

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.489.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета

от «04» марта 2025 года, протокол № 3

О присуждении Глухову Антону Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Локализованные и нормальные упругие волны в анизотропных функционально-градиентных телах с разнофакторной неоднородностью экспоненциального типа» по специальности 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела принята к защите «23» декабря 2024 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.2.489.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (283001, ДНР, г. Донецк, ул. Университетская, д. 24, приказ Минобрнауки России о создании диссертационного совета от «25» сентября 2024 года № 880/нк).

Соискатель Глухов Антон Александрович, 1997 года рождения, в 2021 году окончил Донецкий национальный университет, программа магистратуры по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

Освоил программу подготовки научно-педагогических кадров по направлению 01.06.01. Математика и механика в аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий государственный университет», специальность 1.1.8 (01.02.04) Механика деформируемого твердого тела в 2024 году.

Работает младшим научным сотрудником Научно-исследовательской части Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий государственный университет».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов № 24/04–22 выдана Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Донецкий государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации 18 октября 2024 года.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Донецкий государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Сторожев Сергей Валериевич, доктор технических наук (специальность 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), доцент, профессор кафедры «Специализированные информационные технологии и системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка; профессор кафедры теории упругости и вычислительной математики им. акад. А.С. Космодамианского Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий государственный университет» по совместительству.

Официальные оппоненты:

Ватульян Александр Ованесович, доктор физико-математических наук (специальность 01.02.04 (1.1.8) Механика деформируемого твердого тела), профессор, заведующий кафедрой теории упругости Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» (ФГАОУ ВО ЮФУ);

Кисель Екатерина Сергеевна, кандидат физико-математических наук (специальность 01.02.04 (1.1.8) Механика деформируемого твердого тела), доцент кафедры «Математическое моделирование» Автомобильно-дорожного института (филиала) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» (ФГБОУ ВО ДОННТУ)

Официальные оппоненты в своих отзывах дали **положительную оценку** работы.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ФГБОУ ВО ДГТУ) в своем положительном отзыве, подписанном Соловьевым Аркадием Николаевичем, доктором физико-математических наук (01.02.04 (1.1.8) Механика деформируемого твердого тела), доцентом, профессором кафедры «Теоретическая и прикладная механика»; и.о. заведующего кафедрой «Теоретическая и прикладная механика», кандидатом физико-математических наук Панфиловым Иваном Александровичем и утвержденном проректором по учебной работе и международной деятельности ФГБОУ ВО ДГТУ, доктором технических наук, профессором Бескопыльным Алексеем Николаевичем, указала, что диссертация обладает научной новизной и практической ценностью, и отвечает требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в соответствии с п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24

сентября 2013 г. № 842. Автор диссертационной работы Глухов Антон Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела.

Соискатель имеет 29 опубликованных научных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 22 работы, из них 11 статей в рецензируемых научных изданиях по научной специальности диссертационной работы, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России (7 статей в научных журналах, отнесенных к этой категории на основании письма Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 19 апреля 2023 г. № МН-3/3658 «О рецензируемых научных изданиях» согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 18 марта 2023 г. № 415, а также 4 статьи в журналах, включенных в перечни ВАК при Минобрнауки России после 01.01.2024 года).

Четыре журнальные статьи подготовлены и опубликованы соискателем Глуховым А.А. самостоятельно.

В опубликованных работах соискателя с достаточной степенью полноты отражены основные данные о содержании и ведущих новых научных результатах диссертационного исследования, в том числе решение проблем аналитического интегрирования уравнений стационарной волновой динамики для исследуемых моделей; исследование моделей распространения локализованных поверхностных упругих волн в анизотропных телах с приграничной локализованной зоной неоднородности; исследование моделей распространения локализованных сдвиговых и продольно-сдвиговых волн в волноводных структурах в виде деформируемого слоя между вмещающими упругими полупространствами; исследование моделей распространения нормальных сдвиговых упругих волн в трансверсально-изотропном функционально-градиентном слое с многофакторной экспоненциальной неоднородностью физико-механических свойств.

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Болнокин, В.Е. Анализ модели распространения сдвиговых упругих волн в полубесконечном трансверсально-изотропном функционально-градиентном геомассиве / В.Е. Болнокин, А.А. Глухов, В.И. Сторожев // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2022. – № 3 (80). – С. 14–19. – doi:10.24412/0136-4545-2022-3-14-19. – EDN:BOBAVC.

2. Глухов, А.А. Интегрирование системы уравнений распространения произвольно ориентированных трехпарциальных поверхностных волн в функционально-градиентном ортотропном полупространстве / А.А. Глухов, В.И. Сторожев, В.А. Шалдырван // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2022. – № 4 (81). – С. 15–22. – DOI: 10.24412/0136-4545-2022-4-15-22. – EDN:JBHEKR.

3. Глухов, А.А. Анализ модели распространения поверхностных релеевских волн в функционально-градиентном ортотропном полупространстве с приграничной локализованной зоной неоднородности / А.А. Глухов, В.И. Сторожев // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2023. – № 2 (83). – С. 26–38. – doi:10.24412/0136-4545-2023-2-26-38. – EDN:ETYFCH.

4. Глухов, А.А. Локализованные волны сдвига в поперечно-неоднородном анизотропном слое между неоднородными полупространствами / А.А. Глухов, И.А. Моисеенко, В.И. Сторожев // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2023. – № 3 (84). – С. 93–101. – doi:10.24412/0136-4545-2023-3-93-101. – EDN:UUNEXN.

5. Глухов, А.А. Волны продольно-сдвигового типа в анизотропном слое между неоднородными полупространствами / А.А. Глухов // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2023. – № 4 (85). – С. 61–81. – doi:10.24412/0136-4545-2023-4-61-71. – EDN:RHKXPW.

6. Сторожев, В.И. Дисперсия нормальных сдвиговых волн в функционально-градиентном трансверсально-изотропном слое / В.И. Сторожев, А.А. Глухов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки. – 2024. – № 1. – С. 58–64. – DOI: 10.5281/zenodo.12531960. – EDN: GCZGRS.

7. Глухов, А.А. Методика анализа проблемы распространения волн сдвига в анизотропном функционально-градиентном слое с различными законами экспоненциальной неоднородности для каждой физико-механической характеристики / А.А. Глухов, В.И. Сторожев, С.В. Сторожев // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2024. – № 1 (86). – С. 51–60. – doi:10.24412/0136-4545-2024-1-51-60. – EDN:PSXXPV.

8. Глухов, А.А. Анализ модели распространения нормальных P-SV волн в функциональноградиентном ортотропном слое для специального случая двухфакторной экспоненциальной неоднородности / А.А. Глухов // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2024. – № 2(87). – С. 34–40. – doi:10.24412/0136-4545-2024-2-34-40. – EDN:VIAPOE.

9. Глухов, А.А. Дисперсионные соотношения для сдвиговых волн в анизотропном функционально-градиентном слое с двухфакторной экспоненциальной поперечной неоднородностью по механическим характеристикам / А.А. Глухов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки. – 2024. – № 4. – С. 5–10. – DOI: 10.5281/zenodo.14138063. – EDN:VREMUM.

На диссертацию и автореферат поступило 11 положительных отзывов (включая отзывы ведущей организации и отзывы официальных оппонентов), где приведены следующие замечания:

1. Отзыв ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет».

- Не для всех базисных частных решений амплитудных уравнений рассматриваемых моделей волновых процессов, построенных во втором

разделе диссертационной работы в экспоненциальных либо степенных скалярных и векторных рядах, дано обоснование сходимости.

- Теоретические исследования для отдельных рассмотренных в диссертации моделей распространения локализованных и нормальных упругих волн в анизотропных функционально-градиентных телах с разнофакторной неоднородностью экспоненциального типа не дополнены численным анализом дисперсионных, кинематических и энергетических свойств волновых движений.

- При расчетном анализе полученных дисперсионных уравнений осуществлялось исследование только отвечающих действительным ветвям их корней бегущих локализованных и нормальных волн, а исследование ветвей мнимых и комплексных корней для мод краевых стоячих волн не проводилось.

- Замечанием по стилю изложения полученных результатов является использование в ряде случаев длинных сложно воспринимаемых предложений.

2. Отзыв официального оппонента – Ватульяна Александра Ованесовича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой теории упругости Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет».

- В работе исследования проведены в основном для класса неоднородностей, характеризуемых двойными экспоненциальными функциями, зависящими от двух параметров. В то же время в работе не обсуждается вопрос о выборе этих параметров, которые бы характеризовали реальные функционально-градиентные материалы.

- В списке авторов, принимавших участие в исследовании задач для слоистых структур, в том числе и неоднородных, приведенного на с. 19, отсутствуют ссылки на фундаментальные работы и монографии В. А.,

Бабешко, И. И. Воровича, Е. В. Глушкова, посвященные распространению волн в неоднородных волноводах.

- Важным вопросом при изучении структуры дисперсионных соотношений и волновых полей является исследование влияния неоднородности в окрестности толщинных резонансов. К сожалению, такое исследование в диссертации отсутствует.

- Недостаточно полно исследованы базисные функции. Было бы уместно представить графики базисных функций, иллюстрирующие зависимость от частоты колебаний.

- Из текста работы неясно, каким образом находились корни дисперсионного уравнения, сколько слагаемых в рядах, представляющих базисные функции, сохранялось в расчетах и какова точность найденных скоростей, представленных в таблицах.

- Каким образом автор объясняет появление точек негладкости функций, изображенных на рис. 3.3, 3.4.

- Отмечу неудачную терминологию, например «эффект приграничного «упрочнения», употребляемый на с. 31 и далее. Термин упрочнение в механике характеризует совсем другие особенности деформирования. Видимо, уместнее писать об «ужесточении» физических характеристик (по крайней части у модулей упругости).

3. Отзыв официального оппонента – Кисель Екатерины Сергеевны, кандидата физико-математических наук, доцента кафедры «Математическое моделирование» Автомобильно-дорожного института (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет».

- В обзорном подразделе 1.1 работы было бы целесообразным более подробно охарактеризовать публикации с исследованиями других авторов по моделям распространения сдвиговых волн в телах с двухфакторной экспоненциальной неоднородностью.

- В подразделе 2.1, посвященном предлагаемой модели описания локализованной приповерхностной неоднородности полубесконечных функционально-градиентных тел двойными экспоненциальными функциями не рассмотрен вопрос о схеме экспериментального определения входящих в эти функции параметров.

- Представленные в подразделе 2.2 результаты анализа сходимости функциональных экспоненциальных рядов в выражениях базисных частных решений для амплитудного уравнения распространения волн сдвига в полубесконечных анизотропных функционально-градиентных телах с приповерхностной неоднородностью не обобщены на случаи сходимости по норме векторных экспоненциальных рядов для моделей распространения в таких телах двухпарциальных и трехпарциальных упругих волн.

- Получение в рамках анализа моделей распространения локализованных и нормальных волн, соответствующих дисперсионным уравнениям, не во всех случаях дополняется их численным исследованием.

- В автореферате работы было бы целесообразным в большем объеме представить графические результаты расчетного анализа рассмотренных моделей.

4. Отзыв на автореферат доцента кафедры механики композитов ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», к.ф.-м.н., доцента Бобылева А.А.

- Замечанием по содержанию автореферата является относительно невысокая полнота представления в нем результатов осуществленных в работе численных исследований при значительном количестве рассмотренных моделей, а также отсутствие данных о компьютерной реализации расчетных алгоритмов, об используемой среде программирования и уровне вычислительных погрешностей при исследованиях конкретных рассмотренных задач.

5. Отзыв на автореферат главного научного сотрудника ФГБНУ «Научно-исследовательский институт Республиканский исследовательский

научно-консультационный центр экспертизы», доктора технических наук, профессора Выскуба В.Г.

В автореферате следовало пояснить проводились ли какие-либо натурные эксперименты и их соответствие полученным теоретическим и модельным результатам.

6. Отзыв на автореферат профессора кафедры управления и информатики в технических системах ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»», д.т.н., доцента Мутина Д.И.

В качестве замечания по содержанию автореферата хотелось бы указать на целесообразность описания инструментов алгоритмизации разработанных в диссертации расчетных методик и ведущих характеристик процесса числовых исследований, таких, в частности, как алгоритмы и параметры точности суммирования рядов в представлениях базисных решений волновых уравнений и реализации поиска корней трансцендентных дисперсионных уравнений.

7. Отзыв на автореферат зав. лаборатории гидроакустических и оптических методов и средств контроля состояния окружающей среды Института природно-технических систем, к.т.н., доцента Сычева Е.Н.

- В качестве замечания по представленному в автореферате изложению основных положений работы, не влияющего на общую положительную оценку работы в целом, можно указать на отсутствие детализированной характеристики процедур расчета описываемых экспоненциальными и степенными рядами базисных частных решений амплитудных уравнений и систем уравнений волнового деформирования, в том числе, устанавливаемых показателей пределов и точности суммирования, скорости сходимости.

8. Отзыв на автореферат доцента кафедры «Теория сооружений и техническая механика», заведующего лабораторией «Непрерывный контроль технического состояния зданий и сооружений», к.т.н., доцента Хазова П.А. и доцента кафедры «Общая физика и теоретическая механика», начальника

отдела развития научной деятельности, к.ф.-м.н. Ведяйкиной О.И., ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

- Видится целесообразным представление в работе детализированного сравнения получаемых разработанными методами результатов анализа свойств локализованных и нормальных упругих волн в анизотропных функционально-градиентных телах и данных анализа аналогичных проблем с использованием конечно-элементных подходов.

9. Отзыв на автореферат профессора кафедры «Технические машины и оборудование» ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет», д.ф.-м.н. Царенко С.Н.

- По материалам автореферата можно заключить, что в диссертации отсутствуют либо представлены в ограниченном объеме результаты численных исследований некоторых из рассмотренных моделей;

- Ряд рисунков, представленных в автореферате, имеют низкую информационную ценность, например для рис. 1 и рис. 2 нет пояснения для штриховой линии, а серии кривых на рис. 9 и рис. 10 тяжело соотнести с параметрами, приведенными в описании рисунков.

10. Отзыв на автореферат доцента кафедры Механики грунтов и Геотехники ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», к.т.н., доцента Манько А.В.

По автореферату вопросов и замечаний нет.

11. Отзыв на автореферат профессора кафедры прикладной математики физико-технического института ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», доктора физико-математических наук, профессора Чехова В.Н.

- В качестве не снижающего ценность и значимость работы замечания можно указать на целесообразность представления в автореферате большего объема данных о проведенных и систематизированных вычислительных экспериментах

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высоким уровнем их компетентности в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей области исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработан комплекс новых специализированных методов теоретического исследования спектров и свойств локализованных и нормальных упругих волн в анизотропных функционально-градиентных телах с описываемой двойными экспоненциальными функциями локализованной приповерхностной неоднородностью и многофакторной неоднородностью экспоненциального типа, базирующихся на аналитическом интегрировании амплитудных волновых уравнений для семи моделей рассматриваемого класса волновых процессов;

- осуществлена компьютерная реализация разработанных методов и проведены численные параметрические исследования анализируемых волновых полей с выявлением ведущих закономерностей в их структуре и свойствах.

Теоретическая значимость исследования заключается в создании, совершенствовании и расширении областей применения эффективных алгоритмизированных численно-аналитических методов решения ранее не исследованных классов задач о спектрах и свойствах обобщенных поверхностных волн Лява и Рэлея в полубесконечных функционально-градиентных телах с приграничной неоднородностью физико-механических характеристик; о спектрах и свойствах локализованных волн сдвигового и продольно-сдвигового типа в составных структурах в виде упругого слоя, вмещенного между деформируемыми полупространствами при учете свойств непрерывной неоднородности и анизотропии для составляющих указанной структуры; о спектрах и свойствах нормальных упругих волн в анизотропном функционально-градиентном слое с разнофакторной неоднородностью

экспоненциального типа, позволивших выявить ряд новых фундаментальных параметрических закономерностей в трансформации свойств исследуемых волн, обусловленной комплексом факторов непрерывной неоднородности физико-механических характеристик среды распространения, и наметить сферы дальнейшего обобщения разработанных в диссертации подходов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключается в непосредственной применимости разработанных численно-аналитических методов, алгоритмов их компьютерной реализации, установленных и обобщенных свойств и закономерностей анализируемых волновых процессов в предпроектном моделировании и конструкторских расчетах в области технологий сейсморазведки и других видов геоакустических исследований, в области неразрушающего ультразвукового контроля, в области разработки усовершенствованных акустоэлектронных компонентов на поверхностных акустических волнах, в практике прочностных расчетов деталей машин и элементов строительных конструкций из анизотропных функционально-градиентных нанокompозитных материалов.

Оценка достоверности результатов исследования подтверждается строгостью и корректностью постановок рассматриваемых задач в рамках математически обоснованных апробированных моделей динамической теории упругости анизотропного твердого тела; использованием при теоретическом исследовании рассматриваемых моделей верифицированных математических методов, включая аппарат теории дифференциальных уравнений в частных производных, теории обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений математической физики; анализом сходимости ряда полученных в работе представлений решений волновых уравнений в функциональных рядах; использованием в процессе численных исследований апробированных вычислительных алгоритмов решения трансцендентных алгебраических уравнений; сопоставительной проверкой согласованности отдельных полученных разработанными

методами результатов диссертационной работы в предельных частных случаях с полученными альтернативными методами опубликованными результатами исследований других авторов

Личный вклад автора состоит в получении всех основных теоретических и расчетных результатов исследований, включая:

- разработку и реализацию теоретических алгоритмов аналитического интегрирования амплитудных уравнений в задачах стационарной волновой динамики для исследуемых моделей;

- получение результатов исследования моделей распространения локализованных поверхностных упругих волн в анизотропных телах с приграничной локализованной зоной неоднородности;

- получение результатов исследования моделей распространения локализованных сдвиговых и продольно-сдвиговых волн в волноводных структурах в виде деформируемого слоя между вмещающими упругими полупространствами;

- получение результатов исследования моделей распространения нормальных сдвиговых упругих волн в трансверсально-изотропном функционально-градиентном слое с многофакторной экспоненциальной неоднородностью физико-механических свойств.

В совместно опубликованных работах соавторам принадлежат участие в постановке рассматриваемых задач, рекомендации по схемам их анализа, направлениям обобщения и практического применения полученных результатов, консультационные рекомендации по разработке программных приложений для осуществления численных экспериментов на базе предложенных методов, а также участие в обработке и систематизации их результатов.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой.

На заседании «04» марта 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Глухову Антону Александровичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика

деформируемого твердого тела за решение актуальной научной задачи разработки комплекса специализированных методов теоретического исследования спектров и свойств локализованных и нормальных упругих волн в анизотропных функционально-градиентных телах с описываемой двойными экспоненциальными функциями локализованной приповерхностной неоднородностью и многофакторной неоднородностью экспоненциального типа.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 9 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.1.8, участвовавших в заседании, из 11 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за присуждение учёной степени – 9, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета 24.2.489.02

доктор физико-математических наук, профессор

С.А. Калоеров

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.489.02

кандидат физико-математических наук

А.Б. Мироненко

05.03.2025 г.



ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ НИЧ

М.В. ФОМЕНКО