

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПМаш РАН)



В.О., Большой проспект, д.61, Санкт-Петербург, 199178
Тел.: (812)-321-4778; факс: (812)-321-4771; www.ipme.ru

ОГРН 1037800003560, ИНН/КПП 7801037069/780101001

ОТЗЫВ

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

Изучение механодиффузионных процессов в многокомпонентных средах относится к решению определенного класса задач о влиянии внутренних степеней свободы динамической системы на ее макропараметры. Одними из первых таких задач явились известные уравнения термомеханики, где параметр температуры, по своей сути, отражал энергетическое влияние внутренних высокочастотных процессов материала на его макронапряженное состояние. Известные уравнения термоупругости являются хорошим примером такого класса задач. Особый интерес вызывают диффузионные процессы в наноматериалах, а также в материалах, используемых в лазерных технологиях.

Многокомпонентные модели сплошных сред безусловно значительно богаче по своему спектру описания физических явлений.

Во введении диссертации Земскова А.В. достаточно подробно анализируются все известные исследования, связанные с этим вопросом, а также ставятся конкретные задачи для решения малоизученных проблем механики, описывающих сложные химические и биологические процессы. Естественно, что каждый ученый выбирает свой раздел исследования, где чувствует себя наиболее подготовленным.

Автор диссертации явно не намерен внести свою лепту в развитие и получение новых уравнений, описывающих поведение внутренних процессов в многокомпонентных средах. Его привлекает больше анализ и развитие известных

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. №
"16/10" 2018

методов решения нестационарных задач применительно к анализу механо диффузии. С выбором Земскова А.В. трудно не согласиться. Нестационарные задачи, методы их решения, весьма разнообразны, а учет на всем временном интервале разно масштабных процессов как внутри материала, так и его самого, как правила недоступны для аналитического описания. Привлечение стандартных вычислительных методов заранее обречено на неудачу, ввиду отсутствия «надежных» точных или, по крайней мере, асимптотически оправданных решений для сравнения и выборе необходимых численных приемов.

Таким образом, актуальность тематики диссертационной работы очевидна.

Автор предлагает подробный «зоопарк» как методов, так и самих решенных задач, основанных на известных реологических соотношениях и уравнениях состояния, различных диффундирующих веществ в многокомпонентных средах.

Как правило, все задачи сводятся к подробному анализу систем гиперболических и параболических уравнений с последующими обоснованием использования спектральных разложений или построением асимптотических рядов.

Несмотря на весьма большую перегруженность работы математическими выкладками, что существенно затрудняет восприятие материала, удастся убедиться в достаточно высокой квалификации Земскова А.В., а так же в его высокой математической культуре. Безусловной заслугой автора является подробное изложение построение асимптотик в сложных трехмерных задачах. Такой общий подход вряд ли можно сегодня встретить в работах на эту тему.

Также хорошо смотрятся используемые в работе методы определения обратных интегральных преобразований. Последние широко использовались в свое время при решении многих задач нестационарной гидроупругости. Безусловной заслугой автора является привнесение их и развитие при решении нового класса задач.

Следует сказать о том, что вызывает определенное несогласие с характером и ряда приемов изложения материала.

В ряде текстов преобладают «голые» математические выкладки, которые автор не готов комментировать и делать некие заключения. Приведенные, к примеру, на стр. 163, 164 рисунки распределений перемещений, концентраций не несут какой-либо практической информации, поэтому весьма затруднительно оценить практическую ценность полученных результатов.

Попытка автора заинтриговать читателя введением в описание поведения диффундирующих веществ уравнений гиперболического вида никак и нигде не подтверждает такой необходимости.

Эти замечания можно заменить одним, более общим замечанием: в диссертационной работе отсутствует в достаточной мере четкое физическое представление процессов, происходящих в материале. Правда такой недостаток Земсков А.В. успешно заменяет скрупулезными математическими выкладками, что иногда представляется лишним.

К примеру, на стр. 51, автор, используя систему модельных уравнений для описания диффузионных процессов вида

$$\begin{aligned} D\eta'' - \Lambda u''' + \lambda\eta &= 0 \\ u'' - \alpha\eta' + \lambda^2 u &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

пытается получить обоснование существенно полной системы собственных функций для различного рода краевых задач, попутно приводя различные формы и виды характеристических трансцендентных уравнений для определения собственных значений.

Если бы автор обратил внимание на то, что уравнение (1) соответствует «протеканию» сжимаемой вязкой среды в упруго-вязком деформируемом теле, то, наверное, такой углубленный анализ бы и не был нужен. Действительно, такой процесс описывается следующей группой уравнений

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_s}{\partial x} &= \rho_s \vartheta_s^0 + \beta_f (\vartheta_s - \vartheta_f), & \frac{\partial P_f}{\partial x} &= \rho_f \dot{\vartheta}_f + \beta_f (\vartheta_f - \vartheta_s) \\ \frac{\partial \rho_s}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho_s \vartheta_s) &= 0, & \frac{\partial \rho_f}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho_f \vartheta_f) &= 0 \\ \bar{\rho}_f &= C_f^2 \bar{\rho}_f, & \sigma_s &= E_s \frac{\partial u_s}{\partial x}; \\ \frac{\partial u_s}{\partial t} &= \vartheta_s, & \frac{\partial u_f}{\partial t} &= \vartheta_f \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь индекс «s» относится к описанию деформируемого твердого тела, а «f» к диффундирующему веществу.

При определенных допущениях задача (2) эквивалентна задаче (1), а удержание сил инерции во втором уравнении системы (2) позволяет получить и «гиперболичность» для описания диффузии. Кстати именно инерционность переносимого вещества, а также параметр вязких, диссипативных сил и определяют конечную скорость переноса возмущений в диффундирующем веществе. При формальном использовании подхода в работе это не отмечается.

Система уравнений (2) хорошо известна и результаты математических выкладок автора можно иллюстрировать соответственно меняя вязкие параметры β_f , плотность ρ_f и модуль упругости E_s .

Правда весьма странным на этой же странице диссертации выглядит система уравнений с параметром λ , по идее она должна быть вида (1).

Автор отмечает, что это произвольный параметр, но он заменяет ему произвольные по времени \ddot{u}_s и $\dot{\eta}_f$ в системе (2.11).

Как результат, возникают проблемы с уравнениями (2.12) на стр. 52.

Надеюсь, что при дискуссии автор сможет оправдать свои дальнейшие действия, ведь Земскову А.В. крайне необходимы условия существования собственных значений, но его выводы относительно параметров (2.13) вызывают недоумение.

В остальных главах работы после выполнения интегрального преобразования Лапласа, эти же уравнения приобретают правильный (на мой взгляд) вид и дальнейшие действия автора безукоризненны.

Возвращаясь опять к положительной оценке работы Земскова А.В., надо отметить исключительно аккуратный математический подход к исследованию

