

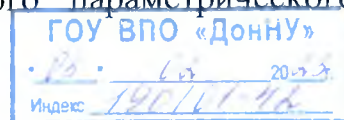
ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Пачевой Марины Николаевны на тему «ВОЛНОВЫЕ ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЛУБЕСКОНЕЧНОМ, ПЕРФОРИРОВАННОМ И СОСТАВНОМ СЛОЕ С УСЛОЖНЕННЫМИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела

Предметом исследований, проведенных в диссертационной работе М.Н. Пачевой, являются кинематические, энергетические и силовые характеристики полей сдвиговых упругих волн в полубесконечном, перфорированном и составном однородном либо функционально-градиентном слое при учете факторов механической анизотропии и усложненных геометрических свойств.

Актуальность избранной темы связана с тем, что разработка методов анализа математических моделей, описывающих процессы распространения, отражения, преломления и локализации волн деформаций в упругих телах и элементах конструкций в форме слоя с различными особенностями физико-механических свойств и геометрического строения, несмотря на наличие весьма обширного ряда исследований по различным аспектам данной проблематики, на сегодняшний день остается важным и перспективным заданием для фундаментальной науки и инженерной практики. В теоретическом аспекте открытыми до настоящего времени остаются многие вопросы численно-аналитического исследования моделей, в которых предусматривается учет факторов выраженной механической анизотропии и непрерывной неоднородности функционально-градиентных материалов, а также ряда специфических усложнений в структуре и геометрическом строении исследуемых объектов. К подобным особенностям относятся составная структура кусочно-однородных волноводов, образуемых состыкованными под различными углами анизотропными однородными и функционально-градиентными полуслоями, наличие наклонных торцевых граничных поверхностей, участков излома и дугообразных искривлений различной угловой меры, а также наличие в слое внутренних туннельных цилиндрических неоднородностей в виде полостей либо включений.

Прикладной интерес к исследованиям в данной области связан с востребованностью соответствующих расчетных методик и знаний о свойствах волновых полей деформаций и напряжений в конструкторской практике для таких современных научно-технических отраслей, к которым относятся неразрушающий ультразвуковой контроль, акустоэлектроника, горная сейсмоакустика, гидроакустика. Важным направлением практического применения характеризуемых разработок является также их использование для предпроектных прочностных расчетов в строительной механике и механике подземных горно-шахтных сооружений, в механике конструкций машин, приборов и сооружений. При этом наличие в некоторых универсальных расчетных приложениях возможностей применения прямых численных методов для решения краевых задач данных типов не закрывает потребности в создании специализированных численно-аналитических методик, которые выступают инструментами эффективного параметрического



анализа моделей и поэтапно контролируемой верификации результатов применения конечно-элементных подходов.

Поэтому дальнейшее развитие и совершенствование численно-аналитических методов исследования кинематических, энергетических и силовых характеристик полей сдвиговых упругих волн в полубесконечном, перфорированном и составном однородном либо функционально-градиентном слое при учете факторов механической анизотропии и усложненных геометрических свойств представляет собой весьма актуальную научную проблему механики деформируемого твердого тела.

Как следует из материалов диссертационной работы М.Н. Пачевой, в ней представлены и обобщены исследования автора, доминирующая часть которых получена в ходе разработки конкурсных ведомственных научных проектов МОН ДНР «Волны деформаций в анизотропных телах с локализованными участками неоднородности геометрических и физико-механических свойств» (МОНУ, МОНДНР, номер государственной регистрации 0113U001529, 2013-2016 гг.); «Математическое моделирование прочностных и волноводных свойств деформируемых элементов конструкций и геоструктур с усложненными физико-механическими свойствами» (МОН ДНР, номер государственной регистрации 0117D000071, 2017-2019 гг.); «Методы исследования линейных и нелинейных моделей статического и динамического деформирования анизотропных функционально-градиентных упругих тел» (МОН ДНР, номер государственной регистрации 0120D000014, 2020-2022 гг.).

По структуре диссертационная работа состоит из введения, пяти предметных разделов, заключения с основными выводами и результатами, списка литературы из 180 источников и приложения.

Во вводном разделе, соответственно установленным требованиям, представлены основные общие характеристики выполненного исследования, в том числе приведено обоснование актуальности темы, указана её связь с научными проектами; сформулированы цель и задачи исследования, выносимые на защиту положения работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Представлены используемые в диссертации методы исследования, охарактеризована достоверность и обоснованность основных положений и выводов работы, приведены данные об апробациях и публикациях по её теме.

Первый раздел работы содержит аналитический обзор методов и результатов исследований по проблематике диссертационной работы, описание концептуальных подходов к численно-аналитическому исследованию полей волн деформаций в полубесконечном, составном и содержащем неоднородности упругом слое, а также вытекающую из проведенного анализа констатацию наличия малоизученных аспектов рассматриваемых проблем и потребностей в дальнейшей разработке численно-аналитических методов их изучения.

Во втором разделе работы реализовано теоретическое численно-аналитическое исследование проблемы отражения нормальных волн продольного сдвига от наклонной торцевой поверхности анизотропного полуслоя. Изложена методика изучения процесса отражения нормальных волн продольного сдвига от наклонной

торцевой поверхности трансверсально-изотропного полуслоя со свободными гранями. Описаны и систематизированы теоретические и численные результаты исследований в задачах об отражении нормальных сдвиговых волн от наклонной торцевой поверхности ортотропного полуслоя с закрепленной границей, о рассеянии сдвиговых волн у наклонной торцевой поверхности свободного ортотропного полуслоя, об отражении волн сдвига от свободной наклонной боковой поверхности ортотропного полуслоя на жестком основании.

В третьем разделе изложены предлагаемые численно-аналитические методики исследования процессов распространения упругих волн вдоль составного волновода со стыкуемыми под углом однородными прямолинейными или криволинейными компонентами, в том числе методики решения задач о прохождении нормальной сдвиговой волны по ортотропному волноводу из состыкованных под углом полуслоев и по волноводу с прямолинейным участком зигзагообразного излома, а также о распространении волн сдвига по волноводу с искривленным участком дугообразной формы. Описана модифицированная схема алгебраизации функциональных граничных условий в задаче о сдвиговых волнах в Г-образном волноводе, в основу которой положен прием обобщенной граничной ортогонализации базисных систем нормальных волн в стыкуемых компонентах волновода.

Четвертый раздел работы содержит описание методов и результатов исследования моделей распространения сдвиговых волн в волноводах из состыкованных полуслоев с усложненными физико-механическими свойствами усложненной геометрией поверхностей контакта. Изложены методики и результаты решения задач о сдвиговых волнах в составном поперечно-анизотропном волноводе из полуслоев с контактирующими полуцилиндрическими боковыми поверхностями, об энергетических характеристиках нормальных волн сдвига в составном волноводе из изотропного и ортотропного полуслоев, а также о трансформации нормальных упругих волн сдвига при падении на поверхность контакта трансверсально-изотропных функционально-градиентных полуслоев.

В пятом разделе диссертации излагаются методы и результаты исследования моделей волновых деформационных процессов в перфорированном слое. Представлена разработка методики анализа модели волнового деформирования свободного по граням слоя с локализованной внутренней туннельной полостью либо включением, методики исследования полей сдвиговых волн в функционально-градиентном изотропном упругом слое с туннельной цилиндрической полостью и методики анализа модели формирования поля стоячих волн в перфорированном слое с полостями или включениями.

В приложении приведены материалы внедрения результатов работы в учебный процесс.

Анализ содержания работы позволяет констатировать **необходимую и достаточную меру обоснованности** научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы. Вынесенные на защиту положения характеризуют ведущие научные достижения работы, и сформулированы как заключения об эффективности предложенных численно-аналитических методик синтеза теории однородных решений и принципа частичных областей при исследованиях влияния

параметра наклона торцевой граничной поверхности анизотропного полуслоя на структуру полей рассеиваемых на ней нормальных сдвиговых волн варьируемой относительной длины; при анализе моделей распространения нормальных сдвиговых упругих волн вдоль составных волноводов из стыкуемых под углом анизотропных однородных прямолинейных компонентов и волноводов с прямолинейными участками зигзагообразного излома, моделей распространения сдвиговых упругих волн вдоль трансверсально-изотропных составных волноводов в виде слоя с искривленными участками полукольцевой либо четверть кольцевой формы, моделей сдвиговых упругих волн в составном волноводе из полуслоев с контактирующими полуцилиндрическими боковыми поверхностями; при изучении особенностей трансформации энергетических потоков при распространении сдвиговых нормальных упругих волн варьируемой частоты по составному волноводу из изотропного и ортотропного полуслоев и анализе эффектов трансформации нормальных упругих волн сдвига при падении на ортогональную граням плоскую поверхность контакта трансверсально-изотропных функционально-градиентных полуслоев. На защиту вынесено также положение об эффективной применимости разработанной в диссертации методики исследования дифракционного рассеяния нормальных волн сдвига в функционально-градиентном либо прямолинейно-ортотропном слое с внутренней туннельной цилиндрической полостью, с туннельным ортотропным цилиндрическим включением эллиптического сечения, либо с периодическим рядом описанных неоднородностей для выявления и систематизации эффектов в полях рассеиваемых и преломляющихся во включениях волн различной относительной длины, заключающихся в появлении и локализации областей фокусной концентрации волновых перемещений в точках включения и слоя, в специфике распределения каналов отгибания, в специфике структуры дифракционных полей в дальнем поле при варьировании параметров слоя и включения.

Вынесенные на защиту положения в полной мере следуют из результатов осуществленных в диссертации исследований.

Обоснованными и объективно следующими из выполненных в работе исследований являются также сформулированные в заключении выводы и рекомендации.

Теоретическая значимость результатов работы заключается в создании и совершенствовании эффективных численно-аналитических методик решения новых классов задач теории волновых процессов в полубесконечном, перфорированном и составном слое с усложненными геометрическими и физико-механическими свойствами.

Практическое значение полученных результатов обусловлено возможностями применения разработанных методик, расчетных алгоритмов для их числовой реализации, а также установленных характеристик волновых процессов в прочностных расчетах элементов строительных конструкций и деталей машин из анизотропных функционально-градиентных композиционных материалов, а также при конструировании устройств и разработке технологий геоакустических исследований, неразрушающего ультразвукового контроля, систем гидроакустического экранирования, акустоэлектронных компонентов.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций работы подтверждается строгостью постановок рассматриваемых задач в рамках математически обоснованных апробированных моделей линейной динамической теории упругости анизотропного деформируемого твердого тела; использованием при теоретическом исследовании рассматриваемых моделей верифицированных математических методов; применением в процессе численных исследований апробированных вычислительных алгоритмов; верификацией полученных решений по критериям удовлетворения граничным условиям исследуемых краевых задач; сходимостью в представлениях, получаемых в форме функциональных рядов; согласованностью результатов применения разработанных методик в некоторых предельных частных случаях с опубликованными результатами других исследователей, полученных альтернативными методами.

В итоге реализованных в диссертации исследований соискателем получены **новые научные результаты**, заключающиеся в:

- разработке и реализации новой, базирующейся на синтезе теории однородных решений и принципе частичных областей модификации метода теоретического анализа проблемы отражения нормальных волн продольного сдвига от наклонной торцевой граничной поверхности анизотропного полуслоя при различных вариантах задания краевых условий на его плоских гранях и на наклонной торцевой поверхности;

- разработке новой модификации численно-аналитической методики анализа моделей распространения нормальных сдвиговых упругих волн вдоль составных волноводов из стыкуемых под углом анизотропных однородных прямолинейных компонентов и волноводов с прямолинейными участками зигзагообразного излома, основанной на комбинировании метода рядов по базисным системам бегущих и краевых стоячих нормальных волн и метода частичных областей;

- разработке нового алгоритма теоретического анализа моделей распространения сдвиговых упругих волн вдоль трансверсально-изотропных составных волноводов в форме слоя с искривленными участками полукольцевого либо четверть кольцевого поперечного сечения, а также анализа моделей распространения сдвиговых упругих волн в составном поперечно-анизотропном волноводе из полуслоев с контактирующими полуцилиндрическими боковыми поверхностями;

- разработке новой модификации алгоритма применения метода обобщенной граничной ортогонализации базисного множества нормальных волн сдвига в анизотропном упругом слое для решения задачи о распространении стационарной сдвиговой волны по составному волноводу из контактирующих полуслоев;

- развитии методики решения задачи о взаимодействии нормальной упругой волны с границей контакта полуслоев в составном плоскопараллельном волноводе с распространением ее на случай трансверсально-изотропных функционально-градиентных полуслоев;

- разработке новой базирующейся на синтезе теории динамических однородных решений, принципа отображений и аппарата теории специальных цилиндрических функций методики численно-аналитического решения задач о дифракционном рассеянии нормальных упругих продольного сдвига на туннельной

полости в изотропном функционально-градиентном слое и на внутренней туннельной цилиндрической полости либо на туннельном ортотропном цилиндрическом включении эллиптического поперечного сечения в однородном прямолинейно-ортотропном слое;

– распространении метода решения задач о дифракционном рассеянии нормальных упругих волн продольного сдвига на внутренних туннельных полостях либо включениях в упругом слое на задачи расчета характеристик функционирования гидроакустических экранов в виде многосвязного изотропного слоя с периодическим рядом коллинеарных плоским граням внутренних туннельных цилиндрических полостей либо радиально-неоднородных туннельных изотропных цилиндрических включений;

– обнаружении, обобщении и систематизации некоторых новых физико-механических закономерностей волновых деформационных процессов в полубесконечном, перфорированном и составном слоях с усложненными геометрическими и физико-механическими свойствами.

Замечания по содержанию диссертации и автореферата диссертационной работы:

1. В пятом разделе работы работе не представлены развернутые исследования сходимости представлений в виде рядов, формируемых в соответствии с принципом зеркальных отражений из функциональных элементов в локальных вспомогательных координатных системах.

2. В работе отсутствуют теоретические исследования по проблеме квазирегулярности бесконечных систем линейных алгебраических уравнений, получаемых при алгебраизации функциональных краевых условий в рассматриваемых граничных задачах.

3. Применительно к представленным в третьем разделе работы исследованиям волновых процессов в слое с дугообразными участками выгибов было бы целесообразным привести в диссертации и автореферате данные исследования дисперсионных свойств нормальных волн сдвигового типа вдоль окружного направления в сечениях вытянутых цилиндрических волноводов концентрического кольцевого сечения.

4. Целесообразным было бы рассмотреть в работе сопоставительные результаты применения в рассматриваемых моделях разработанных численно-аналитических методов и конечно-элементных подходов.

5. В тексте работы и автореферата мало внимания уделено характеристике среды программирования, используемой при разработке программных приложений для численной реализации предложенных методов.

В целом же, высказанные замечания не влияют на общую позитивную оценку уровня теоретической и прикладной ценности новых научных результатов диссертационного исследования, а также корректности и обоснованности его научных положений, выводов и рекомендаций.

Таким образом, в диссертации Пачевой Марины Николаевны решена новая научная проблема разработки численно-аналитических методов исследования кинематических, энергетических и силовых характеристик полей сдвиговых упругих волн в полубесконечном, перфорированном и составном однородном либо

функционально-градиентном слое при учете факторов механической анизотропии и усложненных геометрических свойств. Решение этой актуальной проблемы механики деформируемого твердого тела имеет важное теоретическое и прикладное значение.

Представленную диссертацию можно признать самостоятельной и завершённой работой. Тематика представленных в диссертационной работе научных исследований и полученных результатов в полной мере соответствует паспорту научной специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела. Содержание диссертации в достаточной мере освещено в 34 опубликованных работах, из которых 17 опубликованы без соавторов. Количество публикаций по теме работы в рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК ДНР, отвечает установленным требованиям. Автореферат диссертации в целом соответствует содержанию работы и адекватно отражает ее основные научные положения. Оформление и содержание диссертации и автореферата также удовлетворяют требованиям ВАК.

Диссертационная работа на тему «Волновые деформационные процессы в полубесконечном, перфорированном и составном слое с усложненными геометрическими и физико-механическими свойствами» в целом отвечает всем требованиям п. 2.2 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Пачева Марина Николаевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент
кандидат физико-математических наук
(01.02.04 – механика деформируемого твердого тела),
доцент, доцент кафедры
специализированных информационных технологий и систем
Государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры»

Моисеенко Виктор Алексеевич

286123, Донецкая Народная Республика,
г. Макеевка, ул. Державина, 2.
Тел.: +7-856-343-7033,
e-mail: mailbox@donnasa.ru
сайт: <http://donnasa.ru/>

Я, Моисеенко Виктор Алексеевич, согласен на автоматизированную обработку моих персональных данных _____



Личную подпись к.ф.-м. наук, доцент кафедры специализированных информационных технологий и систем беру.
Ученый секретарь ГОУ ВПО «ДОННАСА»
к.э.н., доцент

М. А. Тракова