



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА**

**Заключение диссертационного совета МГУ.013.6
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук**

Решение диссертационного совета от 10 июня 2025 года № 6

О присуждении Асфандиярову Шамилю Альбертовичу, гражданину Российской Федерации 1995 года рождения, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Использование двумерных антенных решёток для ультразвуковой визуализации и физического воздействия на объекты в неоднородной среде» по специальности 1.3.7. Акустика принята к защите 21 апреля 2025 года, протокол № 4, диссертационным советом МГУ.013.6.

С 1 октября 2020 года по 30 сентября 2024 года обучался в очной аспирантуре на кафедре акустики физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению 03.06.01. Физика и астрономия, направленность — акустика, научная специальность — акустика.

В период обучения в аспирантуре соискатель работал в должности инженера 1 категории кафедры акустики физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. С 20 марта 2025 года и по настоящее время соискатель работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории структурной акустики Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН).

Диссертация выполнена на кафедре акустики физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель — доктор физико-математических наук, доцент **Сапожников Олег Анатольевич**, профессор кафедры акустики физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук **Рыбняц Андрей Николаевич**, заведующий отделением сегнетопьезоматериалов Научно-исследовательского института физики Южного федерального университета,

доктор физико-математических наук, доцент **Карабутов Александр Алексеевич**, ведущий научный сотрудник лаборатории лазерного ультразвука Научного центра волновых исследований Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук (НЦВИ ИОФ РАН),

доктор физико-математических наук **Мороков Егор Степанович**, старший научный сотрудник лаборатории акустической микроскопии Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук (ИБХФ РАН), —

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в области акустики, неразрушающего контроля и физики нелинейных волн и имеют публикации по тематике диссертации. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, из них 5 по теме диссертации, в том числе 5 научных публикаций в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.7. Акустика. Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

A1. Асфандияров Ш.А., Крит Т.Б., Андреев В.Г. *Ультразвуковой доплеровский метод для измерения упругости скелетных мышц* // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2021. Т. 85, № 6. С. 823–828. **IF = 0,749 (РИНЦ)**. Общий объем статьи = 0.625 п.л., личный вклад = 0.5 п.л.

Переводная версия: *Asfandiyarov S.A., Krit T.B., Andreev V.G. Doppler ultrasonic technique for measuring the skeletal muscle elasticity* // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2021. V. 85, No. 6. P. 637–641. **SJR = 0,21 (Scopus)**. Общий объем статьи = 0.625 п.л., личный вклад = 0.5 п.л.

A2. Асфандияров Ш.А., Росницкий П.Б., Цысарь С.А., Юлдашев П.В., Хохлова В.А., Синицын В.Е., Мершина Е.А., Сапожников О.А. *Оценка толщинного профиля фантома черепа человека ультразвуковыми методами с использованием двумерной антенной решетки* // Акустический журнал. 2023. Т. 69, № 1. С. 84–91. **IF = 1,846 (РИНЦ)**. Общий объем статьи = 0.875 п.л., личный вклад = 0.7 п.л.

Переводная версия: *Asfandiyarov S.A., Rosnitskiy P.B. Tsysar S.A., Yuldashev P.V., Khokhlova V.A., Sinitsyn V.E., Meršina E.A., Sapozhnikov O.A. Estimation of the thickness profile of a human skull phantom by ultrasound methods using a two-dimensional array* // Acoustical Physics. 2023. V. 69, No. 1. P. 112–118. **JIF = 0,9 (WoS)**. Общий объем статьи = 0.875 п.л., личный вклад = 0.7 п.л.

A3. Асфандияров Ш.А., Агафонов А.А., Коробов А.И., Андреев В.Г. *Лазерная виброметрия сдвиговых волн в слое гелеобразной среды* // Акустический журнал. 2023. Т. 69, № 6. С. 792–799. **IF = 1,846 (РИНЦ)**. Общий объем статьи = 0.875 п.л., личный вклад = 0.7 п.л.

Переводная версия: *Asfandiyarov S.A., Agafonov A.A., Korobov A.I., Andreev V.G. Laser vibrometry of shear waves in a layer of a gel-like medium* // Acoustical Physics. 2023. V. 69, No. 6. P. 907–913. **JIF = 0,9 (WoS)**. Общий объем статьи = 0.875 п.л., личный вклад = 0.7 п.л.

A4. Tsysar S.A., Rosnitskiy P.B., Asfandiyarov S.A., Petrosyan S.A., Khokhlova V.A., Sapozhnikov O.A. Phase correction of the channels of a fully populated randomized mul-

multielement therapeutic array using the acoustic holography method // *Acoustical Physics*. 2024. V. 70, No. 1. P. 82–89. **JIF = 0,9 (WoS)**. Общий объем статьи = 0.8125 п.л., личный вклад = 0.1625 п.л.

- А5. Асфандияров Ш.А., Цысарь С.А., Сапожников О.А. Многоэлементный излучатель низкочастотного ультразвука для создания фокусированных акустических пучков высокой интенсивности в воздухе** // *Акустический журнал*. 2024. Т. 70, № 4. С. 622–635. **IF = 1,846 (РИНЦ)**. Общий объем статьи = 1.375 п.л., личный вклад = 1.1 п.л.

Переводная версия: *Asfandiyarov S.A., Tsysar S.A., Sapozhnikov O.A. A multielement low-frequency ultrasonic transducer as a source of high-intensity focused ultrasound in air* // *Acoustical Physics*. 2024. Vol. 70, No. 4. P. 759–768. **JIF = 0,9 (WoS)**. Общий объем статьи = 1.375 п.л., личный вклад = 1.1 п.л.

На автореферат диссертации поступило 5 отзывов, все положительные.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработан метод ультразвуковой транскраниальной визуализации структур головного мозга, основанный на ультразвуковой профилометрии образцов, имитирующих кости черепа. Исследована роль сдвиговых волн в транскраниальной диагностике и диагностике мягких тканей. Исследована возможность применения доплеровского ультразвукового метода для измерения упругости скелетных мышц, залегающих на небольшой глубине от поверхности кожи, с помощью сдвиговых волн. Разработана и исследована 128-элементная антенная фокусированная решетка, излучающая акустические волны в низкочастотном ультразвуковом диапазоне в воздухе, которая позволяет получать в фокусе волновые профили, содержащие ударные участки, и экстремально высокие уровни акустического давления.

Результаты диссертации могут быть использованы в МГУ имени М.В. Ломоносова и других высших учебных заведениях в основных образовательных программах при создании новых и обновлении имеющихся материалов учебных курсов. Предложенный метод ультразвуковой транскраниальной визуализации структур головного мозга может быть использован для развития методов диагностики кровотока в сосудах головного мозга. Исследованная роль сдвиговых волн при фокусировке ультразвука через твердотельные слои потенциально расширяет возможности ультразвуковой транскраниальной визуализации. Выявленные закономерности формирования поля сдвиговых волн в ближней зоне толкателя вибратора в рамках ультразвукового доплеровского метода эластометрии мягких биотканей могут найти применение для создания новых компактных персональных устройств для диагностики заболеваний опорно-двигательного аппарата и спортивной медицины. Разработанная антенная решетка для излучения фокусированного высокоинтенсивного ультразвука в воздухе может быть использована в задачах пеногашения, а также в качестве акустического пинцета для манипуляции химическими реагентами или компонентами микроэлектроники.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Используя двумерную ультразвуковую антенную решетку для создания импульсных фокусированных пучков с центральной частотой 2 МГц можно реализовать эхо-импульсную толщинометрию черепной кости человека с погрешностью менее 0.5 мм.
2. Двумерная ультразвуковая толщинометрия кости черепа позволяет добиться подавления артефакта сдвига рассеивателей при их транскраниальной эхо-импульсной визуализации.
3. При фокусировке ультразвука через кости черепа в них генерируются не только продольные, но и сдвиговые волны, которые порождают в области за черепом дополнительный ультразвуковой пучок и тем самым формируют дополнительный фокус, амплитуда волны в котором может оказаться сравнимой с амплитудой волны в первичном фокусе, создаваемом посредством возбуждения в черепе продольных волн.
4. В методе эластографии мягких биотканей с использованием возбуждения сдвиговых волн на поверхности кожи колеблющимся толкателем наибольшая амплитуда смещения частиц среды соответствует направлению распространения сдвиговых волн под углами в диапазоне 40–50° относительно оси толкателя.
5. Разработанная 128-элементная антенная решетка для излучения фокусированного ультразвука в воздухе позволяет получить рекордно высокие уровни интенсивности волны в фокусе, в том числе уровни акустического давления, превышающие 175 дБ.

На заседании 10 июня 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Асфандиярову Шамилю Альбертовичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **19** человек, из них **5** докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из **22** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — **19**, «против» — **нет**, недействительных бюллетеней — **нет**.

Председатель
диссертационного совета МГУ.013.6
доктор физико-математических наук,
профессор

Салецкий Александр Михайлович

Учёный секретарь
диссертационного совета МГУ.013.6
доктор физико-математических наук,
доцент

Косарева Ольга Григорьевна

Дата оформления заключения: 10 июня 2025 года.