

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ЮФУ801.01.10,
созданного на базе Института математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования

«Южный федеральный университет»,

по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

аттестационное дело № _____,

решение диссертационного совета от 23.01.2024 № 1

О присуждении Нестерову Сергею Анатольевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Прямые и обратные задачи термомеханики для неоднородных тел» по специальности 1.1.8 – механика деформируемого твердого тела (физико-математические науки) принята к защите 28.09.2023 г. (протокол заседания №3) диссертационным советом ЮФУ801.01.10, созданным на базе Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», приказ о создании диссертационного совета № 366-ОД от 22.12.2022 г. (с изменением, приказ № 20-ОД от 13.02.2023 г.)

Соискатель Нестеров Сергей Анатольевич, 1979 года рождения.

В 2001 году соискатель окончил с отличием очное отделение физико-математического факультета Таганрогского государственного педагогического института по направлению «Физика». С 2010 по 2013 гг. обучался в очной аспирантуре на кафедре теории упругости ЮФУ по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Идентификация неоднородных характеристик термоупругих тел» защитил в 2013 в диссертационном совете, созданном на базе Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича ЮФУ. С августа 2012 г. по июль 2014 г.

работал младшим научным сотрудником, с июля 2014 г. по октябрь 2016 г. – научным сотрудником Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета. В 2015-2016 гг. выполнял исследования по теме диссертации в докторантуре ЮФУ. С 25 октября 2016 г. по настоящее время С.А. Нестеров работает старшим научным сотрудником отдела дифференциальных уравнений Южного математического института (ЮМИ) – филиала ВЦ РАН. Во время обучения и работы в Южном федеральном университете и Южном математическом институте ВЦ РАН Нестеров С.А. неоднократно работал по различным грантам РФФИ, РФФИ и Минобрнауки.

Диссертация выполнена в отделе дифференциальных уравнений Южного математического института – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук».

Научный консультант – Заслуженный деятель науки РФ, доктор физико-математических наук, профессор Ватульян Александр Ованесович, заведующий кафедрой теории упругости Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета, заведующий отделом дифференциальных уравнений ЮМИ ВЦ РАН.

Официальные оппоненты:

Лурье Сергей Альбертович – доктор технических наук (01.02.04 – механика деформируемого твердого тела), профессор, ФГБУН «Институт прикладной механики РАН», лаборатория «Неклассические модели механики композиционных материалов и конструкций», главный научный сотрудник, г. Москва,

Глушков Евгений Викторович – доктор физико-математических наук (01.02.04 – механика деформируемого твердого тела), профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Институт математики, механики и информатики, главный научный сотрудник, г. Краснодар,

Суворова Татьяна Виссарионовна – доктор физико-математических наук

(01.02.04 – механика деформируемого твердого тела), доцент, ФГБОУ «Ростовский государственный университет путей сообщения», кафедра «Высшая математика», профессор, г. Ростов-на-Дону, дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 87 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 87 работ, из них в научных изданиях, входящих в Перечень научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, представленных для защиты в диссертационные советы Южного федерального университета, опубликовано 36 работ; в научных изданиях, входящих в базы данных международных индексов научного цитирования Scopus и/или Web of Science, опубликовано 22 работы, два издания монографии «Коэффициентные обратные задачи термомеханики», одна глава в коллективной монографии издательства Springer. Публикации основных научных результатов соответствуют требованиям, предусмотренным Положением о присуждении ученых степеней в ЮФУ. Ряд работ выполнен в соавторстве, в диссертации дано разделение результатов.

Наиболее значимые публикации:

1. Ватульян, А. О. Коэффициентные обратные задачи термомеханики : монография /А. О. Ватульян, С. А. Нестеров; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южный федеральный университет". – 2-е изд., испр. и доп. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2022. – 176 с.

2. Ватульян, А. О. Об одном подходе к восстановлению неоднородных свойств термоупругих тел / А. О. Ватульян, С. А. Нестеров // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2012. – № 4(170). – С. 25-29.

3. Nedin, R. On an inverse problem for inhomogeneous thermoelastic rod / R. Nedin, S. Nesterov, A. Vatulyan // International Journal of Solids and Structures. –

2014. – Vol. 51, No. 3-4. – P. 767-773.

4. Ватульян, А. О. Об одном способе идентификации термоупругих характеристик для неоднородных тел / А. О. Ватульян, С. А. Нестеров // Инженерно-физический журнал. – 2014. – Т. 87, № 1. – С. 217-224.

5. Ватульян, А. О. К определению неоднородных термомеханических характеристик трубы / А. О. Ватульян, С. А. Нестеров // Инженерно-физический журнал. – 2015. – Т. 88, № 4. – С. 951-959.

6. Ватульян, А. О. Об одном подходе к идентификации термомеханических характеристик слоистой биологической ткани / А. О. Ватульян, С. А. Нестеров // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2016. – Т. 13, № 2. – С. 29-36.

7. Nedin, R. Identification of thermal conductivity coefficient and volumetric heat capacity of functionally graded materials / R. Nedin, S. Nesterov, A. Vatulyan // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2016. – Vol. 102. – P. 213-218.

8. Ватульян, А. О. Итерационная схема решения коэффициентной обратной задачи термоэлектроупругости / А. О. Ватульян, С. А. Нестеров // Вычислительная механика сплошных сред. – 2017. – Т. 10, № 4. – С. 445-455.

9. Ватульян, А. О. Численная реализация итерационной схемы решения обратных задач термоупругости для неоднородных тел с покрытиями / А. О. Ватульян, С. А. Нестеров // Вычислительные технологии. – 2017. – Т. 22, № 5. – С. 14-27.

10. Vatulyan, A. Some features of solving an inverse problem on identification of material properties of functionally graded pyroelectrics / A. Vatulyan, S. Nesterov, R. Nedin // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2019. – Vol. 128. – P. 1157-1167.

11. Vatulyan, A. Regarding some thermoelastic models of "coating-substrate" system deformation / A. Vatulyan, S. Nesterov, R. Nedin // Continuum Mechanics and Thermodynamics. – 2020. – Vol. 32(4). – P. 1173-1186.

12. Vatulyan, A. O. On the deformation of a composite rod in the framework of gradient thermoelasticity / A. O. Vatulyan, S. A. Nesterov // Materials Physics and Mechanics. – 2020. – Vol. 46, No. 1. – P. 27-41.

13. Ватульян, А. О. К определению термомеханических характеристик функционально-градиентного конечного цилиндра / А. О. Ватульян, С. А. Нестеров // Прикладная математика и механика. – 2021. – Т. 85, № 3. – С. 396-408.

14. Ватульян, А. О. Исследование напряженно-деформированного состояния полого цилиндра с покрытием на основе градиентной модели термоупругости / А. О. Ватульян, С. А. Нестеров, В. О. Юров // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2021. – № 4. – С. 60-70.

15. Ватульян, А. О. Решение обратной задачи об идентификации двух термомеханических характеристик функционально-градиентного стержня / А. О. Ватульян, С. А. Нестеров // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 180-195.

На автореферат поступило 13 отзывов:

от доктора технических наук, доцента Шляхина Д.А., заведующего кафедрой «Строительная механика, инженерная геология, основания и фундаменты» СамГТУ, г. Самара (2 замечания);

от доктора физ.-мат. наук Берковича В.Н., профессора кафедры «Физика, математика и информационные технологии» ДКГИПТиБ (филиал) МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ), г. Ростов-на-Дону (1 замечание);

от доктора физ.-мат. наук, профессора Коссовича Л.Ю., заведующего кафедрой математической теории упругости и биомеханики СГУ им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов (1 замечание);

от доктора технических наук, профессора Кувыркина Г.Н., заведующего кафедрой «Прикладная математика» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва (2 замечания);

от доктора физ.-мат. наук, доцента Ломазова В.А., профессора кафедры прикладной информатики и математики Белгородского ГАУ им. В.Я. Горина, Белгородская обл., Белгородский район, п. Майский (1 замечание);

от доктора физ.-мат. наук, профессора Шоркина В.С., профессора кафедры «Техническая физика» ОрелГУ им. И.С. Тургенева, г. Орел (4 замечания);

от доктора физ.-мат. наук Тотиевой Ж.Д., ведущего научного сотрудника отдела математического моделирования Южного математического института Владикавказского научного центра РАН, г. Владикавказ (без замечаний);

от Заслуженного деятеля науки РФ, доктора физ.-мат. наук, профессора Трусова П.В., заведующего кафедрой математического моделирования систем и процессов ПермНИПУ, г. Пермь (3 замечания);

от доктора технических наук, профессора Сторожева В.И., заведующего кафедрой теории упругости и вычислительной математики им. акад. Космодамианского А.С. Донецкого государственного университета, ДНР, г. Донецк (2 замечания);

от доктора физ.-мат. наук, профессора Бауэр С.М., профессора кафедры теоретической и прикладной механики математико-механического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург (2 замечания);

от доктора физ.-мат. наук, доцента Скобельцына С.А., профессора кафедры прикладной математики и информатики ТулГУ, г. Тула (4 замечания);

от доктора физ.-мат. наук, профессора Георгиевского Д.В., заведующего кафедрой теории упругости механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и кандидата физ.-мат. наук, доцента Бобылева А.А., доцента кафедры механики композитов механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва (без замечаний);

от доктора физ.-мат. наук, профессора Шардакова И.Н., главного научного сотрудника Института механики сплошных сред Уральского отделения РАН - филиала Пермского федерального исследовательского центра

Уральского отделения РАН, г. Пермь.

Все отзывы положительные, в них отмечается актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания:

1. На рисунках 1,2 представлены численные результаты, на основании которых просто фиксируется зависимость напряженно-деформированного состояния исследуемых элементов от связанности полей и неоднородности материала. Здесь необходимо было представить физическую картину данных эффектов, за счет чего получены данные результаты расчета.

2. В п. 1.7 рассматривается задача термоэлектроупругости для стержня. На основании граничных условий на свободном торце (стр. 24) можно сделать вывод, что оба конца стержня закорочены, а не только жесткозакрепленный торец.

3. Из автореферата неясно, исследованы ли вопросы однозначной разрешимости обратных коэффициентных задач, рассмотренных в диссертации, а также сходимость построенных алгоритмов.

4. Из автореферата неясно, из каких соображений проводился выбор тех или иных гипотетических законов неоднородности, используемых при реконструкции термомеханических характеристик.

5. Так как эффекты термоупругой связанности проявляются при высоких скоростях внешнего воздействия, то, возможно, надо бы учесть $\frac{\partial^2 T}{\partial t^2}$ в уравнениях теплопроводности.

6. В автореферате скудно изложены численные методы решения задач, отсутствуют критерии, по которым были выбраны шаги интегрирования по времени и по пространственной координате.

7. В качестве замечания следует отметить, что, исходя из физической природы пространственной неоднородности материалов (например, неравномерное распределение пор, микротрещин, мелкодисперсных примесей и т.д.), эффективные электротермомеханические характеристики материалов,

играющие роль коэффициентов уравнений, вообще говоря, не являются независимыми (как полагается в диссертации). Например, зависимость от пространственных переменных плотности и коэффициентов Ламе композита с неравномерным мелкодисперсным упрочнением (в соответствии с моделью Фойгта-Рейса) определяется объемным содержанием примеси (одной функцией пространственных переменных).

8. В параграфе 2.3 при постановке задач желательны формулировка и обоснование условий сопряжения напряжений и деформаций в точке скачка механических свойств балки. В параграфе 2.4 это относится и к сопряжению температурных полей на поверхности контакта покрытия и цилиндра.

9. Задачи пятой главы формулировались для «моментных» или классических сред?

10. В автореферате не указано ведущее предприятие.

11. В автореферате не акцентировано внимание на том, какие результаты получены лично автором диссертации.

12. К сожалению, в постановках части краевых задач отсутствуют обозначения, не приведен физический смысл входящих в постановки параметров.

13. Отсутствует описание строения рассматриваемых материалов (с точки зрения физического материаловедения – это смесь фаз, твердые растворы, химические соединения; на каком масштабе реализуется смешивание материалов?) В связи с этим неясно, что представляют собой определяющие соотношения материала, для каких представительных объемов они формулируются, каким образом определяются материальные параметры.

14. Физические причины возникновения моментных взаимодействий? Физический смысл масштабного параметра l_M ? Является ли масштабный параметр характеристикой материала или зависит от конкретных условий термомеханического воздействия на исследуемые объекты?

15. В частности, было бы целесообразным привести в автореферате формулировки выносимых на защиту научных положений работы в форме

обосновываемых научных заключений.

16. Представляло бы также интерес детализированное исследование вопроса о влиянии погрешности задания исходных параметров (разбросов данных экспериментальных приборных измерений) на идентифицируемые результирующие характеристики рассмотренных моделей неоднородных тел, определяемые на основе решения обратных коэффициентных задач термоупругости с применением предложенных численно-аналитических методов.

17. Из автореферата неясно, как влияет выбор начального приближения на результаты реконструкции? Если искать начальное приближение среди констант, то всегда ли в этом случае реконструкция проходила успешно?

18. Возможность одновременной реконструкции двух теплофизических характеристик стержня и цилиндрической трубы установлена только путем численного эксперимента. Строгое теоретическое доказательство этого факта отсутствует.

19. Для результатов, представленных на рис. 1-3, 5 не указано, какие именно параметры неоднородности (механические свойства, теплофизические свойства, геометрические параметры, соотношения между ними: Ni , TiC , r_2 / r_1 , L_0 / L) задавались.

20. На с. 12, 13, 17 автореферата при описании задачи для неоднородного цилиндра и упругого слоя используются переменные ξ_1 , ξ_2 , y_1 , y_3 , R_0 , смысл которых не указан.

21. Задачи параграфов 2.3, 2.7, 2.8, иллюстрирующие особенности использования градиентной модели теории упругости и электроупругости, по-видимому, играют вспомогательную роль. Их изложение стоило бы перенести в приложение, поскольку в этих задачах не предполагается учет температурных эффектов, заявленных в теме диссертации.

22. Для результатов решения задачи восстановления коэффициента теплопроводности и теплоемкости, представленных на рис. 8, не указан интервал времени $[a_2, b_2]$, на котором известен тепловой поток.

23. В обратных задачах важную роль играет выбор временного интервала, на котором точность реконструкции наилучшая. Какие рекомендации по выбору временного интервала можно сформулировать?

Выбор официальных оппонентов обосновывается следующим: все официальные оппоненты являются ведущими специалистами в области механики деформируемого твердого тела, имеют большое число публикаций по смежным с представленной диссертацией тематикам, обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну, научную и практическую ценность, достоверность результатов. Профессор, д.т.н. Лурье С.А. является ведущим специалистом в области исследования градиентной теории упругости, механики связанных полей, в том числе термоупругости, наномеханики композиционных материалов, контактных задач; профессор, д.ф.-м.н. Глушков Е.В. является ведущим специалистом в области динамических задач механики сплошных сред сложной структуры, неразрушающего контроля конструкций анизотропных слоистых композитных структур; доцент, д.ф.-м.н. Суворова Т.В. является специалистом высокого уровня в области волновых процессов в сплошных средах сложной структуры.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые методы решения динамических связанных задач термоупругости и термоэлектроупругости для тел, изготовленных из функционально-градиентных материалов;

проведен анализ влияния различных законов неоднородности и параметров связанности на поля перемещений, температуры, электрического потенциала и напряжений;

получены приближенные асимптотические формулы, уточняющие напряженно-деформированное состояние слоистых и составных упругих, термоупругих и электроупругих тел с учетом градиентных эффектов;

в зависимости от временного интервала съема дополнительной информации исследованы две постановки коэффициентной обратной задачи по

идентификации распределенных неоднородностей в стержневых, плоских и цилиндрических структурах, изготовленных из функционально-градиентных материалов по дополнительной информации, заданной на части границы тела;

несколькими способами получены операторные уравнения для решения коэффициентных обратных задач термоупругости в первой и второй постановках;

представлены постановки и получены операторные уравнения для решения коэффициентных обратных задач термоэлектроупругости на конечном временном интервале;

разработаны итерационные схемы по идентификации одной и двух переменных термомеханических характеристик стержня, слоя, цилиндрической трубы, конечного цилиндра и прямоугольника;

проведены вычислительные эксперименты по идентификации переменных термомеханических характеристик слоистых и функционально-градиентных материалов;

в вычислительных экспериментах показана быстрая сходимость итерационной процедуры реконструкции, а также ее устойчивость к 1%-му зашумлению входной информации;

исследовано влияние параметров связанности, монотонности функций на результаты реконструкции термомеханических характеристик;

показана перспективность использования предложенного итерационного подхода решения обратных задач для решения широкого круга научных и прикладных проблем по идентификации переменных материальных характеристик неоднородных тел с учетом связанности теплового, механического и электрического полей.

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования состоит в создании эффективных приближенных аналитических и численных методов решения статических и динамических задач термомеханики для слоистых и функционально-градиентных материалов с учетом связанности полей, масштабных эффектов, переменных термомеханических характеристик;

в разработке численной схемы решения коэффициентных обратных задач термоупругости и термоэлектроупругости.

Практическая ценность результатов диссертации состоит в уточнении термомеханических расчетов слоистых и составных микроразмерных элементов с учетом градиентных эффектов; в развитии теоретических основ для методов неразрушающего контроля и диагностики переменных термомеханических характеристик стержневых, слоистых и цилиндрических конструкций с учетом законов неоднородности различных типов и связанности полей.

Оценка достоверности результатов исследования базируется на строгом аппарате математической теории динамической связанной термоупругости и термоэлектроупругости, обеспечивается адекватностью физических моделей, корректностью постановок исследуемых задач и применением строгих математических методов исследования, сравнением результатов решения задач, полученных разными способами, а также другими авторами, на проведении большого числа вычислительных экспериментов, показавших их достаточную эффективность.

Личный вклад соискателя состоит в разработке методов решения новых коэффициентных обратных задач термомеханики, разработке алгоритмов и программ реализации и проведении масштабных вычислительных экспериментов.

На заседании 23 января 2024 г. диссертационный совет отметил, что рассматриваемая диссертация соответствует критериям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет»», и принял решение присудить Нестерову С.А. учёную степень доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8 – механика деформируемого твердого тела.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 10 докторов наук по специальности

