



## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Матяса Дмитрия Васильевича на тему:  
*«Использование пространственного описания в задачах гиперболической термоупругости и динамики деформируемого твердого тела»*, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 01.02.04 –  
Механика деформируемого твердого тела.

В механике сплошных сред известны различные способы описания движения среды. Общеизвестно, например, что лагранжево описание в основном принято использовать для описания деформирования твердых тел, в то время как эйлерово (пространственное) описание используется в механике жидкости и газа. Нужно отметить, что этими двумя описаниями не исчерпываются возможности механики сплошных сред. Так, в ряде задач, например, гидроупругости, требуется использование смешанного подхода, основанного на введении движущейся системы отсчета, не связанной с отсчетной или актуальной конфигурациями. Такой подход получил название «произвольного описания Эйлера-Лагранжа» (arbitrary Euler-Lagrange description). Тем не менее, пространственное (эйлерово) описание также является естественным в ряде задач и механики твердого тела, например, для контактных или обратных задач, когда известно положение именно деформированной границы, или требуется описать движение границы, не существующей изначально в отсчетной конфигурации, как, например, в случае фазовых границ, трещин, зон разрушения. Таким образом, рассматриваемая тема исследований является актуальной, как и актуальными представляются рассмотренные в работе задачи – волны в рамках связанной гиперболической термоупругости, гидроразрыв, и прохождение волн в средах с микроструктурой.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав и заключения. Во введении приводится обзор соответствующих результатов и дается мотивация выбора темы исследований. Первая глава диссертации посвящена анализу гиперболической термоупругости для твердого тела и для газа. Здесь приводятся решения некоторых

33-06-115 от 01.04.2021

одномерных задач. Подробно проведен анализ сходимости численных схем, а также влияния таких параметров как скорость потока газа, параметра релаксации и других. Вторая глава посвящена задачам гидроразрыва – образованию и развитию трещины в горной породе. Здесь предложен оригинальный способ описания развития трещины, основанный на анализе парциальной плотности. Данный подход напоминает так называемый *phase-field approach*, применяемый для моделирования двухфазных сред. Третья глава посвящена анализу распространения, отражения и преломления волн в рамках некоторой модели континуума Коссера – среды с моментными напряжениями и вращательным взаимодействием частиц.

Говоря о работе в целом следует отметить, что рассмотренные в диссертационной работе задачи объединяет используемый аппарат описания и развитые методы решения задач, в которых имеются участки с сильно изменяющимися характеристиками, такими как волновые фронты или развивающиеся трещины. По моему мнению, именно развитие соответствующих численных методов для такого типа неклассических задач механики и составляет основное содержание данной безусловно содержательной работы. Кроме того, представляют большой интерес решение задач гиперболической термоупругости и задач для континуума Коссера. Последняя может быть использована для моделирования сыпучих и гранулированных сред. Практическая значимость задачи о развитии трещины в горной породе также не вызывает сомнений в связи с проблемами гидроразрыва.

По работе можно сделать следующие замечания.

Рассматривая линейную и нелинейную постановки задач динамики следует ожидать появления взаимодействия волн в нелинейной постановке, а не только изменения таких параметров как скорость волны.

Следовало бы указать какой именно набла-оператор используется в уравнениях состояния, движения и теплопроводности, актуальный или отсчетный. С одной стороны, в уравнениях термоупругости естественно предполагать использования набла-оператора в отсчетной конфигурации, в то время как для закона Фурье можно использовать пространственное описание.

В случае малых деформаций уравнение (9) является точным следствием применения теоремы о дивергенции (формулы Гаусса–Остроградского), здесь не требуется привлекать уравнение баланса массы.

Автор использует несколько необычные обозначения для материальной производной, см., например, уравнение (17) и далее.

Неясно, как именно приведение к безразмерному виду способствует повышению точности численных расчетов. Вероятно автор использовал некоторые характерные параметры, и тогда об этом следовало упомянуть более подробно.

Говоря о пространственном описании следовало бы упомянуть работы Л.М. Зубова, посвященные эйлеровому описанию.

Диссертация содержит набор опечаток и стилистических неточностей, список которых достаточно обширен, например, «лучше согласуются с экспериментальным результатам», «в окрестности исходной догадки» и т.п.

Тем не менее, по работе можно сделать следующий вывод.

Диссертация Матяса Дмитрия Васильевича на тему: *«Использование пространственного описания в задачах гиперболической термоупругости и динамики деформируемого твердого тела»* соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Матяс Дмитрий Васильевич **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета  
Доктор физико-математических наук, доцент,  
профессор Политехнического университета г. Гданьск, Польша,



Еремеев Виктор Анатольевич

25.03.2021

Prof. dr hab. Victor A. Eremeev, prof. PG

Faculty of Civil and Environmental Engineering,

Gdansk University of Technology

Narutowicza str. 11/12, 08-233,

Gdańsk, Poland