

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.039.02
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» И ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУ-
ДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕ-
ГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение объединенного диссертационного
совета от 13.10.2023 г. протокол № 17

О присуждении Кальмовой Марии Александровне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Нестационарная механика радиальных осесимметричных термоэлектроупругих полей в длинном пьезокерамическом цилиндре» по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела принята к защите 22 июня 2023 г. (протокол заседания № 4) объединенным диссертационным советом 99.2.039.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244, и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 443086, Самара, Московское шоссе, 34, приказ Минобрнауки Российской Федерации № 45/нк от 30.01.2017 г.

Соискатель Кальмова Мария Александровна, 14 июня 1984 года рождения, в 2006 г. окончила государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный архитектурно-строительный университет» (квалификация инженер). С 2006 г. по 2015 г. работала в должности ассистента кафедры «Сопrotivления материалов и строительная механика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный архитектурно-строительный университет», с 2015 г. по настоящее время работает в должности старшего преподавателя кафедры «Строительная механика, инженерная геология, основания и фундаменты» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет»

Министерства науки и высшего образования РФ. В 2022 прикреплялась для сдачи кандидатских экзаменов без освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Диссертация выполнена на кафедре «Строительная механика, инженерная геология, основания и фундаменты» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – д.т.н., доцент Шляхин Дмитрий Аверкиевич, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», кафедра «Строительная механика, инженерная геология, основания и фундаменты», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

- Ермоленко Георгий Юрьевич, доктор технических наук, доцент, филиал ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова», заведующий кафедрой технических наук;

- Нестеров Сергей Анатольевич, кандидат физико-математических наук, филиал ФГБУ науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», отдел дифференциальных уравнений, старший научный сотрудник;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» ФГАОУ ВО «ЮФУ», г. Ростов-на-Дону, в своем положительном отзыве, утвержденным проректором по научной и исследовательской деятельности, доктором химических наук, старшим научным сотрудником Метелицей Анатолием Викторовичем, подписанном Заслуженным деятелем науки РФ, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой теории упругости Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Ватульяном Александром Ованесовичем, указала, что в работе разработаны новые аналитические алгоритмы расчета осесимметричных начально–краевых задач термоэлектроупругости для длинного полого пьезокерамического цилиндра, позволяющих исследовать нестационарные процессы распространения связанных полей. Практическая значимость исследования определяется возможностью создания программного комплекса, позволяющего при проектировании преобразующих элементов обосновать и наметить рациональную программу экспериментов.

Отзыв содержит следующие критические замечания: 1) в диссертационной работе автор пишет о длинном цилиндре, хотя его размеры в осевом направлении нигде не фигурируют и всюду исследуются плоские задачи. Обоснование такого

приближения отсутствует, в том числе и обсуждение влияния граничных условий на торцах цилиндра. С точки зрения практики гораздо более важны исследования не для длинных цилиндров, а для тонких дисков; 2) неясно, для чего использована гиперболическая модель в температурной задаче и насколько это важно для расчета конкретных преобразователей; 3) в диссертации для модельных расчетов используется только один закон изменения тепловой нагрузки. Следовало бы провести серию расчетов, в которых использовались другие законы нагружения.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ по теме диссертации, из них 3 в рецензируемых научных изданиях, 5 в изданиях, индексируемых в базах Scopus и Web of Science.

Публикации соискателя посвящены разработке нового теоретического подхода связанного с расчетом длинного пьезокерамического цилиндра с учетом связанности термоэлектродупругих полей в случае действия внешней нестационарной осесимметричной нагрузки в виде изменения температуры на его поверхности. В работах, выполненных в соавторстве, вклад соискателя является определяющим при постановке задач, построении замкнутых решений, разработке программного комплекса и анализе результатов расчета, формулировке выводов. Суммарный объем принадлежащего соискателю опубликованного материала по теме диссертации составляет 5,5 печатных листов. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Шляхин Д.А., Кальмова М.А. Связанная нестационарная задача термоэлектродупругости для длинного полого цилиндра / Д.А. Шляхин, М.А. Кальмова // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия Физико-математические науки, 2020. – Т. 23, № 4. – С. 677-691.

2. Шляхин Д.А., Кальмова М.А. Нестационарная задача термоэлектродупругости для длинного пьезокерамического цилиндра / Д.А. Шляхин, М.А. Кальмова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика, 2021. – № 2. – С. 181-190. – DOI: 10.15593/perm.mech/2021.2.16.

3. Шляхин Д.А., Кальмова М.А. Связанная динамическая осесимметричная задача термоэлектродупругости для длинного полого пьезокерамического цилиндра / Д.А. Шляхин, М.А. Кальмова // Advanced Engineering Research, 2022 – Т. 22, № 2. – С. 81–90.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы официальных оппонентов.

В отзыве официального оппонента **Ермоленко Г.Ю.** указаны следующие критические замечания: 1) при решении задач термоэлектродупругости используется метод разложения по собственным вектор-функциям и в результате расчетные соотношения формируются в виде сумм бесконечных рядов. Однако, в работе

не дана информация о количестве используемых членов этих рядов, а информация эта крайне важна для анализа сходимости рядов и для оценки погрешности полученных результатов; 2) в процессе приведения неоднородных граничных условий к однородным, используется процедура стандартизации, где вспомогательные функции определяются из условий упрощения исходных дифференциальных уравнений. Из текста диссертации не ясно чем обусловлен такой выбор и могут ли данные функции иметь другую структуру; 3) в настоящей работе рассматривается пьезокерамика с гексогональной кристаллической решеткой. Непонятно, можно ли получить решение или воспользоваться полученными данными в случае использования сегнетоэлектриков, имеющих другую структуру кристаллов; 4) в главе 4 при решении характеристического алгебраического уравнения 2-го порядка корни уравнения получились действительные. Могут ли, корни быть комплексно-сопряженными и как это отразится на алгоритме решения.

В отзыве официального оппонента **Нестерова С.А.** сформулированы следующие замечания: 1) в работе вычисления проводятся на основе гиперболической модели термоэлектроупругости. Однако в литературном обзоре практически отсутствуют современные публикации, связанные с решением задач гиперболической термоэлектроупругости; 2) во 2-5 главах проводится обезразмеривание поставленных задач, причем в каждой главе безразмерные формулы повторяются. Данную процедуру достаточно было ввести только во 2-й главе, а в других главах на них ссылаться; 3) в диссертации рассматривается только один закон изменения тепловой нагрузки (2.45). Чем обусловлен выбор именно такого закона теплового нагружения? Почему для сравнения не использовались другие законы изменения тепловой нагрузки, а также механическое нагружение цилиндра; 4) обычно в качестве сенсоров и актюаторов выступают цилиндрические тела с относительно небольшой высотой, например, диски. Поэтому постановка задачи термоэлектроупругости для конечного цилиндра в отличие от бесконечного имеет гораздо большую практическую значимость; 5) в пятой главе рассматривается несвязанная задача обратного пьезоэффекта для пьезокерамического термоупругого цилиндра. Почему не исследована связанная задача.

На автореферат поступили 6 отзывов положительных от:

1. Д.ф.-м.н. Андрея Анатольевича Панькова, доцента, профессора кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (г. Пермь);
2. Заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н. Игоря Георгиевича Овчинникова, профессора кафедры «Транспортное строительство» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (г. Саратов);
3. Д.т.н. Евгения Владимировича Арышенского, доцента, старшего научного сотрудника Лаборатории электронной микроскопии и обработки изображений (г. Новокузнецк);

4. Д.т.н. Антона Сергеевича Чепурненко, доцента, профессора кафедры «Строительная механика и теория сооружений» ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет» (г. Ростов-на-Дону);
5. Д.т.н. Владимира Владимировича Филатова, доцента, директора Института цифровых технологий и моделирования в строительстве ФГБОУ ВО Национальный исследовательский «Московский государственный строительный университет» (г. Москва);
6. Д.ф.-м.н. Татьяны Владимировны Мальцевой, профессора, профессора кафедры «Строительная механика» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» (г. Тюмень).

В замечаниях указано, что не обсуждается в каком диапазоне температур можно использовать линейную теорию, для каких целей одна из цилиндрических поверхностей элемента заземлена, может привести увеличение скорости изменение температурной нагрузки к качественно другим результатам, не указана возможность использования разработанных алгоритмов при удовлетворении других нестационарных граничных условий, не указана погрешность при вычислении рядов.

Остальные замечания связаны с ограниченным объемом автореферата, на которые даны ответы в диссертации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в области решения нестационарных начально-краевых задач теории термоупругости, термоэлектроупругости, что подтверждается публикациями в научных изданиях в сфере исследования соискателя, а также наличием в ведущей организации диссертационного совета ЮФУ801.01.10 по научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела (председатель - д.ф.-м.н. Ватульян А.О.)

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработан** новый теоретический подход к решению проблемы расчета длинного полого пьезокерамического цилиндра с учетом связанности термоэлектроупругих полей в случае действия внешней нестационарной осесимметричной нагрузки в виде изменения температуры на его цилиндрических поверхностях, позволяющий выявить качественно новые закономерности между характером температурного воздействия и процессом деформирования электроупругого элемента;

– **предложен** новый алгоритм расчета связанных линейных осесимметричных начально–краевых задач термоэлектроупругости, позволяющий получать точные замкнутые решения для длинного пьезокерамического цилиндра;

– **доказана** перспективность использования разработанных алгоритмов в теоретических исследованиях и прикладных задачах при проектировании электроупругих элементов различного назначения;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **доказана** применимость методики расчета начально–краевых задач термоэластостатики для длинного пьезокерамического цилиндра, вносящая вклад в расширение представлений о связанности полей различной физической природы;

– применительно к проблематике диссертации эффективно **использован** аппарат аналитического исследования в виде биортогонального конечного интегрального преобразования, позволяющий получать новые замкнутые решения начально – краевых задач в наиболее общем виде;

– **изложены** результаты взаимного влияния электроупругих и температурных полей в длинном пьезокерамическом цилиндре при стационарном и нестационарном температурном воздействии;

– **раскрыты и изучены** новые связи между характером внешнего температурного воздействия и процессом деформирования электроупругих конструкций;

– **проведена модернизация** существующих математических моделей термоэластостатических полей для расчета длинного цилиндра, позволяющих более точно описать его напряженно – деформированное состояние, температурное и электрическое поле.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– **разработан и внедрен** новый алгоритм расчета электроупругих систем на температурное воздействие в расчетную практику проектного отдела ООО «СамараГазСтрой» (г. Самара), что позволило существенно сократить количество натурных экспериментов и повысить точность инженерных расчетов;

– **определены** пределы и перспективы прикладного использования построенных замкнутых решений при проектировании электроупругих элементов на температурное воздействие анализе;

– **создан** программный комплекс для расчета пьезокерамических элементов в виде длинного полого цилиндра, позволяющий получить рациональное конструктивное решение при проектировании преобразователей энергии;

– **представлены** методические рекомендации по использованию полученных теоретических решений и данных расчетов в прикладных задачах термоэластостатики.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **теория** основана на известных базовых термодинамических постулатах термоэластостатики в рамках линейных необратимых процессов и обобщении методов решения начально-краевых задач;

– **идея базируется** на использовании апробированного аналитического подхода неполного разделения переменных в виде биортогонального метода конечных интегральных преобразований к решению задач термоэластостатики;

– **использованы** современные методики обработки численных результатов, полученных с помощью программных систем метода конечных элементов для сравнения с данными теоретического расчета;

– **установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с данными, представленными в независимых источниках по данной тематике;

Личный вклад соискателя состоит в: совместной математической постановке и разработке алгоритмов замкнутых решений рассматриваемых начально-краевых задач термоэлектроупругости; разработке программного обеспечения и анализе полученных численных результатах; обработке данных, полученных с помощью известных программных систем; непосредственном участии в подготовке всех основных опубликованных работ по результатам диссертации; формулировке основных научных положений и выводов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: 1) в работе проводилось сравнение результатов теоретического расчета с данными полученными численным методом и не приводилось сравнение с данными других авторов; 2) функции перемещений, потенциала поля и приращения температуры представлены в виде рядов, в докладе не прозвучала информация о количестве членов ряда, обеспечивающих их сходимость.

Соискатель Кальмова М.А. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

На заседании 13 октября 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Кальмовой Марии Александровне ученую степень кандидата технических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела за решение научной задачи расчета длинного пьезокерамического цилиндра на внешнее нестационарное осесимметричное температурное воздействие, имеющей значение для развития механики деформируемого твердого тела.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.1.8, участвующих в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, дополнительно введено на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» присуждение ученой степени – 16 человек; «против» – 0 человек.

Председатель диссертационного
совета 99.2.039.02

Секретарь диссертационного
совета 99.2.039.02



Клебанов Яков Мордухович

Луц Альфия Расимовна

13 октября 2023 г.