 3. –p. 13.



7. Vakhitov, R.M. Possible structures of skyrmion states in chiral ferromagnetic films with spatially modulated uniaxial anisotropy / R.M. Vakhitov, A.A. Akhmetova, M.A. Filippov // Journal of Physics: Condensed Matter. – 2025. – Vol. 37, No. 5. – P. 055802.

***Статьи в научных журналах, индексируемых в РИНЦ.  
Работы в сборниках трудов и материалах конференций:***

8. Ахметова, А.А. Особенности процессов перемангничивания наноразмерных пермалловых плёнок при наличии шероховатостей поверхности определенного вида / А.А. Ахметова, Р.М. Вахитов, Л.С. Успенская // В книге: Актуальные проблемы нано- и микроэлектроники сборник тезисов докладов III Всероссийской научной молодежной конференции. — Уфа, РИЦ БашГУ, 2015. — С. 20.

9. Akhmetova, A.A. Some aspects of magnetization reversal processes of nanoscale permalloy films with surface roughness/ A.A. Akhmetova, R.M. Vakhitov, L.S. Uspenskaya. // VI Euro-Asian Symposium "Trends in MAGnetism" (EASTMAG-2016): Abstracts. – Krasnoyarsk, Kirensky Institute of Physics, Russian Academy of Sciences. – 41 p.

10. Ахметова, А.А. Структура и свойства магнитных образований на дефекте одноосного ферромагнетика в магнитном поле / Р.В. Солонецкий, А.А. Ахметова, Р.М. Вахитов // В книге: Актуальные проблемы микро- и наноэлектроники Сборник тезисов докладов IV Всероссийской научной молодежной конференции с международным участием. // В книге: Актуальные проблемы микро- и наноэлектроники Сборник тезисов докладов IV Всероссийской научной молодежной конференции с международным участием. — Уфа, РИЦ БашГУ, 2016. — С. 3-4.

11. Akhmetova A.A. Magnetic inhomogeneities appeared on secluded defects of through type in magnetic uniaxial films / Vakhitov R.M., Solonetsky R.V., Akhmetova A.A. // Moscow International Symposium on Magnetism (MISM) Book of Abstracts, M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Physics. Moscow, 2017. – P. 920.

12. Вахитов, Р.М. Процессы перемангничивания магнитоодноосных плёнок с колумнарным дефектом в перпендикулярном поле / Р.М. Вахитов, А.А. Ахметова, Р.В. Солонецкий, М.А. Филиппов // Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании: спутник Международной научной конференции "Уфимская осенняя математическая школа-2021" : Тезисы докладов XII Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию профессора БашГУ Фарзтдинова Миркашира Минигалиевича, Уфа, 06–09 октября 2021 года / Отв. редактор Л.А. Габдрахманова. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2021. – С. 51-52.

13. Филиппов, М.А. Процессы перемангничивания магнитоодноосных плёнок с колумнарным дефектом в перпендикулярном и плоскостном полях/ М.А. Филиппов, Р.М. Вахитов, А.А. Ахметова, Р.В. Солонецкий // В книге: Двадцать шестая Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых. Материалы конференции. Уфа: Башкирский государственный университет, 2022. С. 61-62.

14. Филиппов, М.А. Исследование структуры и свойств вихреподобных неоднородностей в модулированных ультратонких ферромагнитных плёнках / М.А. Филиппов, Р.М. Вахитов, А.А. Ахметова, Р.В. Солонецкий // Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании: спутник Международной научной конференции "Уфимская осенняя математическая школа-2022" : Тезисы докладов XIII Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 50-летию образования математического и физического факультетов БашГУ, Уфа, 21–22 октября 2022 года / Отв. редактор Л.А. Габдрахманова. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2022. – С. 52-53.

15. Vakhitov R.M. Structure and stable state of magnetic vortex-like inhomogeneities in modulated ultrathin magnetic films / R.M. Vakhitov, R.V. Solonetsky, A.A. Akhmetova, M.A. Filippov // В книге: Samarkand International Symposium on Magnetism 2023. Book of Abstracts. Samarkand, 2023. С. 123.



16. Филиппов, М.А. Структура и стабильность состояния магнитных вихревых неоднородностей в модулированных ультратонких магнитных пленках / М.А. Филиппов, Р.М. Вахитов, А.А. Ахметова, Р.В. Солонецкий // Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании: спутник Международной научной конференции "Уфимская осенняя математическая школа-2023" : Тезисы докладов XIV Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвящённой 75-летию юбилею профессоров Я.Т. Султанаева и М.Х. Харрасова, Уфа, 08–11 октября 2023 года / Отв. редактор Л.А. Габдрахманова. – Уфа: ФГБОУ ВО " Уфимский университет науки и технологий ", 2023. – С. 56.

17. Филиппов, М.А. Свойства и стабильность скирмионных состояний в модулированных ультратонких магнитных пленках / М.А. Филиппов, Р.М. Вахитов, А.А. Ахметова, Р.В. Солонецкий // Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании: спутник Международной научной конференции "Уфимская осенняя математическая школа-2024" : Тезисы докладов XV Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 300-летию Российской академии наук, Уфа, 06–09 октября 2024 года. – Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2024. – С. 47-48.

18. Вахитов, Р.М. Особенности стабилизации вихреподобных неоднородностей в ультратонких ферромагнитных модифицированных плёнках / Р.М. Вахитов, А.А. Ахметова, Р.В. Солонецкий, М.А. Филиппов // Новое в Магнетизме и Магнитных Материалах : Сборник докладов XXV международной конференции, Москва, 01–06 июля 2024 года. том 2. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2024. – С. 262-266.

19. Филиппов, М.А. Влияние нескольких дефектов на стабилизацию различных типов вихреподобных структур в ультратонких ферромагнитных плёнках / М.А. Филиппов, Р.М. Вахитов, А.А. Хакимуллина, А.А. Ахметова // Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании: спутник Международной научной конференции «Уфимская осенняя математическая школа-2025» : Тезисы докладов XVI Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Уфа, 06–09 октября 2025 года. – Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2025. – С. 33-34.

Диссертация «Устойчивые состояния вихреподобных неоднородностей в одноосных ферромагнитных пленках с модулированными материальными параметрами» Ахметовой Айгуль Альфредовны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Заключение принято на заседании кафедры теоретической физики физико-технического института федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий».

Присутствовало на заседании 10 человек.

Результаты голосования: «за» - 10 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, от «29» мая 2026 г.

Председательствующий заседания  
доктор физико-математических наук,  
доцент, профессор кафедры  
теоретической физики физико-технического  
института  
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки  
и технологий»



19.06.2026

*Ref.*

З.В. Гареева