

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.431.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ЧЕЛЯБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета 24.2.431.01

от 25.09.2026 № 01

О присуждении Симаковой Софье Сергеевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование наноструктурированных ферромагнитных пленок методом компьютерного моделирования» по специальности 1.3.3. Теоретическая физика (физико-математические науки) принята к защите 20 июня 2026 года (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.2.431.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Челябинский государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 454001, Челябинская область, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, д. 129, приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 9 апреля 2013 года №192/нк.

Соискатель, Симакова Софья Сергеевна, 26 февраля 2001 года рождения. В 2022 году окончила с отличием федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный университет имени Ф.М. Достоевского» (г. Омск) (ФГАОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского») по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» с присвоением квалификации «Бакалавр». В 2024 году с отличием

окончила федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет» (г. Омск) (ФГАОУ ВО «ОмГТУ») по направлению подготовки 28.04.02 «Наноинженерия» с присвоением квалификации «Магистр». Симакова С.С. с 1 октября 2024 г. по настоящее время обучается в очной аспирантуре ФГАОУ ВО «ОмГТУ» по научной специальности 2.4.1. Теоретическая и прикладная электротехника. Кандидатский экзамен по научной специальности 1.3.3. Теоретическая физика сдан 25.05.2026 (справка № 370 / 009.02-42 от 26.05.2026).

Диссертация выполнена на кафедре «Физика» ФГАОУ ВО «ОмГТУ». В период подготовки диссертации соискатель Симакова Софья Сергеевна работала в ФГАОУ ВО «ОмГТУ» (г. Омск) на радиотехническом факультете в должности ассистента кафедры «Физика» с сентября 2025 г. по настоящее время.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Тихомиров Илья Викторович, ФГАОУ ВО «ОмГТУ», радиотехнический факультет, кафедра «Физика», доцент.

Официальные оппоненты:

Вахитов Роберт Миннисламович, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» (г. Уфа), физико-технический институт, кафедра теоретической физики, профессор;

Мамонова Марина Владимировна, кандидат физико-математических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского» (г. Омск), кафедра теоретической физики, заведующий кафедрой

- дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук (г. Махачкала) (ДФИЦ РАН), в своем положительном отзыве, утвержденном Муртазаевым Акаем Курбановичем, академиком РАН, доктором физико-математических наук, директором, указала, что «диссертационная работа Симаковой С.С. «Исследование наноструктурированных ферромагнитных пленок методом компьютерного моделирования» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач, имеющих существенное значение для развития раздела теоретической физики, связанного с исследованием фазовых переходов в ферромагнитных материалах. Диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в «Положении о присуждении ученых степеней» (пп. 9-14), утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. (в редакции от 18.03.2023 г.), а ее автор, Симакова Софья Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. Теоретическая физика».

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 11 публикаций. Указанные публикации включают: 3 статьи в изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий ВАК при Минобрнауки России, 2 статьи в журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science, и 6 публикаций в материалах научных конференций. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Общий объем публикаций составляет 54 страницы, из них по теме диссертации 48 страниц. В изданиях, опубликованных в соавторстве, личный вклад соискателя составляет от 35 до 65 %.

Наиболее значимые публикации по теме диссертации:

1. Belim, S.V. Computer Simulation of Phase Transitions in Thin Films with an Antidote Lattice / S.V. Belim, **S.S. Belim**, I.V. Tikhomirov, I.V. Bychkov // Coatings. – 2022. – V. 12. – P. 1526.
2. Belim, S.V. Effect of disorder on phase transitions in antidote lattice thin films: computer simulations / S.V. Belim, **S.S. Simakova**, I.V. Tikhomirov // Letters on Materials. – 2023. – V.13, Iss. 4. – P. 304-307.
3. Белим, С.В. Магнитные свойства бислойной пленки с решеткой антиточек: монте-карло-моделирование / С.В. Белим, **С.С. Симакова**, И.В. Тихомиров // Физика металлов и металловедение. – 2024. – Т. 125. – №12. – С. 1512-1521.
4. Belim, S.V. Effect of surface magnetism on ferromagnetic films with an antidote lattice: Monte Carlo simulation / S.V. Belim, **S.S. Simakova** // Letters on Materials. – 2025. – V. 15. – № 4. – P. 230-235.
5. Belim, S.V. Influence of surface magnetism on phase transitions in thin ferromagnetic films with antidot lattice: Monte Carlo simulation / S.V. Belim, **S.S. Simakova** // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2026. – V. 645. – P. 173951.

На диссертацию и автореферат поступило 5 положительных отзывов:

1. Давлеткильдиева Надима Анваровича, кандидата физико-математических наук, доцента, старшего научного сотрудника лаборатории физики композитных наноструктур федерального государственного бюджетного учреждения науки Омский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук (ОНЦ СО РАН) (г. Омск).

Замечания по автореферату:

«В качестве замечания по тексту автореферата хотелось бы отметить следующее. В диссертации рассматриваются только системы с квадратной решеткой антиточек. В экспериментах зачастую формируются пленки с

гексагональной решеткой пор. Влияет ли геометрия решетки антиточек на полученные закономерности?»

2. Каманцева Александра Павловича, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории магнитных явлений в микроэлектронике федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (г. Москва).

Замечания по автореферату:

«В диссертации используются модель Изинга, алгоритм Метрополиса и теория конечно-размерного скейлинга, хорошо зарекомендовавшие себя для исследования магнитных систем. Однако расчёты выполнены в модели Изинга без учёта диполь-дипольного взаимодействия и магнитостатических полей, которые в реальных перфорированных плёнках существенно влияют на коэрцитивную силу и форму петли гистерезиса. Как вы обосновываете применимость чисто обменной модели для описания процессов перемagnetизации, особенно в бислойных системах с различной намагниченностью слоёв? Проводилось ли сравнение с микромагнитным моделированием или с экспериментом, где дипольные эффекты заведомо важны, и каково количественное расхождение?»

3. Николаева Сергея Викторовича, кандидата физико-математических наук, доцента, доцента кафедры теоретической физики и волновых явлений федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» (г. Красноярск).

Замечания по автореферату:

«1. В формуле (2) используется обозначение S_{ij} , которое требует или определения, или корректировки, так как в формулу (1) входит только величина S с одним индексом. Причём суммирование должно учитывать трёхмерность системы. Аналогичные обозначения используются в формулах (5) и (6).

2. После формулы (3) определяется величина h , которая является размерной. Скорее всего, это опечатка.

3. На странице 13 используется не очень понятная фраза «Магнитное поле изменялось от $h=0.5$ до $h=-0.5$ спинов...»

4. На рисунке 5 используются обозначения M и H , которые не согласуются с обозначениями соответствующих величин в тексте.

5. На странице 18 в обозначении третьей фазы опечатка. Также хорошо было бы указать данные фазы на рисунке 9а для удобства читателей».

4. Панина Сергея Викторовича, доктора технических наук, члена-корреспондента РАН, профессора, заведующего лабораторией механики полимерных материалов федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения им. В.Е. Панина (г. Томск).

Замечания по автореферату:

«В качестве замечания можно отметить, что все расчеты выполнены для простой кубической решетки. Реальные материалы могут иметь другие более сложные типы кристаллических решеток. Представляет интерес, как изменение структуры решетки повлияет на установленные в работе закономерности?»

5. Расковалова Антона Александровича, доктора физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории квантовой теории конденсированного состояния федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН (г. Екатеринбург).

Замечание по автореферату:

«В Заключении на стр. 21 говорится, что “при малых размерах пор сохраняется класс универсальности сплошной пленки”, а при больших размерах пор “реализуется новый класс”. Понятие “класс универсальности” представляется чисто математическим (чуть ли не из топологии) и возникает неожиданно. Насколько употребителен данный термин? Стоит заметить

также, что в автореферате ничего не сказано о характеристиках “нового класса универсальности”».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается авторитетностью и компетентностью назначенных оппонентов, их публикациями в области, близкой к теме исследований диссертанта. Одним из основных направлений деятельности ведущей организации – федерального государственного бюджетного учреждения науки Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук (г. Махачкала), является исследование фазовых переходов, критических свойств, динамических структур в магнитных материалах методами компьютерного моделирования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

установлено, что температура Кюри тонких ферромагнитных плёнок с регулярной решёткой наноразмерных пор возрастает по логарифмическому закону с увеличением периода решётки и асимптотически приближается к значению, характерному для сплошной плёнки. Увеличение размера пор приводит к нелинейному росту коэрцитивной силы, тогда как критические индексы изменяются ступенчато, что свидетельствует о существенном влиянии геометрии пористой структуры на критическое поведение и процессы перемагничивания наноструктурированных ферромагнитных плёнок;

показано, что температура фазового перехода бислойных ферромагнитных плёнок с регулярной решёткой наноразмерных пор определяется температурой фазового перехода магнитотвёрдого слоя. Наличие решётки пор изменяет форму петель магнитного гистерезиса и приводит к возникновению минимума коэрцитивной силы при отношении обменных интегралов магнитомягкого и магнитотвёрдого слоёв в интервале от 0,6 до 0,7; увеличение размера пор сопровождается снижением коэрцитивной силы бислойной системы;

определены условия реализации поверхностного фазового перехода в тонких ферромагнитных плёнках с регулярной решёткой наноразмерных пор. Поверхностное магнитное упорядочение возникает при толщине плёнки не менее семи моноатомных слоёв при значении поверхностного обменного интеграла выше критического и размере пор ниже порогового. Установлено, что критическое значение поверхностного обменного интеграла возрастает с увеличением размера пор, пороговый размер пор ступенчато увеличивается с толщиной плёнки, а разность между температурами поверхностного и объёмного фазовых переходов уменьшается при увеличении размера пор;

установлено, что учёт поверхностного магнетизма изменяет характер влияния решётки наноразмерных пор на коэрцитивную силу тонких ферромагнитных плёнок. При превышении критического значения отношения поверхностного обменного интеграла к объёмному пористая структура приводит к росту коэрцитивной силы, тогда как при меньших значениях указанного отношения наблюдается её снижение. При критическом отношении обменных интегралов решётка пор не влияет на коэрцитивную силу; при увеличении толщины плёнки критическое отношение поверхностного и объёмного обменных интегралов уменьшается и стремится к предельному значению.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изложены закономерности влияния геометрических параметров регулярной решётки наноразмерных пор на критическое поведение, коэрцитивную силу и процессы перемagnetивания тонких ферромагнитных плёнок;

изучено влияние регулярной решетки наноразмерных пор на фазовую диаграмму тонких ферромагнитных плёнок. Определены параметры, приводящие к возникновению поверхностно упорядоченной объёмно неупорядоченной фазы.

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

определены зависимости магнитных характеристик от периода решётки и размера пор, позволяющие выбирать параметры пористой структуры для целенаправленного управления температурой Кюри, коэрцитивной силой и устойчивостью магнитного состояния тонкоплёночных материалов

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

использованы подходы и методы, которые широко известны и апробированы, а математический аппарат адаптирован под особенности рассматриваемой проблемы. Проводится сравнение теоретических результатов с имеющимися экспериментальными данными, что позволяет верифицировать полученные выводы;

установлено, что полученные в работе результаты автора коррелируют с известными литературными данными. В частности, качественные особенности искажений петель гистерезиса для однородных и бислойных плёнок с решетками пор согласуются с закономерностями, ранее обнаруженными в экспериментальных работах.

Личный вклад соискателя состоит во включенном участии на всех этапах диссертационного исследования: в постановке цели исследования и описания модели системы; выполнении работы по разработке программного комплекса для расчетов, проведении компьютерного эксперимента, обработке результатов и сравнении с данными реальных экспериментов; подготовке текста всех публикаций по теме диссертации; апробации результатов исследования на международных и всероссийских научных мероприятиях разного уровня.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания.

1. При описании влияния поверхностного магнетизма в гамильтониане бислойной структуры в модели Изинга выбор обменного интеграла для пары спинов, расположенных на свободной поверхности пленки и в первом подповерхностном слое как геометрическое среднее между обменными интегралами объемных спинов и поверхностных спинов не обоснован в диссертации.

2. Для более детального анализа поверхностного магнетизма было бы желательно изучить намагниченности монослоев по отдельности. Графики зависимости намагниченности монослоев дали бы информацию о глубине проникновения воздействий поверхностных слоев на объемные спины. При Монте-Карло моделировании это сделать достаточно просто.

3. Расчёты выполнены в модели Изинга без учёта диполь-дипольного взаимодействия и магнитостатических полей, которые в реальных перфорированных плёнках существенно влияют на коэрцитивную силу и форму петли гистерезиса.

4. В диссертационной работе слабо описано влияние характерных релаксационных времен и учет этого влияния на критические характеристики при изменении геометрических характеристик.

Соискатель, Симакова Софья Сергеевна, ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы, согласилась с рядом высказанных замечаний, привела собственную аргументацию.

На заседании 25 сентября 2026 года диссертационный совет принял решение: присудить **Симаковой Софье Сергеевне** ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. Теоретическая физика за решение научной задачи, связанной с влиянием геометрических параметров решетки антиоточек на магнитные свойства тонких ферромагнитных пленок, имеющей значение для развития теоретической физики.

