

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Земскова Андрея Владимировича «Нестационарные механодиффузионные возмущения в многокомпонентных упругих средах с плоскими границами», представленную к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Тема диссертационного исследования Земскова А.В. связана с анализом нестационарных механодиффузионных процессов в твердых телах. По сути, предлагаемая в работе модель является расширением классических моделей упругости, которая учитывает необратимость физических процессов, обусловленную наличием диффузионных потоков. Конечным результатом моделирования является формулировка ряда начально-краевых задач, которые представляют собой замкнутую систему дифференциальных уравнений и краевых условий, гарантирующих единственность решения, а также разработка аналитических методов решения указанных задач.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы, насчитывающей 345 источников, из них 154 иностранных, что говорит о том, что рассматриваемая проблема является **актуальной** не только в России, но и за рубежом. Вводная часть содержит обзор проблемы и краткое содержание диссертации по главам.

Практическая ценность состоит в том, что разработанные в диссертации математические модели, методики и алгоритмы решений нестационарных задач механодиффузии могут быть использованы для расчета различных механических систем, работающих в условиях нестационарных многофакторных внешних воздействий.

Достоверность полученных результатов основывается на корректности математических моделей и строгости математических решений, а также на сравнении с помощью предельных переходов полученных решений задач механодиффузии с известными решениями задач теории упругости. Для одномерных задач также выполнялась проверка путем перехода к решениям соответствующих статических задач.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. №

11 10 20 18

одномерных задач также выполнялась проверка путем перехода к решениям соответствующих статических задач.

Научная новизна обосновывается сравнением полученных в работе результатов с результатами аналогичных исследований ведущих специалистов в области механодиффузии в России и за рубежом.

В первой главе приведен достаточно подробный обзор литературы по теме диссертации. Предложена общая математическая модель термоэлектромагнитоупругости с учетом диффузии для многокомпонентных анизотропных сред в произвольной криволинейной системе координат. Затем, как частные случаи, рассматриваются постановки одномерных, двумерных и трехмерных задач упругой диффузии в декартовой системе координат. Следует отметить приведенную здесь же классификацию задач по типам граничных условий, обоснование которой приводится во второй главе.

В дальнейших главах последовательно рассматриваются алгоритмы решения задач, сформулированных в первой главе.

Вторая глава посвящена анализу одномерных нестационарных упругодиффузионных процессов в слое, полупространстве и пространстве. Решение сформулированных задач ищется в интегральном виде, представляющем собой свертки функций Грина с функциями, задающими поверхностные и объемные возмущения. Рассмотренная здесь же задача Штурма-Лиувилля для одномерного упругодиффузионного оператора, позволяет выделить класс задач, допускающих построение решений в виде неполных тригонометрических рядов Фурье (синус-, косинус преобразований Фурье) совместно с интегральным преобразованием Лапласа по времени. Данный подход позволяет свести начально-краевую задачу к системе линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов указанных рядов в пространстве преобразования Лапласа. Так как трансформанты функций Грина в этом случае являются рациональными функциями параметра преобразования Лапласа, то их оригиналы находятся с помощью вычетов и таблиц операционного исчисления.

Полученные общие результаты дополнены рядом расчетных примеров для различных видов поверхностных и объемных возмущений, которые позволяют

сравнить полученные в работе решения с решениями классических задач теории упругости.

В третьей главе рассматриваются двумерные нестационарные упругодиффузионные процессы в ортотропных средах с плоскими границами: слой, полупространство и пространство. Предложенный в предыдущей главе алгоритм решения одномерных нестационарных задач механодиффузии обобщается на случай двумерных задач.

Исследование дополняется анализом границ применимости разработанного метода в зависимости от вида анизотропии среды. Также проводится строгое обоснование проблемы обращения преобразования Лапласа при вычислении оригиналов искомым функций.

Расчетные примеры в конце главы дают возможность сравнить полученные решения с решениями соответствующих одномерных задач.

В четвертой главе рассматривается общий подход к решению одномерных и двумерных задач упругой диффузии с произвольными граничными условиями. Основываясь на выводах, полученных при рассмотрении задачи Штурма-Лиувилля для упругодиффузионного оператора, исследуются краевые задачи, не допускающие построение решений с помощью разложения в неполные ряды Фурье. Предложен алгоритм, позволяющий выразить решение произвольной задачи через решения, полученные в главах 2 и 3, путем сведения исходной задачи к решению системы интегральных уравнений Вольтерра 1-го рода относительно правых частей граничных условий различных типов. Эта система решается численно.

Рассмотрен ряд примеров для одномерных и двумерных задач. Проверены предельные переходы к решениям известных задач теории упругости.

В пятой главе вначале рассматриваются переходы к стационарным режимам в одномерных задачах механодиффузии, что косвенно позволяет выполнить проверку предложенных в главе 2 алгоритмов. Далее предлагаются асимптотические подходы к решению многомерных задач механодиффузии. По мнению автора, в виду того, что сложность точных алгоритмов существенно возрастает с увеличением размерности задач, асимптотические методы могут оказаться полезными в том случае, когда поверхностные возмущения носят слабо

неравномерный характер. Тогда с помощью асимптотического разделения переменных можно свести многомерную начально-краевую задачу к рекуррентной последовательности одномерных задач, что продемонстрировано на примере решения двумерных и трехмерных задач. Выполнено сравнение с результатами, полученными в главе 3.

В заключении приведены основные выводы по работе.

По диссертации имеются следующие **замечания**:

1. Рассмотрена задача Штурма-Лиувилля только для одномерной задачи (Глава 2, пункт 2), в то время как в работе рассматриваются и двумерные (Глава 3) и трехмерные задачи (Глава 5). Кроме того, для одномерных задач подробно проанализированы только 3 вида граничных условий (1.45) – (1.47). Анализ остальных граничных условий выполнен лишь частично;
2. В одномерных задачах механодиффузии выполнено сравнение полученных решений с классическими решениями задач упругости, проверен предельный переход к статическим режимам. Следовало ожидать, что аналогичная проверка будет выполнена и для двумерных задач, однако этого нет;
3. Алгоритм асимптотического разделения переменных (Глава 5) ограничивается только анализом поверхностных возмущений. Вероятно, аналогичный подход можно использовать и для объемных возмущений в случае, когда они обладают соответствующим свойством слабой неравномерности.

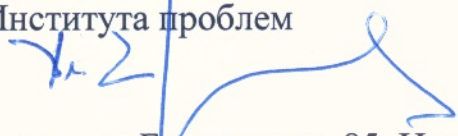
Тем не менее, указанные замечания не снижают научной ценности представленной диссертационной работы. В целом, диссертация Земскова А.В. выполнена на высоком научном уровне и соответствует всем критериям положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. В работе получены результаты, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области постановки и решения начально-краевых задач механики связанных полей.

Основные результаты диссертации опубликованы в 43-х работах, 14 из которых – в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК.

Автореферат достаточно полно и правильно отражает содержание диссертации.

Земсков А.В. заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – "Механика деформируемого твердого тела".

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
профессор, директор Института проблем
машиностроения РАН



Ерофеев Владимир Иванович

603024, Нижний Новгород, ул. Белинского, 85, Институт проблем машиностроения
РАН
Телефон: +7 (831) 432-05-76,
E-mail: erof.vi@yandex.ru

Подпись Ерофеева Владимира Ивановича удостоверяю:

Ученый секретарь ИИМ РАН,
к.т.н., доцент



Е.А. Мотова