ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.411.03 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

Аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 10.04.2026 г. № 3

О присуждении Шапаевой Татьяне Борисовне, гражданке РФ, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Динамика доменных границ и магнитных вихрей в доменных границах прозрачных ферромагнетиков» в виде рукописи по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений принята к защите 26.12.2025, протокол № 16, диссертационным советом 24.2.411.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный университет» Министерства науки и высшего образования РФ. Адрес: 170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33. Приказ № 423/нк от 12.08.2013 г.

Соискатель – Шапаева Татьяна Борисовна, 28 августа 1970 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Неодномерная динамика доменных границ в прозрачных ферромагнетиках» защитила в 2002 г. в диссертационном совете, созданном на базе Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (ныне действующее название – ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова») по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений, диплом КТ № 075488 от 12.07.2002 г. В настоящее время работает доцентом кафедры магнетизма физического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре магнетизма физического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» Российской Федерации.

Официальные оппоненты: Гареева Зухра Владимировна, доктор физико-математических наук, доцент, Институт физики молекул и кристаллов – обособленное структурное подразделение ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией теоретической физики; Панина Лариса Владимировна, доктор физико-математических наук, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», профессор кафедры технологии материалов электроники; Юрасов Алексей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО

«МИРЭА – Российский технологический университет», Институт перспективных технологий и индустриального программирования, профессор кафедры наноэлектроники – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук, г. Москва, в своем положительном отзыве, утвержденном и.о. директора, доктором физико-математических наук, старшим научным сотрудником Розановым Константином Николаевичем и подписанном кандидатом физико-математических наук, заведующим лабораторией электрофизики новых функциональных материалов Маклаковым Сергеем Сергеевичем и доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником той же лаборатории Бузниковым Никитой Александровичем, отметила, что диссертационная работа Т.Б. Шапаевой является оригинальной, самостоятельной и законченной научно-квалификационной работой, выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и практической ценностью, вносит значительный вклад в развитие физики магнитных явлений и в исследования динамики перемагничивания. Диссертация соответствует требованиям Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года (в текущей редакции). Автор диссертации Шапаева Татьяна Борисовна заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений.

Соискатель имеет 46 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 27 научных работ, из них 27 статей в журналах, входящих в Перечень ВАК и приравненных к ним. В опубликованных работах полностью отражены результаты диссертации. Подготовка публикаций проводилась лично автором, при участии соавторов совместных публикаций. В диссертации достоверно отражены сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимыми являются следующие статьи:

1. **Шапаева, Т.Б.** Исследование динамики доменных границ в прозрачных ферромагнетиках методом высокоскоростной фотографии / **Т.Б. Шапаева** // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика, астрономия. – 2024. – Т. 79(6). – С. 2460506.
2. Chetkin, M.V. Gyroscopic dynamics of antiferromagnetic vortices in the orthoferrite domain wall / M.V. Chetkin, Yu.N. Kurbatova, **T.B. Shapaeva** // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2009. – Vol. 321, № 7. – P. 800.
3. Prabhakara, K.H. Controlling magnetic domain wall velocity by femtosecond laser pulses / K.H. Prabhakara, **T.B. Shapaeva,** M.D. Davydova, K.A. Zvezdin, A.K. Zvezdin, C.S. Davies, A. Kirilyuk, Th. Rasing, A.V. Kimel // Journal of Physics: Condensed Matter. – 2021. – Vol. 33, № 075802. DOI: 10.1088/1361-648X/abc941.
4. Dolgikh, A. Magneto-optical diffraction of visible light as a probe of nanoscale displacement of domain walls at femtosecond timescales / A. Dolgikh, **T.B. Shapaeva**, K.T. Yamada, M.V. Logunov, T.H. Rasing, A.V. Kimel // Review of Scientific Instruments. – 2023. – V. 94, № 103001.

5. Четкин, М.В. Динамика доменных границ в пленках ферритов-гранатов в больших плоскостных магнитных полях / М.В. Четкин, Ю.Н. Курбатова, **Т.Б. Шапаева** // Физика твердого тела. – 2010. – Т. 52, вып. 9. – С. 1795.
6. **Шапаева, Т.Б.** Подвижность доменной границы феррита-граната в присутствии плоскостного магнитного поля / **Т.Б. Шапаева**, Ю.Н. Курбатова // Краткие сообщения по физике ФИАН. – 2021. – № 8. – С. 17.
7. Davies, C.S. Anomalously damped heat-assisted route for precessional magnetization reversal in an iron garnet / C.S. Davies, K.H. Prabhakara, M.D. Davydova, K.A. Zvezdin, T.B. Shapaeva, S. Wang, A.K. Zvezdin, A. Kirilyuk, Th. Rasing, A.V. Kimel // Physical Review Letters. – 2019. – Vol. 122. – №. 027202.
8. Prabhakara, K.H. Исследование динамики доменной границы в GdFeCo методом двукратной высоко скоростной фотографии / K.H. Prabhakara, **Т.Б. Шапаева**, В.В. Юрлов, К.А. Звездин, А.К. Звездин, C.S. Davies, A. Tsukamoto, А.И. Кирилюк, Th. Rasing, А.В. Кимель // Физика твердого тела. – 2023. – Т. 65, № 2. – С. 248.
9. Chetkin, M.V. Solitary deflection waves on the supersonic domain wall of yttrium orthoferrite / M.V. Chetkin, Yu.N. Kurbatova, **T.B. Shapaeva** // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2012. – Vol. 324. – P. 3576.
10. Четкин, М.В. Отражение антиферромагнитных вихрей на сверхзвуковой доменной границе в ортоферрите иттрия / М.В. Четкин, Ю.Н. Курбатова, **Т.Б. Шапаева,** О.А. Борщеговский // Письма в ЖЭТФ. – 2007. – Т. 85, № 4. – С. 232.
11. **Shapaeva, T.B.** “Gray” slit diffraction and the possibility of its use to improve the spatial resolution of magneto-optics / **T.B. Shapaeva,** E.F. Khudaigulova // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2023. – Vol. 587. – P. 171369.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов, все отзывы положительные:

1. Курляндской Г.В., д.ф.-м.н., профессора-исследователя кафедры магнетизма и магнитных наноматериалов Института естественных наук и математики и Свалова А.В., д.ф.-м.н., старшего научного сотрудника отдела магнетизма твердых тел ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Содержит замечания: при анализе влияния оптического возбуждения на движущуюся доменную границу в соединении GdFeCo не приведен анализ метрологической оценки правомерности сравнения данных четырех различных источников разной поляризации; не указано, что является критерием «малости» амплитуды прецессии намагниченности по данным рис. 9 автореферата.

2. Калашниковой А.М., PhD, заведующего лабораторией, ведущего научного сотрудника лаборатории физики ферроиков ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук. Содержит замечания: следовало указать, какая именно скорость звука в ферритах-гранатах и ортоферритах рассматривается (продольные или поперечные акустические фононы, объемные или поверхностные акустические волны). Ожидаются ли эффекты, аналогичные обсуждаемым, при скоростях доменных границ, сравнимых, например, со скоростями продольных акустических фононов? Проводились ли эксперименты при температуре образца заведомо

выше точки компенсации углового момента, чтобы подавить эффект ускорения при рассмотрении нечувствительности скорости доменных границ к оптическому возбуждению в GdFeCo? Следует ли понимать, что при обсуждении влияния лазерно-индуцированного нагрева на движение доменных границ влияние деформаций, связанных с нагревом, и соответствующего изменения магнитоупругой энергии включены в интегральный эффект от нагрева? Возможно, учет неоднородности по пятну зондирования влияния оптической накачки на оптические и магнитооптические свойства среды или использование расфокусированного импульса накачки позволили бы более строго рассмотреть артефакты измерения.

3. Калинина Ю.Е., д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры твердотельной электроники им. В.Г. Колесникова ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». Содержит замечание: на многих графиках, представленных в автореферате, не указаны погрешности измеренных или рассчитанных параметров.

4. Комогорцева С.В., д.ф.-м.н., доцента, заведующего лабораторией физики магнитных пленок и Исхакова Р.С., д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника той же лаборатории Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН. Содержит замечание: в тексте автореферата не приведена толщина исследуемых пленок GdFeCo, что затрудняет оценку воспроизводимости результатов и возможности их исследования с помощью эффекта Фарадея.

5. Харитонского П.В., д.ф.-м.н., доцента, профессора кафедры физики ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)». Содержит замечания: присутствует некоторая избыточность выбора аппроксимирующих функций w(v); иногда используются разные системы единиц в одних и тех же расчетах и графиках; встречаются опечатки.

6. Павлова В.В., д.ф.-м.н., главного научного сотрудника, заведующего лабораторией Оптических явлений в сегнетоэлектрических и магнитных кристаллах ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук. Содержит замечания: в выводе 2 сказано, что «коллинеарность соседних магнитных моментов нарушается и обменное взаимодействие между ними ослабевает», но с физической точки зрения обменное взаимодействие стремится сохранить коллинеарность. В автореферате указано, что эксперимент выполнен «с пространственным разрешением 6 нм», хотя из описания Главы VII следует, что такая величина получена из анализа изменения интенсивности дифракционного максимума и характеризует чувствительность метода к смещению доменных границ.

7. Вахитова Р.М., д.ф.-м.н., профессора, заведующего кафедрой теоретической физики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий». Содержит замечание: нет никаких данных по изменению обменного параметра при нагревании феррита-граната с помощью лазерного импульса.

8. Кузьменко А.П., д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики, главного научного сотрудника Регионального центра нанотехнологий ФГБОУ ВО «Юго-западный государственный университет». Замечаний не содержит.

9. Екомасова Е.Г., д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры теоретической физики Физико-технического института ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий». Замечаний не содержит.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и работники ведущей организации являются известными специалистами по теме диссертации, а именно, в области физики магнитных явлений, исследования динамики перемагничивания и моделирования этих процессов.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований **показана** связь процессов, лежащих в основе динамики доменных границ (ДГ), и динамики внутренней структуры ДГ в прозрачных ферромагнетиках; **разработан** и применен комплексный подход, объединяющий метод двукратной фотографии и метод накачки-зондирования, что позволяет регистрировать влияние оптического возбуждения на динамику доменной границы в прозрачных ферромагнетиках; **определены** условия оптического перемагничивания и оптического торможения доменной границы феррита-граната и условия существования антиферромагнитных (АФМ) вихрей в доменных границах ортоферрита иттрия.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что автором **определен** механизм влияния локального нагрева на однородно намагниченную область и на динамику ДГ; результаты исследования развивают существующие представления о динамике доменных границ и об изменениях внутренней структуры движущихся доменных границ в материалах с высокой магнитооптической добротностью в видимой области спектра; **обоснованы** закономерности, объясняющие нелинейную зависимость подвижности ДГ феррита-граната от величины постоянного магнитного поля, которое направлено перпендикулярно плоскости ДГ; **доказано** существование скорости насыщения в ферримагнетике GdFeCo (1,2 км/с) при комнатной температуре, а также доказано, что ДГ феррита-граната при комнатной температуре может двигаться со сверхзвуковой скоростью, при этом видимая ширина ДГ возрастает на порядок по сравнению с ее шириной в статике или при движении со скоростью меньшей скорости звука.

Значение полученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что: в работе были **определены** условия, необходимые для оптического перемагничивания, а также параметры (энергия возбуждающего оптического импульса и скорость движения доменной границы), при которых происходит торможение ДГ в ферритах-гранатах; **установлен** режим оптического перемагничивания в субнаносекундном диапазоне, который может быть реализован в материалах, у которых намагниченность и анизотропия по-разному зависят от температуры; **предложены** условия проведения магнитооптических исследований динамики единственной доменной границы с

высоким латеральным разрешением (0,1 мкм), в основе которых лежит использование дифракции света на доменной границе.

Оценка достоверности результатов исследования **выявила:** все экспериментальные результаты получены на сертифицированном оборудовании в ведущих научных лабораториях; использованы современные методы математической и компьютерной обработки экспериментальных данных; физические модели, которые были предложены для описания полученных данных, соответствуют результатам экспериментов.

Личный вклад автора состоит в постановке цели и задач и в непосредственном участии во всех этапах выполненных исследований, математической обработке полученных результатов, интерпретации экспериментальных данных и написании основных частей публикаций по результатам выполненных исследований при участии соавторов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания и вопросы: не представлен аналитический вывод формулы для скорости движения антиферромагнитного вихря внутри ДГ, что затрудняет понимание ее физического смысла; каков механизм взаимодействия оптических импульсов с пленками ферритов-гранатов и влияния скорости звука в материале на движение ДГ.

Соискатель Шапаева Т.Б. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию: аналитический вывод формулы для скорости движения антиферромагнитного вихря внутри ДГ не представлен в работе поскольку, с одной стороны, этот вывод достаточно громоздкий, а с другой стороны, погружение в детали этого вывода отвлекает от понимания физического смысла неявной связи скорости движения ДГ и АФМ вихря, который движется внутри нее. В основе механизма взаимодействия оптических импульсов с пленками ферритов-гранатов лежит локальное изменение температуры возбужденной области, которое приводит к уменьшению анизотропии пленки в два раза и незначительному уменьшению намагниченности. При достижении доменной границей скорости звука ее структура меняется, о чем свидетельствует изменение видимой ширины ДГ, при этом энергия, которую получает граница со стороны внешнего магнитного поля, управляющего динамикой ДГ, идет на сохранение новой структуры границы, именно поэтому роста скорости до сверхзвуковых значений в некотором диапазоне магнитных полей не происходит.

Диссертация соответствует критериям Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в текущей редакции и пунктам 1 и 3 паспорта специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений.

На заседании 10.04.2026 г. диссертационный совет принял решение за научное достижение: выявление фундаментальных физических процессов, лежащих в основе динамики доменных границ и магнитных вихрей внутри доменных границ прозрачных ферромагнетиков (пленки Bi-содержащих ферритов-гранатов, ортоферрит иттрия, GdFeCo) – присудить Шапаевой Татьяне Борисовне ученую степень доктора физико-математических наук по

специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета Ю.Г. Пастушенков

Ученый секретарь
диссертационного совета Е.В. Барабанова

10.04.2026 г.