



Минобрнауки России  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский  
университет «МЭИ»  
111250, Россия, Москва,  
Красноказарменная ул., 14,  
Тел.: (495) 362-75-60, факс: (495) 362-89-38  
E-mail: universe@mpei.ac.ru  
http://www.mpei.ru

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

Национального исследовательского университета  
«Московский энергетический институт»

д.т.н. профессор

В.К. Драгунов

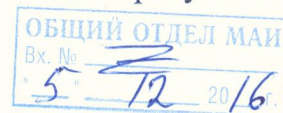
21.11



### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию **Вестяка Владимира Анатольевича**  
«ДВУМЕРНЫЕ НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ВОЛНЫ В ЭЛЕКТРОМАГНИТОУПРУГИХ  
ТЕЛАХ С ПЛОСКИМИ ИЛИ СФЕРИЧЕСКИМИ ГРАНИЦАМИ», представленную  
на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по  
специальности 01.02.04 – "Механика деформируемого твердого тела"

**1. Актуальность диссертационной работы.** В современной технике широкое распространение получили различные электропроводящие материалы. Одним из факторов, влияющим на стабильную работу сложных технических систем является взаимодействие полей различной природы внутри электропроводящего материала. Это может повлиять на прохождение импульсов и сигналов внутри проводника, а следовательно, на стабильную работу приборов и систем. В связи с этим задачи о взаимодействии полей различной природы, таких как электрические, магнитные и механические приобретают особую актуальность. В настоящее время большинство решений подобных задачи получены численно. Поэтому существует необходимость построения аналитических решений, которые кроме самостоятельного значения могут быть использованы для оценки точности имеющихся численных результатов.





**2. Оценка структуры и содержания диссертации.** Диссертация содержит введение, пять глав, заключение, приложение, библиографический список, включающий 240 наименований, имеет 343 страницы основного текста, 80 рисунков.

В первой главе дан подробный аналитический обзор по тематике диссертационного исследования. Проводится вывод связанной замкнутой системы линейных уравнений однородной термоэлектромагнитоупругости. Из неё выводится система уравнений для изотропных проводников в изотермической постановке. Рассмотрены основные типы дополнительных условий для упругих электропроводных тел, а так же приведены уравнения связанного плоского движения изотропной электромагнитоупругой среды в прямоугольной системе координат и осесимметричного движения в сферической системе.

Во второй главе рассматриваются нестационарные волны в электромагнитоупругой полуплоскости в двумерной постановке. На основании разложения в степенные ряды по малому параметру, связывающему электрическое и механическое поля, строится рекуррентная система краевых задач в пространстве преобразований по Фурье и Лапласу. Начальным условием для нее является решение чисто упругой задачи. Подробно исследуются ядра интегральных представлений решений этой системы отдельно для механической и для электромагнитной частей модели, которая построена в квазистатическом приближении. На основании построенных функций влияния разработаны и реализованы алгоритмы решения задачи о нестационарном движении упругой полуплоскости под действием объемных сил и общих связанные задачи о распространении нестационарных кинематических и электрических поверхностных возмущений в электромагнитоупругой полуплоскости.

В третьей главе в рамках рассмотренной в главе 1 постановки связанной задачи в сферической системе координат изучаются нестационарные волны в электромагнитоупругой толстостенной сфере. Аналогично главе 2 полученные системы приводятся к рекуррентным системам с помощью разложения в степенные ряды, начальным условием для которой так же является чисто упругая задача. Их



решения представляется в виде свёрток, с ядрами в виде функций Грина соответствующих краевых задач. Для электромагнитной части задачи функция влияния найдена точно в квазистатическом приближении. Решены задачи о нестационарном движении упругой толстостенной сферы под действием объемных сил и о распространении связанных осесимметричных и радиальных нестационарных поверхностных возмущений в электромагнитоупругой толстостенной сфере.

В четвёртой и пятой главе изучаются геометрически частные случаи задачи главы 3 – нестационарные волны в электромагнитоупругом пространстве со сферической полостью и в электромагнитоупругом шаре. Подход к решению задачи о распространении нестационарных волн аналогичен и сводится к построению рекуррентной системы краевых задач. Аналогично находятся и ядра интегральных представлений решений. Отличие заключается в изучении их поведения на бесконечности и в окрестности центра шара.

**3. Научная новизна диссертации** состоит в постановке и построении решений класса новых двумерных связанных нестационарных задач электромагнитоупругости проводящих тел с плоскими или сферическими границами, находящихся под действием поверхностных и объёмных нагрузок. Впервые предложен и реализован метод решения этих задач основанный на использовании разложения в ряды по малому параметру, связывающему механические и электрические характеристики задачи. В сферической системе координат доказаны новые утверждения об обобщённой симметрии функций Грина, что позволило решить целый комплекс проблем электромагнитоупругости для толстостенной сферы, шара и пространства со сферической полостью. Впервые решены задачи об упругом деформировании для тел указанной геометрии под действием объёмных сил.

**4. Достоверность и обоснованность результатов диссертации.** Все теоретические выкладки производятся с использованием известных математических аппаратов линейной теории упругости и электродинамики, а также доказанных утверждений теории обобщённых функций и теории функций комплексного переменного. Кроме того, проведено сравнение найденных точных решений с численными в одномерном случае для сферической системы координат. Также на

протяжении всего исследования систематически использовались предельные переходы от общих случаев к частным и независимо полученные результаты сравнивались между собой.

**5. Рекомендации по использованию диссертационной работы.** Полученные решения могут быть использованы при разработке электронных приборов и устройств, использующих в своей работе электропроводящие элементы и покрытия. Разработанная методика позволяет уточнить приближённые решения ряда прикладных задач, имеющих на сегодняшний день. Кроме того результаты диссертационной работы могут быть использованы для получения точных решений в прикладных задачах сейсмологии, дефектоскопии и т.п.

### **6. Замечания по диссертации.**

1. Некоторые из рассмотренных в диссертации примеров выбраны не удачно. Так во второй главе, раздел 2.4, рассматриваются поля перемещений  $u = zxe^{-z}\tau$ ,  $w = 0$  и  $u = 0$ ,  $w = zxe^{-z}\tau$  которым соответствуют бесконечно большие значения перемещений и напряжений при  $x \rightarrow \infty$ .

Там же, в разделе 2.9, рассмотрена полуплоскость, с граничными условиями  $u_{(z=0)} = 0$ ;  $w_{(z=0)} = H(\tau)$ , где  $H(\tau)$ - функция Хэвисайда. В результате в решении функции перемещений имеют разрывы, что недопустимо для модели сплошной среды.

2. Похожие граничные условия рассмотрены и в третьей главе, при рассмотрении толстостенной сферы. Для граничного условия  $U_0(\tau) = H(\tau)$  также получены поля перемещений имеющие разрывы. Хотя следующий рассмотренный пример, для границы сферы движущейся с постоянной скоростью, таких разрывов уже не содержит.

3. В четвертой главе, раздел 4.8, рассмотрены те же граничные условия  $U_0(\tau) = H(\tau)$  для пространства со сферической полостью радиуса  $r_0 = 1$ . Однако функции перемещений не имеют разрывов и их зависимости от времени



имеют качественные различия для  $r = 1.5$  и  $r = 2$ . В первом случае зависимость  $u(r)$  проходит через начало координат, во втором нет. Комментарии по этому поводу в диссертации отсутствуют.

4. В общей постановке задачи не оговаривается - какие виды материалов по магнитным свойствам рассматривается: диамагнитные, парамагнитные, ферромагнитные. Только в одном из рассматриваемых примеров главы 2 указан пример расчета полей перемещений и напряженности электрического поля в алюминиевой полуплоскости. О других материалах ничего не сказано, расчетные параметры приведены в безразмерном виде.

5. В тексте имеются опечатки, на которые автору указано.

## **7. Заключение по работе**

Диссертационная работа Вестяка В.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области механики деформируемого твердого тела.

Выносимые на защиту результаты диссертации опубликованы в пятидесяти четырёх печатных работах, в том числе в тринадцати статьях в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, доложены на 23-х международных конференциях и симпозиумах. Автореферат достаточно полно и правильно отражает содержание диссертации.

Диссертация отвечает требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Вестяк В.А., заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – "Механика деформируемого твердого тела".

Работа рассмотрена на заседании кафедры Робототехники, мехатроники, динамики и прочности машин, протокол № 2 от 24 октября 2016 г.

