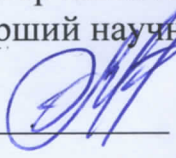


## УТВЕРЖДАЮ

И. о. проректора  
по научной и исследовательской  
деятельности  
федерального государственного  
автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Южный федеральный университет»  
доктор химических наук,  
старший научный сотрудник



А. В. Метелица

«16» сентября 2019 г.

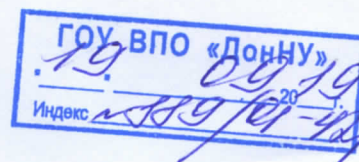


## ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» о диссертации Глушанкова Евгения Сергеевича на тему: «Решение задачи определения термоэлектромагнитоупругого состояния многосвязной пластинки, возникающего от действия линейного потока тепла», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

### Актуальность диссертационного исследования

Для современных технических устройств представляет интерес использование пластинок из пьезоэлектрических и магнитоэлектрических материалов, содержащие концентраторы напряжений типа отверстий, включений или трещин. Такие пластины в процессе эксплуатации могут подвергаться интенсивным температурным воздействиям, в результате чего вблизи отверстий, трещин и включений могут возникать высокие концентрации температурных напряжений, что необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации подобных технических устройств. В связи с этим, актуальным является наличие для многосвязных пластин из пьезоматериалов надежных методов определения термоэлектромагнитоупругого состояния (по терминологии, принятой в диссертации – ТЭМУС). Несмотря на то, что для решения таких задач можно использовать прямые численные методы, например, метод конечных элементов, также необходимы и аналитические методы, особенно в тех случаях, когда с их помощью можно получить точные решения задач. Кроме того, можно отметить, что в современных стандартных



конечно-элементных пакетах, пока отсутствуют возможности решения задач термоэлектромагнитоупругости. В связи с этим тема диссертационной работы Глушанкова Е.С., посвященной решению задачи термоэлектромагнитоупругости при действии линейного потока тепла, является актуальной и представляет интерес для теоретиков и конструкторов при решении соответствующих задач инженерной практики.

### **Основные научные результаты и их значимость для науки и производства**

В первом разделе диссертационной работы Глушанкова Е.С. описано становление и развитие термоупругости, термоэлектроупругости, термомагнитоупругости, термоэлектромагнитоупругости, методов решения задач. Описанием охвачено около 200 работ отечественных и зарубежных авторов, представлено многообразие моделей построения теории и методов решения конкретных задач с их приложениями. На основе обзора литературы отмечено отсутствие работ по определению ТЭМУС в многосвязных пластинах, выполненных из пьезоэлектрических и магнитоэлектрических материалов, для случая воздействия линейного потока тепла. Исходя из представленного обзора, сделан вывод об актуальности разработки аналитических методов исследования возникающего от действия линейного потока тепла ТЭМУС в многосвязных пьезоэлектрических и магнитоэлектрических пластинах.

Во втором разделе работы даны основные соотношения теории термоэлектромагнитоупругости, используемые при решении задач при действии линейного потока тепла; постановки краевых задач; введены комплексные потенциалы, получены общие выражения основных характеристик ТЭМУС; найдены точные аналитические решения для случаев конечных и бесконечных односвязных областей; приведены результаты численных исследований, в результате которых выявлен ряд закономерностей влияния на ТЭМУС теплофизических свойств материала пластины, геометрических характеристик пластины и характеристик включений.

В третьем разделе работы дано решение задачи для бесконечной многосвязной пластины с отверстиями и трещинами произвольной конфигурации и взаиморасположения. С помощью метода конформных отображений и разложений голоморфных функций в ряды Лорана для комплексных потенциалов получены общие представления, содержащие ряды с неизвестными коэффициентами. Обобщенным методом наименьших квадратов определение этих коэффициентов сведено к переопределенным системам линейных алгебраических уравнений, которые решаются методом сингулярного разложения матрицы. Для большого количества задач описаны результаты численных исследований и установлены закономерности влияния на ТЭМУС пластины геометрических характеристик отверстий и трещин, их

количества и взаиморасположения, теплофизических параметров материала пластины, а также граничных условий.

В четвертом разделе получено решение задачи для кусочно-однородной пластины с произвольными включениями из других пьезоматериалов. С использованием методов конформных отображений и разложений голоморфных функций в ряды Лорана и по полиномам Фабера получены общие представления комплексных потенциалов для пластины и включений, которые содержат ряды с неизвестными коэффициентами, определяемыми, как и в предыдущем разделе, с использованием обобщенного метода наименьших квадратов и метода сингулярного разложения. Описаны численные исследования для некоторых задач, установлены закономерности влияния геометрических характеристик включений и теплофизических свойств их материалов на ТЭМУС пластины.

В заключении сформулированы основные научные результаты по итогам проведенных в работе теоретических и численных исследований.

Основные результаты работы состоят в следующем:

- введены комплексные потенциалы задачи термоэлектромагнитоупругости, учитывающие действие линейного потока тепла, через них получены выражения основных характеристик ТЭМУС, и получены граничные условия для определения комплексных потенциалов;
- определены общие представления комплексных потенциалов с помощью методов конформных отображений, разложений голоморфных функций в ряды Лорана и по полиномам Фабера с неизвестными коэффициентами, определение которых обобщенным методом наименьших квадратов сведено к решению двух переопределенных систем линейных алгебраических уравнений;
- решено большое количество задач термоэлектромагнитоупругости о действии линейного потока тепла на однородную и кусочно-однородную многосвязную пластину, которые могут представлять интерес для практических применений;
- установлен ряд новых закономерностей влияния на значения основных характеристик ТЭМУС, плотности внутренней энергии и коэффициентов интенсивности напряжений, индукций и напряженностей таких факторов, как геометрические характеристики отверстий, трещин и включений, их количество, сочетания, взаиморасположение, а также теплофизические свойства материалов пластин и включений.

### **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность и достоверность научных положений диссертации, основных результатов и выводов работы обеспечивается корректностью постановок задач и строгостью используемых математических методов; высокой степенью точности удовлетворения граничных условий, проверяемых в различных точках границы; совпадением для частных задач результатов,

получаемых по приближенным решениям и по точным аналитическим решениям.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Целесообразно продолжить работу в направлении решения актуальных проблем определения состояния пластин из пьезоэлектрических и магнитоэлектрических материалов под действием температурных полей, механических и электрических воздействий, изменяющихся во времени, в том числе, переменного потока тепла в пластинах с отверстиями и включениями. Это позволит решать многие важные задачи инженерной практики.

### **Общие замечания**

В качестве замечаний можно отметить следующее.

1. Из текста работы можно заключить, что автор не рассматривает задачи со смешанными граничными условиями. Это ограничивает возможности практического применения разработанных методов, поскольку в реальности пластинчатые элементы устройств обычно имеют закрепления только по части внешнего контура. Кроме того, для практического использования пьезоэлектрических и/или магнитоэлектрических эффектов необходимо наличие электродированных поверхностей и/или магнитного поля и т.п.

2. Формулировка внешнего температурного воздействия только в виде линейного потока тепла также ограничивает возможности использования результатов работы, поскольку температурные воздействия могут на практике быть более общими.

3. Основные задачи в работе рассмотрены для бесконечной пластины. Между тем, в реальности эти пластины имеют конечные размеры, и в них могут возникать особенности напряженно-деформированного и электромагнитного состояния на внешних контурах, особенно, в местах смены типа граничных условий и негладких границ.

4. Ряд расчетов выполнен для гипотетических композитных материалов (см., например, данные в табл. на стр. 61), для которых одни константы взяты для одних материалов, а другие константы взяты для других материалов. Однако, в композитных магнитоэлектрических материалах логично было использовать общие эффективные модули.

5. Было бы интересно сравнить полученные результаты расчетов с данными конечно-элементных расчетов, которые можно получить в известных вычислительных пакетах для более частных случаев рассматриваемых задач.

6. В приложении А более 100 страниц содержат таблицы и графики, полученные из результатов расчетов. Такой объем материала представляется избыточным. Может быть, следовало бы ограничиться представлением наиболее существенных результатов. В то же время отсутствуют цветовые

картинки или изолинии распределений полей в пластинах и близи отверстий, включений и трещин, которые были бы более наглядными.

### Заключение

Следует отметить, что указанные замечания в основном имеют характер пожеланий для дальнейшей работы. В целом, диссертация Глушанкова Е.С. «Решение задачи определения термоэлектромагнитоупругого состояния многосвязной пластинки, возникающего от действия линейного потока тепла» представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют теоретическую и практическую значимость для задач определения термоэлектромагнитоупругого состояния элементов конструкций из пьезоматериалов при температурных воздействиях. Работа хорошо оформлена и написана на высоком научном уровне. Выводы достаточно обоснованы. Автореферат правильно и полно отражает основное содержание диссертации.

Работа отвечает требованиям п. 2.1 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры математического моделирования Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», 12 сентября 2019 г., протокол № 2.

Доктор физико-математических наук  
(специальность 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела),  
профессор,  
заведующий кафедрой математического моделирования  
Федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Южный федеральный университет»

Наседкин Андрей Викторович

344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42  
Тел.: +7 863 2975 282  
E-mail: avnasedkin@sfedu.ru

Я, Наседкин Андрей Викторович, согласен на автоматизированную обработку персональных данных



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

Личную подпись Наседкина А.В.

ЗАВЕРЯЮ:

Специалист по работе с персоналом  
категории 13 Сидорова  
«13» сентября 2019г. М.П.