

## Отзыв

**научного руководителя на диссертационную работу Глухова Антона Александровича «Локализованные и нормальные упругие волны в анизотропных функционально-градиентных телах с разнофакторной неоднородностью экспоненциального типа», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.**

Глухов Антон Александрович окончил 2021 году Донецкий национальный университет, факультет математики и информационных технологий по направлению подготовки 01.04.02 – прикладная математика и информатика и получил квалификацию магистра. С 01.12.2021 года по 30.11.2024 года проходит подготовку в аспирантуре с отрывом от производства в Донецком национальном университете (с апреля 2023 года – ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет») на кафедре теории упругости и вычислительной математики им. акад. А.С. Космодамианского. В период подготовки диссертационной работы А.А. Глухов совмещал обучение в аспирантуре с работой в должностях инженера первой категории и младшего научного сотрудника – исполнителя фундаментальной научной работы «Численно-аналитические методы исследования волнового деформирования, ползучести, концентрации напряжений и сопряжённых полей в новых классах анизотропных композитных и функционально-градиентных сред» (государственное задание Минобрнауки РФ, № госрегистрации 124012400354-0).

Подготовленная А.А. Глуховым диссертационная работа «Локализованные и нормальные упругие волны в анизотропных функционально-градиентных телах с разнофакторной неоднородностью экспоненциального типа» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела посвящена актуальным проблемам разработки и апробации комплекса специализированных аналитико-числовых 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, а также компьютерной реализации разработанных методов и проведению численных параметрических исследований анализируемых волновых полей с выявлением ведущих закономерностей в их структуре и свойствах.

В процессе реализации цели и заданий диссертационного исследования А.А. Глуховым получен обширный ряд новых научных результатов. Так, в работе предложена и апробирована новая аналитическая модель описания локализованной приповерхностной зоны однофакторной неоднородности физико-механических характеристик функционально-градиентного анизотропного полупространства, базирующаяся на интерпретации изменений комплекса свойств его материала двойными экспоненциальными функциями; получены базисные частные решения амплитудного волнового дифференциального уравнения в модели распространения сдвиговых упругих волн в полубесконечном трансверсально-изотропном функционально-градиентном массиве с описываемой

двойными экспоненциальными функциями приграничной локализованной зоной однофакторной неоднородности; получены базисные частные решения систем амплитудных волновых дифференциальных уравнений в модели распространения упругих волн P-SV типа в полубесконечном трансверсально-изотропном функционально-градиентном массиве и в модели распространения произвольно ориентированных трехпарциальных поверхностных волн в функционально-градиентном ортотропном полубесконечном массиве с описываемыми двойными экспоненциальными функциями приграничными локализованными зонами однофакторной неоднородности; получены базисные частные решения амплитудных волновых дифференциальных уравнений, описывающих распространение сдвиговых упругих волн в моделях двухфакторной и трехфакторной экспоненциальной неоднородности трансверсально-изотропной функционально-градиентной среды; получены и исследованы решения задач о распространении обобщенных поверхностных волн Лява в составных структурах «функционально-градиентный анизотропный слой на однородном анизотропном полупространстве», «однородный анизотропный слой на функционально-градиентном анизотропном полупространстве с приграничной неоднородностью», «функционально-градиентный экспоненциально-неоднородный анизотропный слой на функционально-градиентном анизотропном полупространстве с приграничной неоднородностью»; получены и исследованы решения задач о распространении поверхностных волн рэлеевского типа в функционально-градиентном трансверсально-изотропном полупространстве с приграничной локализованной зоной неоднородности; получены и исследованы решения задач о распространении локализованных сдвиговых волн в однородном анизотропном слое между однотипными функционально-градиентными полупространствами с приграничными локализованными зонами неоднородности; получены и исследованы решения задач о распространении локализованных сдвиговых и продольно-сдвиговых волн в анизотропном слое с симметричным законом поперечной экспоненциальной неоднородности, расположенном между однотипными функционально-градиентными полупространствами с приграничными локализованными зонами неоднородности; реализовано получение и исследование отдельных вариантов дисперсионных соотношений для нормальных сдвиговых волн в слое с альтернативными вариантами двухфакторной экспоненциальной физико-механической неоднородности; реализован анализ модели распространения нормальных сдвиговых упругих волн в функционально-градиентном слое с трехфакторной экспоненциальной физико-механической неоднородностью; установлены, систематизированы и обобщены некоторые физико-механические закономерности влияния факторов анизотропии и неоднородности отдельных классов упругих материалов на характеристики их стационарного волнового деформирования.

Выносимые на защиту научные положения диссертационной работы относительно эффективности предложенной и апробированной в работе модели описания локализованной приповерхностной зоны однофакторной неоднородности физико-механических характеристик функционально-градиентного анизотропного полупространства двойными экспоненциальными функциями для реализации численно-аналитических исследований закономерностей влияния факторов вариации значений исходных параметров

деформационных свойств и плотности анизотропного материала полупространства около его граничной плоскости на дисперсионные, кинематические и энергетические характеристики локализованных одно-, двух- и трехпарциальных поверхностных упругих волн и применимости этой модели в процессах расчетного проектирования технологий и компонентов акустоэлектронной техники и схем реализации сейсмоакустических исследований; относительно использования построенных в диссертации аналитических решений амплитудных дифференциальных уравнений моделей распространения обобщенных поверхностных упругих волн SH и P-SV типа в полубесконечных анизотропных функционально-градиентных телах с описываемой двойными экспоненциальными функциями поперечной локализованной физико-механической неоднородностью в качестве основы эффективного аппарата для вычислительного анализа комплекса свойств обобщенных волн Лява и Рэлея, представляющих фундаментальный интерес и востребованных инженерными приложениями в прочностных строительных расчетах, геоакустике и ультраакустической диагностике, твердотельной акустоэлектронике; относительно значимости полученных в работе решений задач построения и анализа дисперсионных соотношений, расчета кинематических, силовых и энергетических характеристик локализованных волн SH и P-SV типа в расположенных между однотипными функционально-градиентными полупространствами с приграничными зонами неоднородности однородном анизотропном слое и в расположенном аналогичным образом анизотропном слое с симметричным экспоненциальным законом поперечной неоднородности в качестве дополнений базы фундаментальных знаний о влиянии факторов неоднородности и анизотропии компонентов данных волноводных структур на параметры соответствующих волновых процессов, и в качестве инструмента повышения точности прикладных исследований в области шахтной сейсмодиагностики пластов полезных ископаемых в разрабатываемых геомассивах; относительно значимости разработанных и апробированных методик получения дисперсионных уравнений для моделей распространения нормальных SH волн в анизотропном слое с альтернативными вариантами двухфакторной экспоненциальной физико-механической неоднородности, а также для модели распространения нормальных сдвиговых упругих волн в трансверсально-изотропном функционально-градиентном слое с трехфакторной экспоненциальной физико-механической неоднородностью, как вклада в базу фундаментальных знаний об особенностях волновых процессов в функционально-градиентных средах и важности этих результатов для практики инженерных расчетов в динамике нанокompозитных конструкций, для сферы проектирования волноводных компонентов устройств радиоэлектроники и акустической диагностики, вполне обоснованно вытекают из результатов проведенных в работе исследований.

Достоверность результатов и выводов работы 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.

Значимость полученных результатов для фундаментальной науки заключается в создании, совершенствовании и расширении областей применения эффективных алгоритмизированных численно-аналитических методов решения ранее не исследованных классов задач теории распространения локализованных и нормальных упругих волн в анизотропных функционально-градиентных телах 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 их дальнейший поиск.

Практическая ценность результатов работы обусловлена применимостью 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 шахтной пластовой 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.

Диссертационная работа Глухова А.А. по содержанию проведенных соответствует позициям паспорта научной специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твёрдого тела»: 3. Задачи теории упругости, теории пластичности; теории вязкоупругости. 4. Механика композиционных материалов и конструкций, механика интеллектуальных материалов. 8. Динамика деформируемого твёрдого тела. Теория волновых процессов в средах различной структуры. 12. Вычислительная механика деформируемого твёрдого тела.

За время подготовки в аспирантуре и работы по выполнению фундаментального научно-исследовательского проекта А.А. Глухов приобрел навыки зрелого исследователя и компетентного специалиста в области математических методов исследования моделей механики деформируемого твердого тела и программирования расчетных алгоритмов, проявил высокую эрудицию, трудолюбие, настойчивость в достижении поставленной цели, творческую инициативу, умение самостоятельно ставить и решать сложные задачи научного поиска, анализировать полученные результаты. Он является автором 29 научных публикаций. По теме диссертации им опубликованы 22 работы, в том числе 11 статей в рецензируемых научных изданиях,

рекомендованных ВАК при Минобрнауки России. Диссертационные исследования прошли апробацию на 12 Международных и Всероссийских научных конференциях; работа в целом была заслушана на заседаниях двух профильных научных семинаров.

Основные результаты диссертационного исследования получены лично соискателем.

Таким образом, в целом диссертационная работа Глухова Антона Александровича на тему «Локализованные и нормальные упругие волны в анизотропных функционально-градиентных телах с разнофакторной неоднородностью экспоненциального типа» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, посвящённую актуальной научной проблеме и содержащую новые научные результаты, имеющие важное теоретическое и прикладное значение. Работа отвечает всем установленным требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а Глухов Антон Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела.


Научный руководитель,  
доктор технических наук, доцент,  
профессор кафедры теории упругости  
и вычислительной математики  
им. академика А.С. Космодамианского  
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»

11.11.2024

 Сторожев Сергей Валериевич

283001, Донецкая Народная Республика,  
г. Донецк, ул. Университетская, 24,  
тел.: +7 949 3190865, e-mail: [s.v.storozhev@donnasa.ru](mailto:s.v.storozhev@donnasa.ru)

Я, Сторожев Сергей Валериевич, согласен на автоматизированную обработку моих персональных данных

  
Подпись доктора технических наук, доцента, профессора кафедры теории упругости и вычислительной математики им. академика А.С. Космодамианского Сторожева Сергея Валериевича заверяю:

Ученый секретарь научно-исследовательской части ДонГУ,  
к. ф.-м. н.

М.В. Фоменко

