

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» (ЮФУ)

доктор химических наук, с. н. с.

Метелица А.В.

2025 г.

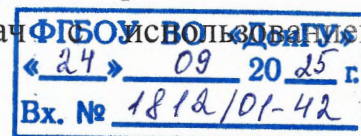


ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Южный федеральный университет»
на диссертационную работу Сероштанова Александра Владимировича
«Решение краевых задач электромагнитоупругости для однородных
многосвязных тонких плит», представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук по специальности
1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела

Актуальность темы диссертационного исследования.

Актуальность темы диссертационной работы Сероштанова А.В. обусловлена необходимостью решения важных научных и практических задач, связанных с исследованием электромагнитоупругого состояния (ЭМУС) тонких плит с отверстиями и трещинами. Подобные исследования ЭМУС полезны при проектировании и эксплуатации некоторых устройств с элементами из пьезоактивных материалов. Однако ранее исследования ЭМУС многосвязных тонких плит в должной мере не были проведены. В последние годы для решения аналогичных задач механики твёрдого тела были введены комплексные потенциалы теории изгиба тонких плит, использование которых даёт возможность получать достаточно надёжные результаты по исследованию ЭМУС тонких плит с произвольными отверстиями и трещинами. Но для использования комплексных потенциалов при решении задач электромагнитоупругости требуются найти общие представления этих функций, разработать методы определения содержащихся в них неизвестных коэффициентов рядов, составить программы численной реализации решений различных задач и проводить вычислительные эксперименты по анализу ЭМУС плит из различных пьезоматериалов и с различными сочетаниями и расположениями отверстий и трещин. В связи с этим тема диссертационной работы Сероштанова А.В., посвященная разработке методов и решению задач



комплексных потенциалов по определению ЭМУС конечных и бесконечных многосвязных пьезоплит, полуплоскости и полосы с произвольными отверстиями, трещинами и выемками, является весьма актуальной.

Связь работы с планами соответствующих отраслей науки.

Как указано в текстах диссертационной работы и автореферата, представленные в ней исследования осуществлялись в рамках финансируемых проектов – проекта «Методы исследования линейных и нелинейных моделей статического и динамического деформирования анизотропных функционально-градиентных упругих тел» (№ госрегистрации 0120D000014, 2020–2022 гг.), выполнявшегося по заказу Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики и проекта «Численно-аналитические методы исследования волнового деформирования, ползучести, концентрации напряжений и сопряженных полей в новых классах анизотропных композитных и функционально-градиентных сред» (№ госрегистрации 124012400354-0, 2023–2025 гг.), выполняемого по государственному заданию Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Тематика и содержание диссертационного исследования также отвечают «Приоритетным направлениям фундаментальных и поисковых научных исследований» (позиции 1.1.2.5. Численные методы решения задач математического моделирования и 2.3.1.3. Механика деформирования и разрушения материалов, сред, изделий, конструкций, сооружений и триботехнических систем при механических нагрузках, воздействии физических полей и химически активных сред).

Научная новизна полученных результатов.

В рамках реализации целей и задач диссертационного исследования в нем получены следующие новые научные результаты:

1. В ходе работы исследованы и установлены общие представления комплексных потенциалов теории изгиба тонких электромагнитоупругих плит. Эти функции представлены в виде различных рядов с неизвестными коэффициентами. Для односвязных плит получены точные решения задач, которые имеют существенное значение при решениях задач для многосвязных плит.

2. Получены решения задач для многосвязных пьезоплит (как конечных, так и бесконечных) с их сведением к переопределённым системам линейных алгебраических уравнений, которые решаются с помощью метода сингулярного разложения.

3. С применением метода интегралов типа Коши получены общие представления комплексных потенциалов для электромагнитоупругой полуплоскости, которые точно удовлетворяют граничным условиям на прямолинейной границе. Затем нахождение комплексных потенциалов задачи из граничных условий на контурах отверстий и трещин обобщенным методом наименьших квадратов сведено к решению переопределенной системы линейных алгебраических уравнений.

4. Разработан метод решения задач для полуплоскости и полосы, при котором граничные условия на всех границах удовлетворяются обобщенным методом наименьших квадратов, что позволяет решать задачи не только для внутренних отверстий и трещин, но и в случаях, когда эти дефекты пересекают прямолинейные границы.

5. Решения задач в работе алгоритмизированы и реализованы программно на языке C++.

6. Проведены многочисленные исследования, с помощью которых выявлены новые механические закономерности, показывающие, как физико-механические свойства материалов плит, их геометрические характеристики и способы внешнего воздействия влияют на основные характеристики ЭМУС различных плит.

Обоснованность и достоверность сформулированных в диссертации научных положений и выводов.

Положения, выносимые на защиту, обоснованы применением апробированных методов механики деформируемого твердого тела, электроупругости, магнитоупругости и электромагнитоупругости.

Достоверность результатов подтверждается корректным использованием основных положений и уравнений механики деформируемого твёрдого тела; строгой постановкой задач и применением соответствующих апробированных математических и численных методов; высокой точностью удовлетворения граничных условий краевых задач, что проверялось в точках границ многосвязных плит; непротиворечивостью полученных результатов известным представлениям о рассматриваемых физических явлениях; согласованием полученных результатов с известными из литературы для частных задач теории упругости и электроупругости.

Значимость результатов для науки и практики.

Научная значимость результатов работы заключается в расширении спектра исследованных актуальных задач в области механико-математического

моделирования тонких пьезоплит, проблем изучения их напряженно-деформированного состояния, для решения которых были разработаны и успешно применены эффективные численно-аналитические методы.

С практической точки зрения значимость полученных в диссертации результатов состоит в возможности использования разработанных методов решения задач и программных средств для их численной реализации при расчетах, связанных с проектированием и определением рабочих параметров элементов устройств в виде тонких плит из пьезоматериалов с отверстиями и трещинами. Кроме того, полученные численные результаты позволяют оценивать влияние на электромагнитоупругое состояние плит таких факторов, как физико-механические свойства материалов, количество, сочетание и расположение отверстий и трещин относительно друг друга и внешних границ. Это дает возможность более точно прогнозировать поведение конструкций из тонких пьезопластин при различных условиях эксплуатации и оптимизировать их параметры для достижения требуемых характеристик.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в проводимых теоретических и прикладных научных исследованиях по проблемам определения напряженно-деформированного состояния анизотропных, электроупругих и электромагнитоупругих тонких пластин в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Южном федеральном университете, Южном научном центре РАН, Сибирском федеральном университете, Пермском национальном исследовательском политехническом университете, Кубанском государственном университете, Самарском государственном техническом университете имени Гагарина Ю.А., в других научных учреждениях, занимающихся исследованиями по определению ЭМУС тел из пьезоматериалов, а также в Донецком государственном университете.

Результаты и выводы работы также создают базу для перспективных научных исследований в области разработки численно-аналитических методов исследования напряженно-деформированного состояния анизотропных упругих и электромагнитоупругих тел с отверстиями и трещинами, о чем сообщается в работе.

Оценка содержания диссертации и её завершенности.

Работа в целом имеет принятую для диссертационных работ структуру, состоит из введения, четырех основных разделов, заключения, списка использованных источников из 212 наименований и двух приложений.

Во введении представлено обоснование актуальности темы диссертационной работы, сформулированы цели, задачи, предмет, объект и охарактеризованы методы проведения исследований, новизна полученных результатов, вынесенные на защиту положения, теоретическая и практическая значимость результатов исследования.

В первом разделе диссертации представлен аналитический обзор литературы по теме исследования, описаны развитие представлений и моделей магнитоэлектрического эффекта, разработка моделей электроупругости, магнитоупругости и электромагнитоупругости, разработка методов решения различных задач, связанных с электромагнитоупругим состоянием тел, описаны известные решения задач. Во втором разделе описаны гипотезы теории изгиба тонких электромагнитоупругих плит, дана постановка краевых задач, введены комплексные потенциалы, даны применения этих функций для получения точных аналитических решений задач для эллиптической плиты и для плиты с эллиптическим отверстием или прямолинейным разрезом-трещиной с анализом результатов исследований влияния геометрических и физико-механических свойств плиты на основные характеристики ЭМУС плит. В третьем разделе диссертации представлены решения задач об изгибе конечных и бесконечных многосвязных пьезоплит с использованием конформных отображений, разложений голоморфных функций в ряды Лорана и по полиномам Фабера, обобщённого метода наименьших квадратов для удовлетворения граничным условиям краевых задач. Дано решение ряда задач с описанием результатов численных исследований и установлением закономерностей влияния геометрических и физико-механических характеристик плит на значения изгибающих моментов, моментов индукций и коэффициентов интенсивности моментов для концов трещин. В четвертом разделе дано решения задач об изгибе электромагнитоупругих многосвязных полуплоскости и полосы. При этом граничные условия на прямолинейных границах в соответствующих задачах удовлетворялись либо точно, с использованием метода интегралов типа Коши, либо приближенно обобщенным методом наименьших квадратов.

Общая совокупная оценка структуры, содержания и ведущих научных результатов диссертационной работы позволяют сделать вывод о полноте реализации поставленных целей и сформулированных задач исследования, что свидетельствует о ее логической завершенности.

Соответствие паспорту научной специальности.

Диссертационное исследование выполнено в области физико-математических наук и соответствует основным направлениям паспорта научной специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твёрдого тела», представленным

следующими пунктами: 3. Задачи теории упругости, теории пластичности, теории вязкоупругости. 4. Механика композиционных материалов и конструкций, механика интеллектуальных материалов. 11. Математическое моделирование поведения дискретных и континуальных деформируемых сред при механических, тепловых, электромагнитных, химических, гравитационных, радиационных и прочих воздействиях. 12. Вычислительная механика деформируемого твёрдого тела.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации.

Автореферат правильно и в полном объеме отражает основные положения и результаты диссертационной работы.

Апробация работы и публикация основных результатов диссертации в научной печати.

Результаты диссертационной работы были представлены на различных научных конференциях и на семинарах по механике сплошных сред в Донецком государственном университете. Основные результаты опубликованы в 21 работе, в том числе в 11 статьях в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 5 из которых также включены в список рецензируемых изданий Scopus, и 10 публикаций в прочих изданиях. Опубликованные работы по теме диссертации в достаточной степени отражают её содержание и основные полученные автором результаты.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации.

Таким образом, в диссертационной работе Сероштанова А.В. получен ряд отмеченных выше важных и значимых научных результатов. Однако имеются и следующие замечания.

1. В обзоре литературы по теме диссертационной работы представлено довольно большое количество публикаций, но не описаны возможности современных конечно-элементных программных комплексов в решении задач механики со связанностью электромеханических или электромагнитомеханических полей.

2. В работе при описании результатов численных исследований отсутствуют их сравнения с результатами других авторов, что было бы полезным.

3. В работе в основном рассмотрены случаи гладких воздействий на контурах плиты. Было бы интересно рассмотреть случаи более сложных нагружений контуров, например типа сосредоточенных воздействий.

4. Для разгрузки зон высокой концентрации часто используют подкрепления отверстий инородными включениями. В связи с этим было бы интересно обсудить, возможно ли решение таких задач предложенными в работе методами.

5. Для редукции задач электромагнитоупругости к более частным задачам с меньшей связанностью полей вводятся «пьезопараметры модельного материала» и отмечается, что в случае их нулевых значений при вычислениях возникают трудности. Однако при этом не обсуждается, почему эти трудности возникают, и можно ли для этих частных задач соответствующим образом изменить разработанный программный инструментарий.

6. В автореферате основное внимание уделяется решениям отдельных задач, но отсутствует общая часть с описанием рассматриваемых краевых задач. По-видимому, это связано с ограниченностью объема автореферата, но возможно стоило бы сократить представление отдельных результатов и найти возможность включить описание постановок рассматриваемых задач электромагнитоупругости тонких плит. Впрочем, данные вопросы отражены в диссертации в полной мере.

Однако данные замечания по диссертационной работе не влияют на общую положительную характеристику, не снижают ее научную и практическую значимость и не затрагивают оценку достоверности основных выводов и рекомендаций.

Личный вклад автора.

Все основные результаты представленных в диссертационной работе теоретических и численных исследований, включая нахождение общих представлений комплексных потенциалов для рассматриваемых задач, получение обобщенным методом наименьших квадратов переопределенных систем линейных алгебраических уравнений по определению неизвестных коэффициентов рядов искомых функций, проведение подробных численных исследований с установлением закономерностей изменения основных характеристик ЭМУС рассматриваемых пьезоплит принадлежат лично соискателю А.В. Сероштанову. В совместно проведенных исследованиях и опубликованных работах соавторам принадлежит участие в постановке задач, выборе метода исследования, рекомендации по разработке программных приложений для осуществления численных экспериментов и обсуждении получаемых результатов. Одна статья из списка работ по теме диссертации опубликована Сероштановым А.В. без соавторов.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным
Положением о присуждении ученых степеней.**

На основании анализа содержания диссертационной работы Сероштанова А.В. «Решение краевых задач электромагнитоупругости для однородных многосвязных тонких плит» и автореферата диссертации можно заключить, что она является выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне и имеющей важное фундаментальное и прикладное значение завершённой научно-квалификационной работой. Диссертационная работа полностью соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), в том числе пунктам 9-11, 13, 14, а ее автор Сероштанов Александр Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Отзыв подготовлен доктором физ.-мат. наук, заведующим кафедры математического моделирования Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета, профессором Наседкиным Андреем Викторовичем.

Диссертация и автореферат обсуждены и отзыв одобрен на заседании кафедры «Математическое моделирование» ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», протокол № 1 от «26» августа 2025 года.

Заведующий кафедрой «Математическое моделирование»
федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования
«Южный федеральный университет»,
доктор физико-математических наук, профессор



Наседкин Андрей Викторович

Адрес: 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42

E-mail: info@sfedu.ru; avnasedkin@sfedu.ru. Тел.: (863) 305-19-90



Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Личную подпись: Наседкина А.В.

ЗАВЕРЕНО:

Главный специалист по управлению персоналом

М.И. Тюдишвили М.И.
«29» августа 2025 г.