ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию Михеевой Галины Вениаминовны «Моделирование локально-неравновесных процессов теплопереноса и механических колебаний в кристаллических телах», представленной на соискание учёной степени кандидата физико – математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

В 2018 г. Михеева Галина Вениаминовна с отличием окончила магистратуру ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (СамГТУ) по специальности «Прикладная математика и информатика. В этом же году поступила в очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет». Учёбу в аспирантуре она успешно совмещала с работой в научно-исследовательском центре «Фундаментальные проблемы теплофизики» СамГТУ и на кафедре «Физика» в качестве ассистента. Работая над кандидатской диссертацией, она проявила себя способным исследователем как в области разработки математических моделей, так и в направлении получения аналитических и численных решений сложных краевых задач, анализа новых физических явлений.

При подготовке диссертации на соискание учёной степени кандидата физико – математических наук Михеевой Г.В. выполнен большой объём фундаментальных, поисковых и экспериментальных исследований. Для проведения численного исследования двухтемпературной модели теплопроводности Галиной единолично была разработана и написана программа для ЭВМ, позволяющая моделировать облучение поверхности металла лазерными импульсами. Данная программа была запатентована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (Роспатент). По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, из которых 1 – индексирована в системе Web of Science, 6 – в Scopus, 1 – по списку ВАК, зарегистрированы 3 – программы для ЭВМ. Среди достижений в научной деятельности можно отметить её участие в качестве исполнителя гранта Российского фонда фундаментальных исследований (Проект № 20-38-70021), победу в конкурсе молодых ученых и конструкторов, работающих в Самарской области, а также призовые места на международных конференциях.

Наиболее существенные результаты диссертации:

1. Разработана нелинейная локально – неравновесная двухтемпературная модель теплообмена между электронами и кристаллической решёткой, позволившая выполнить детальные численные исследования теплообмена в зависимости от величины коэффициента объёмной теплоотдачи Bi. Проведённые исследования позволили определить границы применимости двухтемпературной модели. И, в частности, показано, что при $\mathrm{Bi} \to \infty$ двухтемпературная модель приводится к классической однотемпературной модели теплообмена. Учёт локальной неравновесности позволил сделать заключение о том, что величина безразмерного коэффициента объёмной теплоотдачи не может превышать некоторого предельного значения, определяемого релаксационными свойствами среды.

2. Выполнены многовариантные исследования точных аналитических решений локально – неравновесных моделей теплообмена с однофазным и двухфазным запаздыванием. И, в частности, для модели с однофазным запаздыванием показано существование двух режимов теплообмена – диффузионного и волнового. Первый режим реализуется для каких-то больших толщин пластины (значительно превосходящих длину свободного пробега микрочастиц), включая полупространство. Для толщин пластины, соизмеримых с длиной свободного пробега носителей энергии, наблюдается волновой процесс переноса тепла. Классическое понятие температуры при волновом её изменении как величины, характеризующей среднюю кинетическую энергию некоторой совокупности частиц, в данном случае теряет смысл. В связи с чем, в диссертации впервые действительное значение температуры определяется как квадрат амплитуды волновой функции. Полученные результаты подтверждаются расчётами на модели с двухфазным запаздыванием, для которой также показано наличие двух режимов теплообмена – диффузионного и баллистического. Диффузионный режим, как и выше, реализуется для каких – то больших толщин пластины, а баллистический – для толщин, соизмеримых с длиной свободного пробега микрочастиц. Показано, что с уменьшением толщины пластины до наноразмерных величин происходит изменение физических свойств конденсированных сред.

3. Разработана математическая модель динамической термоупругости с учётом однофазного запаздывания в температурной задаче. Исследования полученного в диссертации точного аналитического решения позволили заключить о том, что возникающие при воздействии теплового удара скачки напряжений формируются в результате взаимодействия двух волн – тепловой и звуковой. Показано, что скачки напряжений имеют форму механических уединённых волн, перемещающихся внутри среды во времени. При встрече двух волн они продолжают своё движение в разных направлениях без искажения их формы. Следовательно, эти волны, по аналогии с солитонами, можно интерпретировать как квазичастицы. Учитывая, что солитоны возникают в результате конкуренции нелинейности и дисперсии, полученные механические волны представляют особый вид уединённых волн, обнаруживающихся в линейных краевых задачах. Продолжительность и ширина скачков напряжений определяются соотношением скоростей тепловой и звуковой волн. На основе анализа расчётных данных аналитического решения в диссертации получены формулы, определяющие продолжительность и ширину уединённой механической волны.

4. Разработана локально – неравновесная математическая модель продольных колебаний закрепленного на одном из торцов стержня, основанная на трёхфазной релаксации уравнения равновесия (движения), позволяющая максимально приблизиться к реальному физическому процессу колебаний, что подтверждается сравнением с результатами натурного эксперимента. И, в частности, исследования полученного в диссертации точного аналитического решения применительно к разработанной модели показали наличие двух, существенно отличающихся режимов колебаний. Так, на некотором начальном временно́м участке колебания протекают со скачкообразно изменяющейся амплитудой. Затем происходит стабилизация колебаний, при которой амплитуда периодически изменяется во времени. При этом в различных сечениях по длине стержня изменение перемещений может происходить в противоположных направлениях. В целом по длине стержня реализуется бесчисленное число амплитуд и частот колебаний.

В диссертации были выполнены также исследования колебаний закрепленного на одном из торцов стержня при воздействии внешней гармонической нагрузки на свободном торце. Показано, что при совпадении собственной частоты колебаний стержня с частотой внешней нагрузки наблюдаются резонансные колебания. При незначительном отличии этих частот происходят бифуркационно – флаттерные колебания (биения). Показано, что изменяя амплитуду и частоту колебаний внешней нагрузки можно выполнять амплитудно – частотную модуляцию колебаний и, следовательно, имеется возможность передачи по стержню какой-либо информации.

Заключение по диссертации

Диссертация Михеевой Галины Вениаминовны является законченным научным трудом, соответствующим специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния. Материалы диссертации соответствуют требованиям пункта 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (п. 28).

Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико – математических наук, а её автор, Михеева Галина Вениаминовна, заслуживает присуждения искомой учёной степени.

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент,
и.о. зав. кафедрой «Физика»
Самарского государственного
технического университета И.В. Кудинов

Подпись Кудинова И.В. заверяю:
Учёный секретарь
Самарского государственного
технического университета,
доктор технических наук Ю.А. Малиновская