



**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 23 мая 2024 года № 5

О присуждении Агафонову Александру Александровичу, гражданину Российской Федерации 1994 года рождения, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Линейные и нелинейные эффекты при распространении упругих волн в твердотельных клиньях» по специальности 1.3.7. «Акустика» принята к защите 15 апреля 2024 года, протокол № 1, диссертационным советом МГУ.013.6.

Соискатель Агафонов Александр Александрович в 2018 году окончил физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, ему присуждена квалификация «Магистр» по специальности «Физика», специализация — «Физическая и прикладная акустика». С 2018 года по 2022 год обучался в очной аспирантуре Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Акустика». В период подготовки диссертации соискатель работал радиомехаником по ремонту радиооборудования кафедры акустики с 01.10.2018 по 31.05.2023 (1/2 ставки). С 01.06.2023 и по настоящее время работает младшим научным сотрудником кафедры акустики физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (1/2 ставки).

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

Научный руководитель — доктор физико-математических наук, профессор Коробов Александр Иванович, профессор кафедры акустики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Есипов Игорь Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики факультета разработки нефтяных и газовых месторождений Российского государственного университета нефти и газа (национального исследовательского университета) имени И.М. Губкина;

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

Миронов Михаил Арсеньевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, начальник теоретического отдела Акустического института имени академика Н.Н. Андреева, —

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 19 опубликованных работ, из них 15 по теме диссертации, в том числе 3 научных публикации 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. **Агафонов А.А.**, Коробов А.И., Изосимова М.Ю., Кокшайский А.И., Одина Н.И. Особенности распространения волн Лэмба в клине из АБС-пластика с параболическим профилем // *Акустический журнал*. 2022. Т. 68. № 5. С. 467–474.
Переводная версия: **Agafonov A.A.**, Korobov A.I., Izosimova M.Yu., Kokshayskiy A.I., Odina N.I. *Peculiarities of Lamb wave propagation in an ABS wedge with a parabolic profile* // *Acoustical Physics*. 2022. Vol. 68. No. 5. P. 415–422. **IF = 0,8 (WoS)**. Общий объём статьи = 1,00 п.л.; личный вклад = 0,70 п.л.
- A2. Коробов А.И., Изосимова М.Ю., **Агафонов А.А.**, Кокшайский А.И., Жостков Р.А. Упругие волны в цилиндрических металлических клиньях с разной геометрией // *Акустический журнал*. 2020. Т. 66. № 3. С. 251–257.
Переводная версия: Korobov A.I., Izosimova M.Yu., **Agafonov A.A.**, Kokshaiskii A.I., Zhostkov R.A. *Elastic waves in cylindrical metal wedges with different geometries* // *Acoustical Physics*. 2020. Vol. 66. No. 3. P. 228–234. **IF = 0,8 (WoS)**. Общий объём статьи = 0,88 п.л.; личный вклад = 0,53 п.л.
- A3. Коробов А.И., **Агафонов А.А.**, Изосимова М.Ю. Нелинейные упругие волны в твердотельном изотропном клине с дефектами // *Журнал технической физики*. 2018. Т. 88. № 3. С. 385–391.
Переводная версия: Korobov A.I., **Agafonov A.A.**, Izosimova M.Yu. *Nonlinear elastic waves in a solid isotropic wedge with defects* // *Technical Physics*. 2018. Vol. 63. No. 3. P. 374–380. **IF = 0,7 (WoS)**. Общий объём статьи = 0,84 п.л.; личный вклад = 0,67 п.л.

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов, все положительные.

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

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 методами лазерной виброметрии и нелинейной ультразвуковой спектроскопии изучено влияние внутренней структуры, геометрии и граничных условий на особенности распространения упругих волн в изотропных и анизотропных клиньях.

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. Также исследованные в работе структуры могут стать основой для создания ультразвуковых методик неразрушающего контроля клиновидных объектов и мониторинга образцов, находящихся под нагрузкой. Обнаруженные в работе зависимости скорости клиновых волн от плотности жидкости, контактирующей с образцом клина, могут быть использованы для контроля процессов полимеризации жидкостей. Полученные результаты для разработанного в работе образца параболического клина могут быть использованы в разработке звукопоглощающих конструкций.

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. Для изотропного поликристаллического материала (сплава Д16 с остаточными упругими напряжениями), коэффициенты M_2 , определяющие степенную зависимость вто-

рой упругой гармоникой клиновидной волны от амплитуды основной частоты, равны $M_2 = 1,01 \pm 0,05$ для 30° клина, $M_2 = 1,06 \pm 0,05$ для 60° клина и $M_2 = 1,14 \pm 0,05$ для 44° клина, и отличны от коэффициента классической нелинейности $M_2 = 2$.

2. Статическая деформация образца изотропного клина с искусственно созданными дефектами приводит к увеличению его упругой нелинейности. При увеличении растягивающего механического напряжения σ от 0 до 25 МПа происходит возрастание амплитуды второй гармоники на $\approx 0,7\%$ по закону, близкому к линейному.

3. Локализация наиболее медленной моды КУВ в прямых, цилиндрических и спиральном клиньях близка к экспоненциальной. В прямом изотропном клине в частотном диапазоне от 200 до 1000 кГц коэффициент локализации не зависит от частоты и уменьшается с увеличением угла клина. Коэффициент локализации в спиральном клине в диапазоне от 160 до 580 кГц имеет частотно-зависимый характер.

4. В образцах цилиндрических клиньев с положительной и отрицательной кривизной в полосе частот от 120 до 600 кГц и от 150 до 400 кГц соответственно обнаружена дисперсия (изменение скорости составляет 2,8 % и 1,9 % для исследованных клиньев соответственно). В спиральном клине в полосе частот от 100 до 600 кГц обнаружена дисперсия (изменение скорости составляет 18 %).

5. Скорость распространения КУВ в цилиндрическом клине при контакте его внутренней поверхности с жидкостью уменьшается. При изменении плотности жидкости от 0,9 до 1,2 г/см³ происходит увеличение относительного изменения скорости КУВ от 16,7 до 18,4 % для положительного клина и от 12,6 до 15 % для отрицательного клина.

6. Для анизотропного материала (монокристалла ниобата лития с дефектами) коэффициенты M_2 и M_3 определяющие степенную зависимость второй и третьей упругих гармоник клиновидной волны от амплитуды основной частоты, равны $M_2 = 2,51 \pm 0,05$ и $M_3 = 1,70 \pm 0,05$, и отличны от коэффициентов классической нелинейности $M_2 = 2$ и $M_3 = 3$.

7. Клин с параболическим профилем из АБС-пластика выполняет функцию концентрирующего волновода для изгибных волн Лэмба в диапазоне частот от 20,5 до 93,3 кГц, что приводит к увеличению амплитуды колебательной скорости и уменьшению скорости распространения волны при приближении упругой волны к ребру клина. В исследуемом образце клина на частоте 64,9 кГц амплитуда увеличивается примерно в 22 раза, а скорость уменьшается в 5,8 раза.

На заседании 23 мая 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Агафонову Александру Александровичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — 14, «против» — 1, 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: 23 мая 2024 года.