



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский государственный
национальный исследовательский
университет»
(ПГНИУ)

ул. Букирева, 15, г. Пермь, 614990,
Телефон (342) 239-63-26, факс (342) 237-16-11
E-mail: info@psu.ru, WWW-сервер: <http://www.psu.ru>

ОКПО 02069071, ОГРН 1025900762150

ИНН/КПП 5903003330/590301001

08.12.2018 № 116-3/5140
На № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

проректор по научной работе и
инновациям ПГНИУ к.г.н., доцент
Андрей Леонидович Ветров



2017г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертации Евгения Юрьевича Витохина
«Исследование колебательных и волновых процессов в термоупругой среде
с учетом времени релаксации теплового потока»
на соискание степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.02.04. – механика деформируемого твердого тела

Представленная к защите диссертация посвящена постановке и исследованию связанных задач гиперболической термоупругости. Актуальность данной темы обусловлена, в частности, существованием в современных микро- и нано-электромеханических устройствах нестационарных тепловых процессов, достоверно не описываемых параболическим уравнением теплопроводности.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав и заключения.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, приводится обзор публикаций по исследованию процессов, описываемых гиперболическим уравнением теплопроводности и термоупругости, обсуждаются способы получения и известные экспериментальные достижения по определению

006202

материального параметра – времени релаксации теплового потока, формулируется цель исследования, ставятся необходимые для достижения цели задачи.

В первой главе строится система уравнений связанной задачи, описываемой гиперболическим уравнением термоупругости для случая объемной деформации. Ставится задача об исследовании динамического термоупругого состояния тонкой бесконечной пластины под действием лазерного излучения. Предлагаются различные численные методы решения такой задачи. Получаемые решения сравниваются с известным аналитическим решением, оценивается достоверность получаемых результатов, делается вывод о возможности изучения рассматриваемых проблем предлагаемыми методами. В последнем пункте главы проводится сравнение результатов решений задачи об импульсном лазерном воздействии на пластину, полученных в случаях:

а) связанная задача термоупругости, описываемая гиперболическим уравнением теплопроводности; б) несвязанная задача термоупругости, описываемая гиперболическим уравнением теплопроводности; в) задача термоупругости с параболическим уравнением теплопроводности. Полученные результаты демонстрируют особенности различного моделирования рассматриваемого явления.

Во второй главе изучается влияние краевых условий на решение задач, описываемых гиперболическим уравнением термоупругости для тонкой пластины, нагружаемой импульсным лазерным излучением. Рассмотрены три типа возможных граничных условий. Для возникающих при этом задач построены аналитические решения в полусвязанной постановке, численные решения в связанной постановке и численные решения в классической постановке. Проведен сравнительный анализ получаемых результатов.

Третья глава работы посвящена исследованию свойств дисперсионных соотношений гиперболического уравнения теплопроводности и термоупругости. Установлено существование эффекта появления колебаний в затухающем решении температурной задачи в тонкостенной пластине при определенном

соотношении между толщиной пластины и временем релаксации теплового потока. С использованием обнаруженного явления автором предлагается экспериментальный метод определения материального параметра – времени релаксации теплового потока.

В заключении формулируются результаты проведенного исследования.

Диссертация Е.Ю.Витохина содержит **новые научные результаты**:

- 1) разработан эффективный численный метод исследования задачи нестационарной термоупругости, описываемой гиперболическим уравнением теплопроводности;
- 2) проведено исследование влияния граничных условий, задаваемых на поверхности тонкой пластины при ее нагружении импульсным лазерным излучением, на решение задачи термоупругости с гиперболическим уравнением теплопроводности;
- 3) проведено исследование свойств дисперсионных соотношений нестационарной термоупругости, описываемой гиперболическим уравнением теплопроводности. Обнаружен эффект возникновения колебаний в затухающем решении температурной задачи. Предложен метод экспериментального определения времени релаксации теплового потока.

Значимость полученных автором результатов для развития механики деформируемого тела заключается в том, что они открывают возможность для решения новых задач в этой области, в частности:

- 1) разработанная автором методика исследования будет использована для объяснения термоупругих явлений, не поддающихся изучению классическими методами термоупругости, в современных микро- и нанотехнических устройствах;
- 2) приведенные в работе количественные результаты по амплитудам температурных волн станут предметом исследований экспериментаторами;

3) предложенный автором экспериментальный метод определения времени релаксации, доведенный до практической реализации, станет новым инструментом исследования этого материального параметра.

Достоверность результатов, получаемых несколькими численными методами, автором обосновывается путем их сравнения между собой, а также с аналитическими решениями.

По содержанию диссертации имеются замечания:

- 1) исследование, проводимое автором, отражает поведение деформируемых тел на нано-масштабном уровне. При этом автор использует технические постоянные, определяемые в макроскопических опытах. Это несоответствие должно сказываться на количественных результатах. В работе не проводится оценка данного факта.
- 2) В обзоре литературы уделено недостаточное внимание работам, посвященным анализу особенностей формулировки и использования второго закона термодинамики применительно к построению математической модели рассматриваемых процессов.
- 3) Даже с помощью современной аппаратуры очень трудно получить экспериментальную информацию о процессах, идущих с очень малыми характерными временами на масштабном уровне от нескольких десятков до нескольких сотен нанометров. Их мало и имеются вопросы к особенностям их получения. Тем не менее, хотелось бы увидеть в работе сравнение теоретических результатов с существующими уникальными экспериментальными данными.
- 4) Автор рассматривает достаточно малые времена (доли нс), однако постановка задачи основана на «мгновенном прогревании» некоторой тонкой конечной области поверхности пластины, на которую действует лазерное излучение. Время взаимодействия лазерного луча с материальными частицами и выделения тепловой энергии в тонком

конечном слое также конечно. Это время может быть сравнимо (или даже превышать) с характерными временами процессов, рассматриваемыми автором. В работе отсутствует обоснование выбранной постановки о мгновенном прогревании.

- 5) В автореферате не дается описание рисунков 2, 3 (какие графики под разными буквами a, b, c, d?), некоторые графики в работе приводятся без указания масштаба (например, 2.2, 2.3, 2.8, 2.9, 2.14).

Заключение

Приведенные замечания не умаляют значимость диссертационной работы. Она представляет собой завершенное исследование. Уровень изложения материала диссертации отражает хорошую общую подготовленность и квалификацию соискателя. Автореферат диссертации и опубликованные по ее теме статьи в полной мере соответствуют ее содержанию.

Таким образом, диссертация Витохина Евгения Юрьевича соответствует требованиям п. 9, 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени по специальности 01.02.04. – механика деформируемого твердого тела.

Отзыв заслушан и утвержден на заседании кафедры МССиВТ (протокол №3 от 29.11.2017г.).

Отзыв подготовили доцент кафедры механики сплошных сред и вычислительных технологий Пермского государственного национального исследовательского университета

к.ф.-м.н.

Пестренин Валерий Михайлович

и заведующий кафедрой механики сплошных сред и вычислительных технологий Пермского государственного национального исследовательского университета

д.ф.-м.н.

Свистков Александр Львович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

ул. Букирева, 15 г. Пермь, 614990,

Телефон (342)239-63-26, факс (342)237-16-11

E-mail: info@psu.ru, WWW-сервер: http://www.psu.ru



Исполнитель
Свистков Александр Львович