

Заключение диссертационного совета 24.2.375.03,
созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический
университет имени В.Ф. Уткина» Министерства науки и высшего образования
Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени
доктора наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 13.02.2026 № 1

О присуждении Леонову Дениса Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Методы и средства повышения качества ультразвуковой диагностики в медицине» по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения, принята к защите 05.11.2025 г. (протокол заседания № 29) диссертационным советом 24.2.375.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1, приказом Минобрнауки России №449/нк от 18.12.2013 ., срок полномочий продлен приказом Минобрнауки России №561/нк от 03.06.2021 г.

Соискатель, Леонов Денис Владимирович, 3 ноября 1989 года рождения, защитил в 2019 году диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Ультразвуковая медицинская диагностическая система на основе доплеровского мерцающего артефакта» по специальности 05.11.17. Приборы, системы и изделия медицинского назначения в диссертационном совете Д212.211.04, созданном на базе ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет». Работает ведущим научным сотрудником государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских

технологий департамента здравоохранения города Москвы» (ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»), г. Москва.

Диссертация выполнена в ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», г. Москва.

Научный консультант – Яковлева Татьяна Викторовна, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», г. Москва.

Официальные оппоненты:

Хохлова Вера Александровна, доктор физико-математических наук, доцент кафедры акустики, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (МГУ), г. Москва;

Сенатов Федор Святославович, доктор физико-математических наук, директор института биомедицинской инженерии ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ «МИСиС»), г. Москва;

Мясникова Нина Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемахаика», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ПГУ»), г. Пенза,
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), г. Тамбов, в своем отзыве, подписанном Фроловым Сергеем Владимировичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Биомедицинская техника», и утвержденном Муромцевым Дмитрием Юрьевичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе, указала, что диссертационная работа Леонова Дениса Владимировича выполнена на актуальную тему, подготовлена на высоком уровне, оформлена качественно и обладает внутренним единством. Диссертационное исследование выполнено автором самостоятельно, что подтверждается достаточным количеством публикаций, в которых раскрываются основные аспекты проведенного исследования и демонстрируются основные полученные теоретические и практические результаты. Содержание автореферата

полностью соответствует диссертации. Диссертационная работа Леонова Дениса Владимировича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные решения, обеспечивающие повышение точности ультразвуковой медицинской диагностики, воспроизводимости и сопоставимости результатов биомедицинских исследований, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие медицины в области диагностики. Материалы диссертации полностью соответствуют паспорту специальности 2.2.12 Приборы, системы и изделия медицинского назначения. Положения научной новизны работы соответствуют пунктам 1, 2, 10, 11, 14, 17, 19, 22 паспорта специальности. Диссертация соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а соискатель Леонов Денис Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения».

Соискатель имеет 175 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 117 работ, из них 29 статей в журналах из перечня ВАК, 32 публикации в сборниках тезисов докладов на конференциях, 22 публикации из перечня Scopus, 20 публикаций из перечня Web of Science, 17 патентов на изобретения и полезные модели, 2 сборника методических рекомендаций, 9 свидетельств о регистрации программ и баз данных, 1 монография.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1) Метод оценки размера рассеивателей при ультразвуковой визуализации/ Леонов Д.В., Яковлева Т.В., Кульберг Н.С., Омелянская О.В., Васильев Ю.А.// Биомедицинская радиоэлектроника. – 2025. – № 3. – С. 70-78. *Леонов Д.В. разработал численную модель поля распространения ультразвука и провел экспериментальную проверку разработанного метода оценки размера рассеивателей.*

2) Разработка имитационной модели ультразвуковой медицинской диагностической системы/ Леонов Д.В.// Медицина и высокие технологии. – 2025. – № 2. – С. 15-19. *Публикация без соавторов.*

3) Испытания способа коррекции фазовых aberrаций волнового фронта при ультразвуковой диагностике, основанного на полиномиальной аппроксимации задержек / Д. В. Леонов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2025. – № 2(70). – С. 118-123. *Публикация без соавторов.*

4) Innovative aberration correction in ultrasound diagnostics with direct phase estimation for enhanced image quality / Leonov D, Kulberg N, Yakovleva T, Solovyova P, Costa-Júnior JFS, Saikia MJ // Phys Eng Sci Med. – 2023. – V. 46. – P.1765-1778. <https://doi.org/10.1007/s13246-023-01338-0> *Леонов Д.В. предложил, теоретически обосновал и экспериментально проверил метод компенсации aberrаций волнового фронта, отличающийся тем, что выполняет коррекцию aberrаций посредством введения поправочных задержек, оцененных через фазовый спектр.*

5) Design and validation of a phantom for transcranial ultrasonography / Leonov D, Kodenko M, Leichenko D, Nasibullina A, Kulberg N. // International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery. – 2022. – V. 17. № 9. – P. 1579-1588. <https://doi.org/10.1007/s11548-022-02614-2>. *Леонов Д.В. разработал способ создания фантома для транскраниальных исследований и проверил его с использованием нескольких ультразвуковых сканеров и другого необходимого оборудования.*

На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов, все они положительные и были получены из:

1) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук, г. Москва. Отзыв подписали заместитель директора, к.т.н. Кан Анна Владимировна и ведущий научный сотрудник отдела информационных технологий, д.т.н. Хорошилов Александр Алексеевич.

2) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный технический университет», г. Тверь. Отзыв подписали доцент кафедры автоматизации технологических процессов, к.т.н., доцент Сидоров Константин Владимирович и заведующий кафедрой «Автоматизация технологических процессов», д.т.н., профессор Марголис Борис Иосифович.

3) Федерального государственного автономного образовательного

учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва. Отзыв подписал д.ф.-м.н., доцент, заместитель заведующего кафедрой физики и технологии наноструктур Александр Вячеславович Сюй.

4) Научно-исследовательского института урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Москва. Отзыв подписал руководитель группы лучевых методов диагностики и лечения, д.м.н., профессор Громов Александр Игоревич.

5) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону. Отзыв подписали д.т.н., старший научный сотрудник лаборатории ультразвуковой диагностики и дефектоскопии Макарьев Дмитрий Иванович и д.ф.-м.н., директор Центра ПИР ЮФУ, заведующий отделением НИИ физики, главный научный сотрудник отделения сегнето-пьезоматериалов, приборов и устройств Рыбьянец Андрей Николаевич.

6) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва. Отзыв подписал д.м.н., профессор кафедры БМТЗ «Биомедицинская безопасность» Просьянников Михаил Юрьевич.

7) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань. Отзыв подписали д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры теоретической механики института математики и механики им. Н.И. Лобачевского Бережной Дмитрий Валерьевич и к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой компьютерной математики и информатики института математики и механики им. Н.И. Лобачевского Саченков Оскар Александрович.

8) Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России», г. Москва. Отзыв подписали заведующий лабораторией инновационных медицинских технологий управления клинической и

радиационной медицины, к.т.н. Седанкин Михаил Константинович и заведующий отделом неионизирующих излучений, д.т.н., заслуженный конструктор РФ, лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники Драган Сергей Павлович.

9) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет „ЛЭТИ“ им. В. И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург. Отзыв подписала д.т.н., профессор, профессор кафедры биотехнических систем Садыкова Елена Владимировна.

10) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет „МИФИ“», г. Москва. Отзыв подписал д.ф.-м.н., заведующий кафедрой лазерных микро-нано и биотехнологий Инженерно-физического института биомедицины Лощенов Виктор Борисович.

В отзывах указаны следующие замечания: во второй главе приведена оценка фазовых задержек на основе функций Лежандра, но из текста не ясна величина наибольшего значения порядка базисных функций и влияние этой величины на результат аппроксимации; в текст автореферата есть ряд формальных неточностей, так в формуле (1) знак вектора необходимо ставить только над буквой r , а в формулу (3) с точки зрения формализма некорректно использовать оператор hist , почему-то в тексте вектора где-то обозначены стрелками, а где-то полужирным шрифтом; из материалов автореферата не совсем понятно, каким образом получено конкретное значение доли восстановления исходных данных – до 98; не отражено влияние амплитудных искажений на характеристики работы методов коррекции aberrаций; метод оценки размера рассеивателей в автореферате до конца не раскрыт; в тексте автореферата не приводится сравнение предлагаемого метода оценки размеров рассеивателей с аналогами и выявление его недостатков и преимуществ; отсутствует оценка быстродействия разработанных алгоритмов коррекции aberrаций, тогда как она имеет значения для практической реализации в реальном времени; не приведен результат оценки диагностической эффективности классической системы картирования кровотока, в сравнении с которой можно говорить о более удачных показателях разработанной системы; стоило бы

рассмотреть подробнее влияние шумов на качество работы метода оценки размера рассеивателей. Это влияние становится особенно важным на большом расстоянии от датчика, обычно применяемом при исследовании печени; в автореферате недостает детализированного протокола измерений и описания границ применимости системы оценки размера рассеивателей; отсутствие сопоставления разработанного метода коррекции аберраций с ранее известными методами, основанными на корреляционной обработке эхо-сигналов; хотя в работе приводятся испытания на фантомах и математических моделях, но наблюдается отсутствия описания клинических проверок части разработанных методов; из автореферата не ясна вся широта и границы области применения разработанных методов коррекции аберраций, не обсуждается, например, возможность, их применения в терапевтических устройствах при разрушении опухоли головного мозга фокусированным ультразвуком высокой интенсивности; из материалов автореферата не понятно, насколько разработанный метод коррекции аберраций будет эффективен в различных клинических применениях, например, при исследовании молочных и щитовидных желез; также не ясна степень влияния конкретной модели ультразвукового сканера на результаты исследований по коррекции аберраций; не приведены результаты определения чувствительности и специфичности, ошибки I и II второго рода.

Все отзывы в целом **положительные** и содержат вывод о том, что диссертационная работа соответствует актуальным на момент написания отзыва требованиям (согласно п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемым Высшей аттестационной комиссией к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их признанным научным авторитетом в рассматриваемой области науки. Они имеют значительный публикационный опыт по тематике диссертационного исследования, что позволяет им компетентно оценить его теоретическую новизну и практическую значимость.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан научный подход и соответствующий метод оценки размеров рассеивателей, формирующих ультразвуковое изображение, по виду распределения; **предложены** методы компенсации аберраций диагностического изображения, возникающих вследствие неоднородности среды распространения акустических колебаний, отличающиеся от известных наличием коррекции аберраций посредством введения поправочных задержек, оцененных как способом разложения волнового фронта с использованием многочленов Лежандра, так и способом расчета преобразования Фурье, уменьшающие аберрации волнового фронта;

проведена модернизация способов моделирования биологических тканей с помощью фантомов, позволяющая повысить качество моделей за счёт применения синтетических полимеров из группы термопластов;

введен новый количественный критерий оценки искажений ультразвукового изображения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы теории вероятности и математической статистики, методы спектрального и корреляционного анализа, методы математического и натурального моделирования распространения ультразвуковых волн в биологических средах;

изложены методы коррекции искажений волнового фронта, обусловленных наличием на пути ультразвуковой волны неоднородностей среды распространения;

доказана результативность предложенных методов улучшения ультразвуковой визуализации на основе коррекции аберраций, обнаружения сигналов кровотока и оценки размеров рассеивателей;

раскрыты особенности работы предложенных методов компенсации аберраций;

изучены причинно-следственные связи между размерами рассеивающих элементов и особенностями статистического распределения параметров отраженных сигналов.

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

разработаны и внедрены в ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» и

ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России и ГБУЗ «ГКБ им. С.С. Юдина ДЗМ» методы цифровой обработки результатов ультразвуковой визуализации и технология создания фантомов, сопутствующие численные и физические модели, рекомендации и программные продукты, что подтверждается актами о внедрении;

определены перспективы практического использования теоретического подхода на основе распределений Райса и Релея к задаче оценки размеров рассеивателей, формирующих ультразвуковое изображение;

созданы биомедицинские фантомы, имитирующие анатомические особенности и физические свойства тканей человека, применимые для обучения врачей и апробации методов ультразвуковой визуализации в медицине;

представлены методические рекомендации по применению разработанных фантомов в процессе обучения врачей ультразвуковой диагностики.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты проверены с использованием серийной ультразвуковой диагностической аппаратуры, проведены калибровки систем с использованием эталонных образцов, показана воспроизводимость ключевых экспериментов при варьировании условий их проведения;

теория разработанного инновационного метода оценки размеров рассеивателей построена на фундаментальных законах акустики и статистической радиофизики, применимость математических моделей распространения и рассеяния ультразвука в неоднородных средах проверена для предельных случаев; теоретические выводы о механизмах возникновения аббераций и статистике эхо-сигналов согласуются с опубликованными экспериментальными данными по тематике диссертации;

идея улучшения качества ультразвуковых диагностических исследований реализуется за счет разработки методов и средств, основанных на цифровой обработке эхо-сигналов, базируется на системном анализе практических ограничений современных ультразвуковых систем, а также на обобщении передового опыта в области ультразвуковой визуализации, моделирования биологических тканей и цифровой обработки данных;

использованы данные сравнения авторских результатов (по эффективности

коррекции аберраций, точности оценки размеров рассеивателей, диагностической чувствительности метода обработки доплеровских сигналов) с данными, описанными в литературе по рассматриваемой тематике;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках, в частных случаях;

использованы корректные методики сбора и обработки исходной информации: применение компьютерного моделирования для анализа метода оценки размеров рассеивателей; статистически значимые выборки сигналов для проверки метода обнаружения сигналов кровотока; обоснованный подбор объектов наблюдения для адекватного моделирования диагностических сценариев.

Личный вклад соискателя состоит в разработке методов цифровой обработки сигналов ультразвуковой визуализации, программных продуктов и технологии создания фантомов для тестирования разработанных методов, а также в экспериментальной работе, анализе данных и публикационной деятельности.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: в тексте диссертации требует более детального освещения методика проведения эксперимента по коррекции аберраций, в особенности нюансы синхронизации основного и вспомогательного датчиков при работе в режиме синтезированной апертуры; оценка вычислительной эффективности представленных алгоритмов является приблизительной, так как не учитывает потенциальной оптимизации программного кода; сравнительный анализ предложенных методов был ограничен сопоставлением с классическим методом дополнительного источника; отсутствие сравнения с современными подходами, например, методом отслеживания траектории луча, демонстрирующим высокую результативность в последних исследованиях, не позволяет в полной мере оценить конкурентоспособность разработанных алгоритмов.

Соискатель Леонов Денис Владимирович ответил на все задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, со всеми замечаниями согласился и часть из них пояснил.

На заседании 13 февраля 2026 года диссертационный совет принял решение присудить Леонову Д.В. ученую степень доктора технических наук за

новые научно обоснованные решения, обеспечивающие повышение точности ультразвуковой медицинской диагностики, воспроизводимости и сопоставимости результатов биомедицинских исследований, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие медицинской диагностики, что имеет важное социально-экономическое и хозяйственное значение для нашей страны.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного
совета, д.т.н., профессор



Кошелев Виталий Иванович

Ученый секретарь диссертационного
совета, д.т.н., доцент

Овечкин Геннадий Владимирович

13.02.2026г.