

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ОБЪЕДИНЁННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
99.2.039.02

созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук

аттестационное дело № _____
решение объединённого диссертационного
совета от 03.10.2025 г. протокол № 9

О присуждении Савиновой Елене Владимировне, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование связанных нестационарных термоэлектродупругих полей в сплошных круглых пластинах» по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела (технические науки) принята к защите 2 июля 2025 г. (протокол заседания № 8) объединённым диссертационным советом 99.2.039.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки Российской Федерации, 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244, и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» Минобрнауки РФ, 443086, Самара, Московское шоссе, 34, приказ Минобрнауки РФ № 45/нк от 30.01.2017 г.

Соискатель Савинова Елена Владимировна, 28 июля 1979 года рождения, в 2001 г. окончила Самарскую государственную архитектурно-строительную академию (квалификация инженер). С 02.07.2001 г. по 12.11.2018 г. работала в качестве инженера-конструктора, ведущего инженера-конструктора, ведущего специалиста в организациях: ОАО «Поволжский институт строительства и проектирования ДВИ», ООО «Персональная творческая мастерская архитектора А.А. Маврычева», ООО «Проект – 4», ООО «Волга НИПИТЭК». С декабря 2018 г. по настоящее

время является старшим преподавателем кафедры «Строительная механика, инженерная геология, основания и фундаменты» в ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ. В 2021 году поступила в очную аспирантуру по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика, научная специальность 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела и окончила ее в 2025 году. Справка о сдаче кандидатских экзаменов по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела №СП-02.03/640 выдана 22.04.2025 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Самарский государственный технический университет».

Диссертация выполнена на кафедре «Строительная механика, инженерная геология, основания и фундаменты» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Шляхин Дмитрий Аверкиевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ, кафедра «Строительная механика, инженерная геология, основания и фундаменты», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

– Паньков Андрей Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», кафедра «Механика композиционных материалов и конструкций», профессор;

– Овчинников Илья Игоревич, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.», кафедра «Транспортное строительство», доцент.

Оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный университет», г. Донецк, в своём положительном отзыве, утверждённом и.о. ректора ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», доктором физико-математических наук, профессором Светланой Владимировной Беспаловой, подписанном профессором кафедры теории упругости и вычислительной математики им. акад. А.С. Космодамианского, доктором физико-математических наук, профессором Стефаном Алексеевичем Калоеровым, секретарём семинара, кандидатом физико-математических наук, доцентом той же кафедры Аленой Игоревной Мирончук, указала, что содержание диссертации соответствует паспорту

научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела (технические науки), что в работе представлено фундаментальное научное решение задачи термоэлектроупругости в связанной формулировке для круглых сплошных пластин из пьезокерамических материалов при нестационарных температурных воздействиях и различных граничных условий закрепления контура.

Отзыв содержит следующие замечания: 1) В решении связанной задачи термоэлектроупругости с несамосопряжённым дифференциальным оператором собственные значения могут быть не только действительными, но и комплексными. Этот вопрос в работе не обсуждается, хотя именно анализ собственных значений определяет связанность полей; 2) В работе при анализе результатов численных исследований несвязанной задачи рассматривается только одна зависимость изменения температуры на лицевой поверхности по времени. Эта зависимость позволяет определить геометрические размеры пластины, при которых можно не учитывать силы инерции упругой системы. Однако при изменении температуры по другой зависимости, необходимо предложить другой подход; 3) Известно, что при исследовании напряжённо-деформированного состояния пьезопластин наиболее существенным является учёт их магнитных свойств. В работе следовало бы это учитывать и решать более общую задачу электромагнитоупругости.

Соискатель имеет 35 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 13 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы. Объём опубликованных работ по теме диссертации составляет 7,56 печатных листов. В кандидатской диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

В работах соискателя по теме научного исследования представлены аналитические решения осесимметричных задач применительно к круглым пластинам из пьезокерамики, а также выполнен анализ численных результатов построенных аналитических моделей. Публикации и доклады на конференциях подтверждают практическую значимость и научную новизну работы.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Шляхин, Д.А. Динамическая задача термоэлектроупругости для круглой жёстко закреплённой пластины / Д.А. Шляхин, Е.В. Савинова, В.А. Юрин // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – 2022. – № 1(50). – С. 3-16.

2. Шляхин, Д.А. Связанная нестационарная осесимметричная задача термоэлектроупругости для круглой пьезокерамической шарнирно

закреплённой пластины / Д.А. Шляхин, **Е.В. Савинова** // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. – 2023. – Т. 27, № 1. – С. 159-178.

3. Шляхин, Д.А. Связанная осесимметричная задача термоэлектроупругости для круглой жёстко закреплённой пластины / Д.А. Шляхин, **Е.В. Савинова** // Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don). – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 23-35.

4. Шляхин, Д. А. Связанная нестационарная осесимметричная задача термоэлектроупругости для круглой многослойной пластины / Д. А. Шляхин, **Е.В. Савинова** // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2025. – № 3(780). – С. 16-29.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы официальных оппонентов.

В отзыве официального оппонента **Панькова А.А.** указаны следующие критические замечания: 1) Список условных обозначений, принятый в диссертационной работе, приведён на стр. 131, что затрудняет понимание изложенного материала; 2) Пояснить равенство $(\frac{\Theta^*}{T} = 1)$. Правильно: $\frac{\Theta^*}{T_0} \rightarrow 0$? с учётом, что «...отношение приращения температуры к текущей температуре много меньше единицы»; 3) На стр.37 в разделе «Постановка исследуемой задачи» в граничных условиях не учтено условие «...в вертикальной плоскости зафиксирована её (т.е. цилиндрической поверхности пластины) нижняя часть...», лишь на стр.38 отмечается, что « вводится вспомогательная функция $W_1(r)$ (2.22) для обеспечения соответствующего закрепления пластины; 4) Под аксиальной поляризацией материала понимается поляризация по оси z, т.е. по толщине пластины? 5) Почему для трансверсально – изотропной керамики используется лишь один коэффициент линейного теплового (температурного) расширения (см. табл.2.1 стр. 51)? 6) При использовании процедуры приведения неоднородных граничных условий к однородным, стандартизирующие функции определялись из условия упрощения правых частей соответствующих дифференциальных уравнений; необходимо пояснить преимущества этого подхода перед другими известными подходами для решения таких задач; 7) В рассматриваемой многослойной конструкции для повышения ее прочностных характеристик используется металлический слой из стали; чем обусловлен выбор именно этого материала? 8) В работе в качестве внешнего теплового воздействия использовалось только нестационарное изменение температуры на поверхности тела. Возможно

обобщение полученных решений на случай выполнения нестационарных граничных условий 2 – го и 3 – го родов?

В отзыве официального оппонента **Овчинникова И.И.** сформулированы следующие замечания: 1) В работе сделан вывод, что скорость изменения объёма тела, выполненного из пьезокерамического материала, не оказывает влияние на температурное поле, т.е. можно рассматривать несвязанную задачу термоэлектроупругости. И при решении задачи электроупругости необходимо просто более точно аппроксимировать температурное поле, что приведёт к существенному упрощению алгоритма расчёта; 2) В работе рассматривается частный случай деформирования пластины, когда в качестве «нагрузки» выступает функция изменения температуры на лицевой поверхности. И почему-то не рассматривается не менее часто встречающийся случай при работе тепловых преобразователей, когда на поверхности элемента удовлетворяются нестационарные граничные условия 2-го и 3-го родов; 3) В начальных условиях несвязанной краевой задачи (условия (4) автореферата) скорости изменения компонент вектора перемещений равны нулю, что не совсем корректно при наличии скорости изменения температуры на лицевой поверхности в начальный момент времени; 4) Численные результаты расчёта выполнены при использовании только одной зависимости изменения температуры на лицевой поверхности. Это накладывает определённые ограничения на возможность анализа связанности полей.

На автореферат поступило 7 отзывов от:

1. Заслуженного работника Высшей школы РФ, профессора кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (г. Уфа), доктора технических наук, профессора Габитова Азата Исмагиловича и профессора той же кафедры, доктора технических наук Недосеко Игоря Вадимовича;

2. Заведующего кафедрой информационных систем и технологий ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (ПГУТИ) (г. Самара), доктора технических наук, доцента Лимановой Наталии Игоревны;

3. Заведующего кафедрой строительной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (г. Воронеж), доктора физико-математических наук, доцента Козлова Владимира Анатольевича;

4. Заведующего кафедрой «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (г. Ростов-на-

Дону), Лауреата премии Правительства РФ, доктора технических наук, профессора Соболя Бориса Владимировича;

5. Ведущего научного сотрудника отдела дифференциальных уравнений Южного математического института – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр «Российской академии наук» (г. Владикавказ), доктора физико-математических наук Нестерова Сергея Анатольевича;

6. Ведущего научного сотрудника Института проблем механики им. А. Ю. Ишлинского (г. Москва), доктора физико-математических наук Лычёва Сергея Александровича;

7. Профессора базовой кафедры АО «Мостострой-11» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» (г. Тюмень), доктора технических наук Овчинникова Игоря Георгиевича.

В отзывах на автореферат сформулированы следующие замечания: 1) В рассматриваемых задачах нижняя электродированная поверхность пьезокерамических пластин заземлена. Возможен ли учёт других электрических граничных условий для данной поверхности? 2) Не представлены результаты расчётов, полученных методом конечных элементов. 3) В работе используется классическая теория термоэлектроупругости на основе закона теплопроводности Фурье. Было бы интересно использовать уточнённую теорию на основе гиперболической теории теплопроводности и провести сравнение результатов двух теорий. 3) В работе аналитические решения представлены в виде бесконечных рядов, содержащих ещё и специальные функции. В автореферате не указано об исследовании сходимости этих решений, а также выборе конечного значения количества членов рядов с его обоснованием при получении численных значений. 4) При нагреве материала изменяются ли физико-механические свойства? В автореферате не указано, в каком диапазоне температур можно использовать линейную теорию термоэлектроупругости. 5) В численных примерах, приведённых во 2-й ... 4-й главах, рассматривается тонкая пластина, для расчёта которой можно использовать прикладные теории для тонкостенных конструкций. В связи с этим, из текста автореферата не понятен с чем связан выбор представленной в работе методики расчёта?

Критических замечаний в отзывах на автореферат не представлено. Все отзывы положительные, отмечают актуальность темы диссертации, научную новизну и практическую значимость основных положений работы, соответствие диссертационной работы критериям Положения о присуждении учёных степеней, а её автор - Савинова Е.В. заслуживает присуждения

учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела.

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 24.2.489.02 (специальность 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработан** новый теоретический подход к решению проблемы расчёта круглой пьезокерамической пластины в трёхмерной постановке с учётом связанности термоэлектроупругих полей в случае действия нестационарной осесимметричной нагрузки в виде изменения температуры на её лицевых и цилиндрических поверхностях, позволяющий выявить качественно новые закономерности между характером температурного воздействия, процессом деформирования и величиной индуцируемого электрического импульса;

- **предложен** новый алгоритм решения связанных линейных осесимметричных начально-краевых задач термоэлектроупругости, позволяющий получить точные замкнутые решения для круглой пьезокерамической пластины с жёстким и шарнирным закреплением её цилиндрической поверхности;

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

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказаны** новые замкнутые решения связанных нестационарных осесимметричных задач термоэлектроупругости для одно- и многослойных круглых пластин при различных граничных условиях, вносящие вклад в расширение представлений о связанности физических полей;

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

- **изложены** алгоритмы общих решений на основе метода разделения переменных, что обеспечивает возможность анализа связанности полей температуры, деформаций и потенциала электрического поля;

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

– **проведена модернизация** существующих математических моделей расчёта термоэлектроупругих полей в круглой пластине, позволяющих более точно описать напряжённо-деформированное состояние, температурное и электрическое поля.

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

– **разработан и внедрён** новый алгоритм расчёта электроупругих систем на температурное воздействие в расчётную практику проектного отдела ООО «СМР – Проект» (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;

– **разработаны и применены** в расчётной практике два специализированных программных средства – для определения собственных значений в динамической осесимметричной задаче электроупругости и для вычисления компонент ядра биортогонального преобразования по аксиальной координате, обеспечивающие воспроизводимую реализацию предложенных алгоритмов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **теория** основана на известных базовых термодинамических постулатах термоэлектроупругости 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 термоэлектроупругости;

– **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 автоматизированного математического расчёта и анализе полученных численных результатов; 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 критических замечаний высказано не было. Соискатель Савинова Е.В. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

На заседании 3 октября 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Савиновой Елене Владимировне учёную степень кандидата технических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела (технические науки) за решение научной задачи построения и аналитического исследования новых замкнутых решений связанных нестационарных осесимметричных задач термоэлектроупругости для круглых сплошных пластин, имеющей значение для развития механики деформируемого твёрдого тела.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела, участвующих в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введено на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» присуждение учёной степени – 17 человек; «против» – 0 человек.

Председатель диссертационного
совета 99.2.039.02



Клебанов Яков Мордухович

Секретарь диссертационного
совета 99.2.039.02

Луц Альфия Расимовна

3 октября 2025 г.