

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.392.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»,  
МИНОБРНАУКИ РОССИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 8 декабря № 41

О присуждении **Губанову Владиславу Андреевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Управление свойствами спиновых волн в нерегулярных структурах на основе магнонных микроволноводов и магнонных кристаллов» по специальности 1.3.4. — Радиофизика принята к защите 22 сентября 2023 года (протокол заседания № 37) диссертационным советом 24.2.392.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Минобрнауки России, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, приказ Минобрнауки России о создании диссертационного совета от 15.02.2013 №75/нк; приказы об изменении состава совета от 15.12.2015 № 1598/нк-9, от 28.09.2016 № 1180/нк-52, от 15.02.2017 № 116/нк-38, от 26.01.2018 № 92/нк-50, от 17.04.2018 № 431/нк-26, от 23.11.2018 № 301/нк-66, от 24.09.2019 №873/нк-26; приказ об установлении полномочий совета от 03.06.2021 № 561-нк (Приложение 1/597); приказы об изменении состава совета от 15.10.2021 № 1046/нк-33 и от 23.05.2023 №1131/нк-39.

Соискатель Губанов Владислав Андреевич, 26 августа 1994 года рождения, в 2018 году окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского» (ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»). В 2023 году освоил программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в

аспирантуре ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия», направленность «Радиофизика».

Работает младшим научным сотрудником лаборатории «Магнитные метаматериалы» Научно-исследовательского института механики и физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н. Г. Чернышевского», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре физики открытых систем Института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Садовников Александр Владимирович, ФГБОУ ВО «СГУ имени Н. Г. Чернышевского», Институт физики, кафедра физики открытых систем, доцент.

Официальные оппоненты:

**Локк Эдвин Гарривич**, доктор физико-математических наук (01.04.11), ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, Фрязинский филиал (г. Фрязино), лаборатория исследования СВЧ свойств ферромагнетиков, и.о. заведующего;

**Телегин Андрей Владимирович**, кандидат физико-математических наук (01.04.07), ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург), лаборатория магнитных полупроводников, заведующий, дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** — ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Остапенковым Павлом Сергеевичем, кандидатом технических наук (05.12.04), доцентом, заведующим кафедрой «Формирование и обработка радиосигналов», указала, что диссертационная работа Губанова В.А. посвящена решению актуальной задачи радиофизики, состоящей в выявлении закономерностей управления спектром дипольных спиновых волн (СВ) в нерегулярных структурах на основе магнитных кристаллов и микроволноводов, и содержит оригинальные результаты, имеющие важное фундаментальное и прикладное значение для данной научной отрасли; диссертация удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ по теме диссертации, из них 6 – в рецензируемых научных изданиях (в том числе входящих в системы цитирования Web of Science и Scopus), рекомендованных ВАК для опубликования основных научных результатов диссертаций, общим объемом 4.27 п. л. (авторский вклад 1.5 п. л.), 8 работ в трудах научных конференций.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. **V. A. Gubanov**, V. V. Kruglyak, S. Sheshukova, V. D. Bessonov, S. A. Nikitov, A. V. Sadovnikov. Frequency-selective spin-wave propagation in magnonic waveguide with a local laser-heated region // *Physical Review B*. — 2023. — Vol. 107, no. 2. — P. 024427.

2. **V. A. Gubanov**, S. Sheshukova, S. A. Nikitov, A. V. Sadovnikov. Multimode unidirectional spin-wave coupling in an array of non-identical magnonic crystals near band gap frequencies // *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 2021. — Vol. 54, no. 24. — P. 245001.

3. A. V. Sadovnikov, **V. A. Gubanov**, S. E. Sheshukova, Y. P. Sharaevskii, S. A. Nikitov. Spin-wave drop filter based on asymmetric side-coupled magnonic crystals // *Physical Review Applied*. — 2018. — Vol. 9, no. 5. — P. 051002.

На автореферат поступило 8 положительных отзывов:

из ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» от д.ф.-м.н. (01.04.10) Фетисова Ю. К.; из ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» от д.ф.-м.н. (01.04.03) Устинова А. Б.; из ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» от д.ф.-м.н. (1.3.4) Бабичева Р. К.; из Дальневосточного федерального университета от д.ф.-м.н. (01.04.07) Самардака А. С. и к.ф.-м.н. (01.04.07) Козлова А. Г.; из ООО «Международный центр квантовой оптики и квантовых технологий», г. Москва, от д.ф.-м.н. (01.04.07) Игнатъевой Д. О.; из Фрязинского филиала Института радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова РАН от к.ф.-м.н. (01.04.10) Темиряева А. Г.; из ФГБУН Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН от к.ф.-м.н. (1.3.8.) Геревенкова П. И.

В отзывах на автореферат сделаны замечания: а) о неполной детализации авторского вклада; б) отсутствия конкретных параметров нагрева (температуры, мощности лазера, размера пятна фокусировки); в) о погрешностях в оформлении автореферата.

Выбор официальных оппонентов обосновывается близким соответствием проводимых ими исследований теме диссертации, их высокой квалификацией, связанной с изучением вопросов распространения спин-волновых возбуждений в тонких ферромагнитных волноводах и методам их управления, позволяющей оценить научную и практическую значимость диссертационной работы, широкой известностью и признанными достижениями среди специалистов. Выбор официальных оппонентов объясняется, кроме того, отсутствием совместных печатных работ с соискателем. Выбор ведущей организации обосновывается её высоким авторитетом среди научно-исследовательских организаций, эффективно работающих над решением актуальных задач радиофизики, а также отсутствием договорных отношений с соискателем. Выбор официальных оппонентов и ведущей организации удовлетворяет критериям, сформулированным в пп.22 и 24 действующего «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. №842.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**доказана работоспособность** способа управления свойствами распространяющихся спиновых волн путем создания области с неоднородной намагниченностью типа «магнитная яма», возникающей в результате локального лазерного нагрева и проявления эффекта анизотропии формы продольно-нерегулярной волноведущей структуры при касательном намагничивании;

**выявлено**, что в случае неоднородного лазерного нагрева области скругления «U-образной» структуры, наблюдается либо расширение частотной полосы в случае возбуждения обратной объемной магнитостатической волны, либо сужение частотной полосы выходного сигнала в случае возбуждения поверхностной магнитостатической волны в зависимости от диаметра пятна сфокусированного излучения;

**обнаружены** режимы узкополосного ответвления в системе двух магнетонных кристаллов с разными геометрическими ширинами в зависимости от возбуждаемого магнетонного кристалла;

**выполнен** численный анализ амплитудно-частотных характеристик спиновых волн в планарной структуре при вариации параметров лазерного нагрева (диаметра области, величины нагрева).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**исследованы** механизмы возникновения на амплитудно-частотных характеристиках резонансов, связанных с локальным облучением;

**дана** интерпретация физического эффекта трансформации типа магнитостатической волны в зависимости от направления прилагаемого внешнего магнитного поля и создания области нагрева в неоднородном сегменте «U-образного» волновода;

**исследован** эффект перераспределения мощности на дефектной моде, переносимой спиновыми волнами между микроволноводами, при условии возбуждения поверхностных спиновых волн микрополосковой антенной в отдельном магнетонном кристалле на частотах, соответствующих брэгговским запрещенным зонам.

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

**предложены** методы управления спин-волновыми характеристиками нерегулярных структур на основе магнетонных микроволноводов и магнетонных кристаллов, которые могут найти применение в создании класса устройств обработки информации, таких как системы демультиплексирования с частотно-пространственной селективностью, направленные ответвители, делители, фильтры и ключи СВЧ-сигнала, управляемых одновременно магнитным полем и локальным лазерным излучением;

**исследования выполнялись** в рамках грантов РФФИ (18-79-00198, 20-79-10191) и РФИИ (18-29-27026, 18-37-00482, 18-37-20005, 19-29-03034, 19-37-80004, 20-37-90020).

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

**экспериментальные результаты получены** с использованием современной высокоточной аппаратуры и апробированных методов измерений амплитудно-частотных и дисперсионных характеристик нерегулярных волноведущих структур;

**использованы** математически обоснованные методы и алгоритмы численного моделирования, широко апробированные и хорошо зарекомендовавшие себя при моделировании волновых процессов в ферромагнитных средах;

**установлено** качественное и количественное соответствие численных и экспериментальных результатов.

**Личный вклад соискателя.** Все основные результаты, включенные в диссертацию, получены лично соискателем. Постановка задачи, обсуждение и интерпретация результатов осуществлялись совместно с научным руководителем, а также с соавторами опубликованных работ.

Результаты работы рекомендуются к использованию в научно-исследовательских учреждениях – в Институте радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН (г. Москва) и его Саратовском филиале, Национальном исследовательском университете «МЭИ» (г. Москва), Институте прикладной физики РАН (г. Нижний Новгород), ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (г. Санкт-Петербург), ФГБУН Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе РАН (г. Санкт-Петербург), а также в учебном процессе в высших учебных заведениях (ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), МГУ им. М.В. Ломоносова), ведущих подготовку специалистов в области исследования спиновых волн в различных магнитных структурах.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- 1) о необходимости уточнения характера переходных процессов при облучении лазерным нагревом;
- 2) о необходимости уточнения наилучшего режима распространения в случае возбуждения спиновой волны в подковообразной структуре;
- 3) о необходимости уточнения времени температурных процессов;
- 4) о необходимости сравнения исследуемых структур с существующими устройствами;
- 5) о необходимости уточнения получаемых зависимостей изменения намагниченности насыщения от температуры;
- 6) об уточнении природы провалов на амплитудно-частотных характеристиках для системы магнитных кристаллов;
- 7) о пояснении термина «магнитная яма».

Соискатель Губанов В.А. ответил на замечания, содержащиеся в отзывах ведущей организации и официальных оппонентов, и на заданные ему в ходе заседания вопросы и дал необходимые пояснения: 1) уточнил, что спин-волновые эффекты, наблюдаемые при нагреве в рассматриваемых задачах не являются пороговыми; 2) уточнил, что наилучший режим для подковообразной

структуры определяется исходя из необходимого эффекта, так как в системе можно реализовывать режим непрохождения для случая возбуждения поверхностных магнитостатических волн, либо улучшение прохождения для случая возбуждения обратных объемных магнитостатических волн); 3) уточнил, что времена нагрева составляли порядка микросекунд, а времена охлаждения – порядка десятков микросекунд; 4) уточнил, что в отличие от современных устройств, рассматриваемые в диссертационной работе структуры обладают широким частотным диапазоном оперирования (от мегагерц до терагерц), который устанавливается с помощью значения внешнего магнитного поля, а также указал об отсутствии тепловых потерь при распространении спин-волнового сигнала; 5) уточнил, что для получения зависимостей распределения намагниченности насыщения от температуры необходимо получать экспериментальные карты распределения температуры при помощи инфракрасной камеры, а также нужно знать теплопроводность исследуемой структуры для дальнейшего перерасчета с использованием формулы; 6) уточнил, что провалы на амплитудно-частотных характеристиках для системы связанных магнетонных кристаллов связаны только с узкочастотным ответвлением на частоте запрещенных зон возбуждаемого магнетонного кристалла и что в данной системе не происходит перекачки на других частотах ввиду разного распределения внутреннего магнитного поля в магнетонных кристаллах; 7) пояснил, что понятие «магнитная яма» давно введенное понятие в литературе, описывающее уменьшение намагниченности насыщения под различного рода взаимодействиями – лазерный нагрев либо наложение металла.

Диссертация Губанова В.А. содержит решение актуальной задачи радиофизики по выявлению закономерностей трансформации спектра спин-волновых возбуждений в нерегулярных структурах на основе магнетонных микроволноводов и магнетонных кристаллов. Содержание диссертации удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика как удовлетворяющую пунктам паспорта этой специальности 1, 2 и 3: П. 1.Разработка физических основ генерации, усиления и преобразования колебаний и волн различной природы (электромагнитных,

акустических, плазменных, механических), а также автоволн в неравновесных химических и биологических системах. Поиски путей создания высокоэффективных источников когерентного излучения миллиметрового, субмиллиметрового и оптического диапазонов, техническое освоение новых диапазонов частот и мощностей; П. 2. Изучение линейных и нелинейных процессов излучения, распространения, дифракции, рассеяния, взаимодействия и трансформации волн в естественных и искусственных средах; П. 3. Разработка и исследование новых электродинамических систем и устройств формирования и передачи радиосигналов: резонаторов, волноводов, фильтров и антенных систем в радио, оптическом и ИК –диапазоне.

На заседании 8 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Губанову В.А. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек (17 человек находились в месте проведения заседания, 4 человека участвовали в заседании совета в удаленном интерактивном режиме), из них 7 докторов по специальности 1.3.4. «Радиофизика», участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 21, против – нет, воздержавшихся – нет.

Председатель  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
8 декабря 2023 г.

  
  
Аникин Валерий Михайлович

  
Сысоев Илья Вячеславович