

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
**«Петербургский государственный
университет путей сообщения**

**Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

Московский пр., д.9, Санкт-Петербург, 190031
Телефон: (812) 457-86-28, факс: (812) 315-26-21
E-mail: dou@pgups.edu, dou@pgups.ru
<http://www.pgups.ru>
ОКПО 01115840, ОГРН 1027810241502,
ИНН 7812009592/ КПП 783801001

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор – проректор по
научной работе, д.т.н., профессор

Титова Тамила
Семеновна

2019 г.

18. 03. 2019 № 005.01.4/34-26.
На № 125.10/24 от 21.02.2019

Г 7



ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I»
на диссертацию

Свентицкой Веры Евгеньевны на тему «Влияние теплопереноса на термоупругий отклик
металлов на импульсное лазерное воздействие», представленную на соискание
учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела

Актуальность темы диссертации

Большое количество современных технологий и конструкций использует или рабо-
тает в условиях воздействия высокоинтенсивных потоков энергии, от радиационных до
потоков элементарных частиц. Обработка материалов, микроэлектроника, проектирование
гибридных двигателей, и многие другие отрасли деятельности нуждаются в усовершен-
ствовании и уточнении теоретических моделей динамической термоупругости. В этой
связи актуальность диссертационной работы не вызывает сомнений.

Достоверность и новизна основных выводов диссертации

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы, спис-
ка работ автора по теме диссертации, приложения. По результатам диссертационной рабо-
ты в заключении сделано пять основных выводов.

В первом пункте выводов о применении разработанной методики анализа дисперсионных соотношений сформулировано, что:

- применение волновых моделей теплопереноса правомерно для длительностей возмущений $\tau \leq \tau_q \sim 10^{-10} \text{ с}$, то есть для пикосекундных и более коротких длительностей лазерного воздействия;
- существование волнового процесса теплопереноса реализуемо только для малых длин волн, при этом, время релаксации потока тепла τ_q определяет граничные частоты этого процесса;
- связность при волновом процессе теплопереноса обеспечивает более эффективное преобразование тепловой энергии в энергию акустических мод, чем при диффузном характере распространения тепла;
- инерция градиента температуры практически уничтожает волновой процесс теплопереноса и возвращает к диффузной модели Фурье;
- связность, – при учете инерции градиента температуры, – определяет возможность интенсивного процесса энергообмена между тепловыми и упругими полями, что повышает вероятность реализации процесса теплопереноса в материалах с большим параметром связанности.

Первый пункт выводов обоснован во втором разделе второй главы работы.

Во втором пункте выводов утверждается, что разработанный двухстадийный подход для анализа термоупругого и термоэлектрического процессов в металлах при импульсном лазерном воздействии позволил получить соотношения для массовой скорости и получить описание формирования импульсных термонапряжений в металлах, соответствующее экспериментальным результатам. Второй пункт обоснован в четвёртом разделе второй главы.

В третьем пункте выводов сказано, что анализ механизма теплопереноса показал неразрывную взаимосвязь термоупругого и термоэлектрического отклика металлов на лазерное воздействие.

В четвёртом пункте выводов утверждается, что применение гидродинамической модели позволило с достаточной точностью описать характер термоэлектрического процесса в металлах при импульсном лазерном воздействии.

В пятом пункте выводов указывается на то, что результаты экспериментальных исследований продемонстрировали весьма высокую чувствительность параметров термо-

упругого и термоэлектрического отклика к структурным изменениям в среде, что дает основания для разработки чувствительного метода неразрушающего контроля конструкционных материалов. Выводы пунктов 3, 4 и 5 обоснованы в третьей главе диссертационной работы.

Таким образом, все итоговые выводы, сделанные по результатам диссертации, обоснованы и сомнений не вызывают.

Применение широко опробованных методик измерений и использование современных приборов регистрации определяет достоверность экспериментальных исследований. Достоверность теоретических моделей основывается на использовании фундаментальных уравнений механики сплошных сред и хорошим соответствием результатов расчёта и эксперимента.

В перечисленных выше результатах автора научную новизну представляют полученные данные о влиянии связанности упругого и теплового полей и об областях частот существования волнового процесса теплопереноса при высокоскоростном лазерном воздействии на металлы. Значимым в работе является построение новых аналитических моделей, описывающих полученные экспериментальные данные. Научную новизну также представляют экспериментальные результаты, продемонстрировавшие неразрывность термоупругих и термоэлектрических процессов в металлах, а также зависимость параметров этих процессов от микроструктуры исследуемого материала.

Ценность для науки и практики

Научная значимость результатов заключается в разработке двухстадийного анализа динамической задачи термоупругости в металлах при лазерном воздействии. Такой подход позволил автору построить математические модели, адекватно описывающие особенности термоупругого и термоэлектрического откликов металлов на импульсное лазерное воздействие.

В частности, применение автором гидродинамического приближения позволило разработать модель, описывающую особенности процесса теплопереноса в металлах с учётом их электропроводности.

Практическая значимость заключается в получении количественных оценок для анализа применимости обобщённых моделей теплопроводности в зависимости от свойств материалов и от спектров теплового возмущения металлов.

Также следует отметить значимость полученных автором результатов экспериментальных исследований термоупругого и термоэлектрического откликов, выявивших влия-

ния микроструктуры металла на параметры этих процессов, что показывает возможность применения обнаруженных эффектов для разработки методов неразрушающего контроля металлов.

Полученные результаты рекомендуются к использованию в научных исследованиях в институтах, специализирующихся в области прикладной механики (ФГБУН Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, ФГБУН Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук), а также в различных отраслевых учреждениях соответствующего профиля, проводящих исследования упругого отклика материалов (ФГУП «ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей», ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова» и др.). Результаты могут быть использованы в промышленных целях, в частности, при разработке методов неразрушающего контроля.

Оценка содержания диссертации

В целом, диссертационная работа написана грамотным научным языком, последовательно связаны теоретические и экспериментальные разделы диссертации. Работа выполнена на высоком научном уровне, тем не менее, имеются некоторые вопросы.

Замечания по диссертации:

1. В работе отмечается, что при численном моделировании влияние связанности оказывает меньшую роль, чем величины параметров запаздывания. В то же время в диссертации уделено большое внимание именно анализу влияния параметра связанности на характер процесса теплопереноса.

2. Желательно было бы в работе привести более подробное изложение нахождения корней дисперсионных соотношений в динамической задаче термоупругости с обобщенным уравнением теплопереноса.

3. Отметим свойственное большинству работ наличие опечаток, некоторые небрежности в терминологии и в обозначении осей на графиках.

Так, на стр. 43 автор утверждает, что на рисунках 2.8 и 2.9 приведены зависимости, иллюстрирующие влияние связанности и инерции градиента температуры на модули частот акустических и тепловых мод для двухпараметрической модели при пренебрежении связанностью. Это явная опечатка – должно быть «с учётом» связанности, что и продемонстрировано на графиках ниже. На стр.68 отсутствует обозначение оси на рис.3,4 (б).

4. Замечание по автореферату:

Не очевидно обозначена размерность величин на графиках, нормированные величины обозначены не однотипно, подписи на графиках сделаны на разных языках.

Сделанные замечания не влияют на общее положительное заключение по диссертации.

Автореферат соответствует основным положениям диссертации, а имеющиеся публикации (включая три статьи, входящие в перечень ВАК и в международную базу данных Scopus) вполне отражают основное содержание работы. Диссертация прошла достаточную апробацию на семинарах и конференциях.

Заключение

Диссертационная работа Свентицкой Веры Евгеньевны «Влияние теплопереноса на термоупругий отклик металлов на импульсное лазерное воздействие» является законченной научно-квалификационной работой, посвященной исследованию и анализу особенностей термоупругого процесса в металлах при импульсном лазерном воздействии. Работа демонстрирует новизну полученных автором результатов и имеет значение для развития современных моделей механики.

Таким образом, диссертационная работа Свентицкой В.Е. удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, а её автор заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела.

Диссертация, автореферат и отзыв на диссертацию рассмотрены на расширенном заседании кафедры «Механика и прочность материалов и конструкций» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I». Протокол № 6 от 06.03.2019г.

И.о. заведующего кафедрой
«Механика и прочность материалов
и конструкций», к.т.н.

Видюшенков
Сергей Александрович

Профессор кафедры
«Механика и прочность материалов
и конструкций», д.т.н.

Смирнов
Владимир Игоревич