

ОТЗЫВ

официального оппонента А.Н. Любичевой на диссертацию С.А. Давыдова «Анализ напряжённо-деформированного состояния упругих сред с учётом тепломассопереноса», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твёрдого тела».

Актуальность темы диссертационного исследования.

Диссертация Сергея Андреевича Давыдова посвящена анализу нестационарных связанных термодиффузионных процессов в упругих сплошных средах. Для решения поставленных задач предложена математическая модель – обобщение классической модели теории упругости, в которой учтена связь поля перемещений с полями концентрации веществ и температуры, а также приняты во внимание релаксационные и перекрёстно-диффузионные эффекты. Такого рода обобщения представляют фундаментальный интерес, а также играют важную роль при комплексном изучении технологических процессов, протекающих в условиях нестационарного механического воздействия и колебаний температуры.

Математическая модель успешно применяется для описания деформирования изделий, которое сопровождается переносом массы и тепла, что составляет актуальность представленной работы. Интерес международных научных центров к проблеме тепломассопереноса при деформировании отражается в обширном списке публикаций в ведущих международных изданиях. В литературе подчеркивается разнообразие процессов для применения термодиффузионных моделей деформируемых тел, поэтому актуальным является развитие математического аппарата, позволяющего получать решения подобных задач.

Степень обоснованности и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации.

Достоверность полученных результатов основывается на корректности рассуждений при получении математических моделей и строгости математических выводов. В работе использовались известные подходы к построению модели на основе уравнений движения сплошной среды, законов термодинамики, а также обобщённых уравнений Фика и Фурье. При построении аналитических решений были применены методы, основанные на использовании преобразования Лапласа и разложения в ряды Фурье, корректность которых обоснована методами математической физики. Следует особо отметить выполненные диссертантом предельные переходы от полученных решений

Любичева

Отдел документационного
обеспечения МАИ

18.11.2022 1

нестационарных задач термоупругой диффузии к решениям соответствующих статических задач, которые обосновывают корректность результатов.

Новизна результатов диссертации.

Научная новизна работы заключается в развитии математического аппарата для решения класса связанных нестационарных термоупругих задач с учетом диффузии. При этом решение получено в аналитическом виде, с использованием комбинации апробированных методов. Модель построена с целью исследования релаксационных термодиффузионных эффектов, а также взаимного влияния диффузии нескольких компонент упругой среды на поля температуры и перемещений. По результатам моделирования проведен анализ влияния термодиффузии на деформированное состояние слоя и полупространства.

Практическая значимость.

Разработанные в диссертации математические модели и методики решения нестационарных задач термоупругой диффузии могут быть использованы для расчета и анализа состояния изделий, находящихся в условиях нестационарных внешних термомеханодиффузионных воздействий, например, в процессе ионной обработки поверхностей, диффузионной пайки и других. В перспективе на основании расчетов по предложенной модели можно провести оптимизацию технологического воздействия для получения заданных параметров материала. Перечисленные обстоятельства составляют практическую ценность работы.

Структура и общая характеристика диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, трёх приложений и списка цитируемой литературы. Список насчитывает 187 источников, из них 97 – в международных научных изданиях, и охватывает широкий временной диапазон от пионерских работ научной области до работ текущего года российских и зарубежных авторов. Полученные результаты и их анализ проиллюстрированы 27-ю рисунками.

Язык изложения материала в диссертации грамотный, понятный. Изложение логически стройно, последовательно.

В первой главе приведен подробный анализ достижений по теме диссертации, составленный по открытым литературным источникам. Затем предложена общая математическая модель нестационарной термоупругой диффузии для многокомпонентных анизотропных сред в произвольной криволинейной системе координат. Далее, автор переходит к постановке одномерной задачи в декартовой системе координат как основной теме исследования, а также приводит классификацию задач по типам граничных

условий. В этой же главе изложен метод решения, основанный на использовании функций Грина. Показано, что математическая модель не противоречит исследованиям, проведенным ранее другими авторами.

Во второй главе предложены алгоритмы решения сформулированных задач и нахождению функций Грина. Как указывает диссертант, выделенный класс начально-краевых задач допускает построение решений в виде рядов Фурье по координате совместно с применением интегрального преобразования Лапласа по времени в случае слоя. Действительно, данный подход позволяет свести начально-краевую задачу к системе линейных алгебраических уравнений относительно изображений коэффициентов разложения. В таком случае изображения коэффициентов разложения функций Грина являются рациональными функциями параметра преобразования Лапласа, а их оригиналы находятся с помощью вычетов. Также в конце главы предлагается обобщение метода на случай полупространства с заменой рядов Фурье на преобразование Фурье по координате. Как результат, диссертантом получены функции Грина в виде рядов Фурье для различных видов поверхностных и объемных возмущений, дальнейший анализ которых проводится в третьей главе.

Предложенный в диссертационной работе подход позволяет получить решение аналитически, что редко можно встретить в работах, посвящённых нестационарным задачам, а особенно – в области связанных полей.

Третья глава посвящена разностороннему анализу решений, полученных во второй главе. Рассматривается влияние связанности полей перемещений, температур и изменения концентраций веществ, а также учёт конечной скорости распространения тепловых и диффузионных возмущений. Показано существенное влияние учёта перекрёстных диффузионных эффектов. Все рассуждения подкреплены расчётными примерами. В свою очередь выделенные вычислительные особенности полученных решений могут позволить в будущем оптимизировать программные пакеты, предназначенные для расчёта такого рода связанных задач. В последнем разделе главы построено решение стационарной задачи термоупругой диффузии и приведён переход от нестационарного решения к стационарному.

В заключении приведены основные выводы работы.

Наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем.

Получено решение нестационарных задач термоупругой диффузии для многокомпонентных сред. Соискателем проведено исследование перекрёстных диффузионных эффектов, а также релаксационных эффектов при термомеханическом воздействии на материал. Выполнены предельные переходы от решений нестационарных задач термоупругой диффузии к решениям

соответствующих статических задач, которые обосновывают корректность результатов.

Замечания по диссертации.

1. Говорить о полученном аналитическом решении не совсем корректно, т.к. функции Грина выражаются не через координату, время и параметры среды, а через корни многочлена $s_j(\lambda_n)$, нахождение которых связано с использованием численных методов. В таком случае представляется затруднительным провести полноценный параметрический анализ решения.
2. Как можно интерпретировать распределение приращений концентрации на рисунке 3.19? Какова природа столь существенного различия приращения двух разных компонент (рисунки 3.18 и 3.19)?
3. В ряде случаев деформации и приращения принимают весьма малые значения. Так, например, на рисунке 3.25 указан порядок 10^{-19} . Есть ли этому какое-то пояснение?
4. В работе не выдержан единый стиль оформления графических решений, пропущены обозначения осей на рис. 3.19, 3.20.

Следует заметить, что указанные замечания не снижают научной ценности и качества представленной работы, диссертация заслуживает высокой оценки.

Соответствие автореферата диссертации.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Апробация работы и публикации.

Основные результаты диссертации опубликованы в 35-х работах, 10 из которых – в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК. Апробация работы прошла на всероссийских и международных конференциях, научных семинарах.

Диссертационная работа Давыдова С.А. является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение нестационарных задач, имеющих значение для развития теории термоупругости.

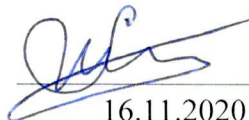
Заключение.

Считаю, что диссертация Давыдова С.А. выполнена на высоком научном уровне и соответствует всем критериям положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор Давыдов С.А. заслуживает присуждения ему ученой

степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Официальный оппонент

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник
лаборатории трибологии
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института проблем механики
имени А.Ю. Ишлинского РАН
(ИПМех РАН)



Любичева А.Н.

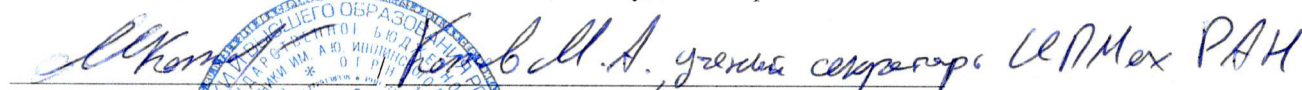
16.11.2020

119526, Москва, пр-т Вернадского, д. 101, корп. 1, ИПМех РАН

Телефон: +7 (916) 583-64-78, +7 (495) 434-36-92

E-mail: lyubicheva@mail.ru

Подпись Любичевой Анастасии Николаевны удостоверяю.



подпись, М.П.

Ф.И.О., должность

