

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Нестерова Сергея Анатольевича

«Прямые и обратные задачи термомеханики для неоднородных тел»,

представленную на соискание ученой степени доктора

физико-математических наук по специальности

1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела.

Развитие современного машиностроения, авиастроения, сооружений ответственного назначения предъявляет новые требования в элементам конструкций, работающих в сложных условиях термосилового нагружения. Одним из способов совершенствования элементов конструкций является активное внедрение новых композиционных материалов. Одним из таких видов материалов являются функционально-градиентные материалы, широко внедряемые в практику при наличии контакта с высокотемпературным окружением. Это ставит перед учеными-механиками, инженерами и технологами новые задачи, связанные с уточнением математических моделей, описывающих поведение таких материалов при термомеханических нагрузках, а также с совершенствованием методик определения переменных характеристик материалов после изготовления. Для осуществления контроля качества и прогнозирования дальнейшей эксплуатационной способности конструкций из неоднородных материалов требуются надежные технологии идентификации их материальных свойств, позволяющие подтвердить совпадение получившихся реальных свойств с проектными характеристиками. Однако на сегодняшний день практически не существует надежных, оперативных и недорогих методов неразрушающего контроля, позволяющих провести эффективную процедуру реконструкции неоднородных свойств термоупругих тел, поэтому современное состояние задач идентификации свойств неоднородных термоупругих тел является малоизученным.

Актуальность диссертационной работы Нестерова Сергея Анатольевича связана с разработкой эффективных численных и аналитических методов решения прямых и обратных задач термомеханики для слоистых конструкций и тел, изготовленных из функционально-градиентных материалов, с учетом связанности полей, законов неоднородности, масштабных эффектов. В ходе анализа решения обратных задач даны практические рекомендации по выбору временных интервалов съема входной информации и количества точек измерения внутри них.

Практическая значимость диссертации состоит в возможности использования разработанных методов решения коэффициентных обратных задач при создании и разработке методик неразрушающего контроля функционально-градиентных материалов.

В процессе выполнения диссертации актуальная тематика была поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 10-01-00194-а, 13-01-00196, 16-01-00354-а), Российского научного фонда (проекты № 18-11-00069, 22-11-00265), Министерства образования и науки РФ (проект №9.665.2014/К на выполнение научно-исследовательской работы в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности).

Объем диссертации – 252 страницы. Структурно диссертация подразделена на несколько разделов и состоит из введения, пяти глав, заключения, приложения, библиографического списка из 265 источников.

Во введении дан обзор современного состояния проблемы, обоснована актуальность исследования и его новизна, сформулированы цели и задачи диссертации, представлена информация об апробации работы, публикациях и личном вкладе соискателя.

В первой главе приводятся постановки и решение динамических связанных задач термоупругости и термоэлектроупругости для неоднородных тел. В качестве примеров в первой части главы рассмотрены прямые задачи термоупругости для стержня, трубы, конечного цилиндра и прямоугольника, а во второй части – прямые задачи термоэлектроупругости

для стержня и цилиндра. После обезразмеривания к поставленным задачам применяется преобразование Лапласа. Полученные задачи в трансформантах после некоторых преобразований сводятся к канонической системе ОДУ 1-го порядка, а затем решаются методом пристрелки. При этом следует отметить, что эти результаты необходимы автору в дальнейшем для проведения вычислительных экспериментов по решению обратных задач.

Вторая глава, состоящая из двух частей, посвящена решению статических задач градиентной теории упругости, термоупругости и электроупругости для ряда составных тел и тел с покрытиями. В рамках одной из градиентных моделей, учитывающей градиенты деформаций в определяющих соотношениях, получены точные аналитические решения и приближенные асимптотические решения задач для стержня, балки, цилиндра, полосы при малых значениях масштабных параметров. Проведено сравнение решений, полученных в рамках классической и градиентной постановок, выявлены области, в которых имеются различия.

В третьей главе приведена общая постановка коэффициентной обратной задачи термоупругости в пространстве трансформант и получены операторные уравнения 1-го рода для ее решения. Предложена итерационная схема реконструкции одномерных законов неоднородности. В качестве примеров рассмотрены постановки обратных задач термоупругости в пространстве трансформант для стержня, трубы, конечного цилиндра и прямоугольника; получены операторные уравнения и проведены вычислительные эксперименты по идентификации переменных термомеханических характеристик.

В четвертой главе представлены постановки коэффициентных обратных задач термоупругости при дополнительной информации, известной на конечном временном интервале. Решение обратных задач для стержня, слоя, трубы, конечного цилиндра и прямоугольника строится на основе итерационного процесса, на каждом этапе которого решается операторное уравнение или система уравнений 1-го в оригиналах. Исследована

сходимость итерационного процесса и влияние зашумления входной информации на устойчивость процедуры реконструкции.

В пятой главе приведена общая постановка обратной задачи термоэлектроупругости и получены операторные уравнения, устанавливающие связь между термомеханическими характеристиками и полями температур и перемещений на части границы тела. В качестве примеров исследованы обратные задачи термоэлектроупругости для продольно неоднородного стержня, поперечно неоднородного слоя и радиально неоднородного цилиндра.

В заключении представлены основные выводы по диссертационной работе.

По диссертационной работе авторы имеют следующие **замечания и рекомендации**:

1. В параграфе 1.2.2 при сведении задачи к системе интегральных уравнений второго рода существенным является вопрос о поведении ядер интегральных уравнений. Этот вопрос следовало бы рассмотреть подробно.

2. Обычно в качестве сенсоров и актуаторов в акустической диагностике выступают цилиндрические тела с относительно небольшой высотой, например, диски. Поэтому постановка и решение задачи термоэлектроупругости для конечного цилиндра в отличие от бесконечного имеет гораздо большую практическую значимость.

3. На рис. 1.1, с. 43, 1.7, с. 54, диссертации приведены графики механических характеристик, имеющие особенности поведения. Хотелось бы увидеть механическую интерпретацию этих явлений.

4. Следовало бы уделить больше внимания сходимости численных схем, не везде приведены значения всех входящих параметров при численной реализации.

Сделанные замечания не уменьшают ценности диссертации и не влияют на положительную оценку представленных в работе исследований.

Достоверность исследований основывается на корректной математической постановке задач, строгом аппарате механики связанных полей, тщательном анализе сходимости разработанных численных алгоритмов, большим объемом вычислительных экспериментов, сравнением результатов задач, полученных разными способами и частных случаев с известными результатами других авторов.

Научные результаты, полученные соискателем, являются **новыми**. Разработаны эффективные методы решения прямых динамических связанных задач для элементов стержневых, плоских и цилиндрических конструкций; реализован асимптотический подход к решению задач градиентной механики для составных стержня и балки, слоистых цилиндра и полосы; предложен итерационный подход к решению обратных задач о восстановлении неоднородных свойств тел, изготовленных из функционально-градиентных материалов, проведен обширный численный эксперимент, доказывающий эффективность реализованных методов решения коэффициентных обратных задач для стержня, слоя, трубы, конечного цилиндра и прямоугольника.

Результаты диссертационной работы получили широкую **апробацию** на всероссийских и международных конференциях. По теме диссертации опубликованы 39 статей в рецензируемых журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ЮФУ и наукометрические базы Scopus и Web of Science.

Автореферат диссертации полностью отражает основное содержание работы и отвечает всем предъявляемым требованиям.

Заключение.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне и является законченной научно-исследовательской работой, в которой содержатся решения задач, имеющих важное теоретическое и практическое значение для развития механики деформируемого твердого тела.

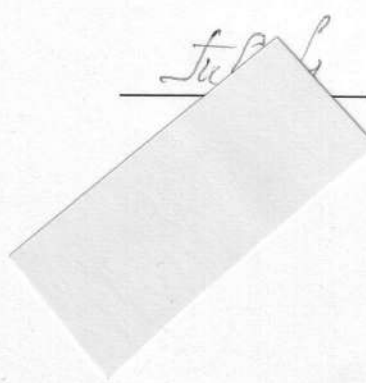
Считаю, что диссертационная работа «Прямые и обратные задачи термомеханики для неоднородных тел» отвечает всем основным требованиям Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном

автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, а ее автор, Нестеров Сергей Анатольевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела.

«25» декабря 2023 г.

Согласна на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного Совета и их дальнейшую обработку

Суворова



Официальный оппонент

Суворова Татьяна Виссарионовна
доктор физико-математических наук, доцент,
(специальность 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела),
профессор кафедры «Высшая математика»
ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»,
телефон: 8(951)494-01-85,
<https://rgups.ru>,
e-mail: suvorova_tv111@mail.ru
Адрес: 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2.

Подпись *Суворовой Т. В.*

УДОСТОВЕРЯЮ

Начальник управления делами
ФГБОУ ВО РГУПС

«25» 12 2023



Канина



Т.М. Канина