

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

РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу магистра
«Нестационарный перенос тепловой энергии в одномерном полубесконечном
гармоническом кристалле»,
выполненную студентом гр. 3640103/90101
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого
Ляжковым Сергеем Дмитриевичем

Актуальность: Выпускная квалификационная работа «Нестационарный перенос тепловой энергии в одномерном полубесконечном гармоническом кристалле» С.Д. Ляжкова посвящена исследованию закономерностей баллистического распространения тепла (или, по сути, кинетической энергии) в полубесконечной одномерной решетке (цепочке Гука) и развивает результаты, ранее полученные В.А. Кузькиным для случая бесконечной цепочки. Ее актуальность связана с появлением в настоящее время реальных особо чистых наноматериалов, распространение тепла в которых не подчиняется закону Фурье и имеет характер тепловой сверхпроводимости (баллистическое распространение тепла). Такие материалы могут использоваться для отвода тепла, например, в микроэлектронике.

Характеристика работы: Работа С.Д. Ляжкова имеет теоретический характер и состоит из введения, двух глав, заключения и списка литературы. Во введении подчеркивается актуальность темы исследования, формулируются цели и задачи работы, обсуждаются теоретическая и практическая значимость, апробация, приводятся аргументы в пользу достоверности результатов работы. Результаты работы изложены в двух главах; рассматриваемые в них задачи имеют одинаковый объект исследования — так называемую цепочку Гука (полубесконечную), и сходную постановку, с тем отличием, что в первой главе формулируются задачи для бесконечной системы обыкновенных дифференциальных уравнений со случайными начальными условиями, а во второй главе используются стохастические дифференциальные уравнения. С физической точки зрения задачи, рассматриваемые в первой

главе, соответствуют ситуации, когда в рассматриваемой системе имеется начальное распределение тепловой энергии, которая впоследствии эволюционирует во времени. Во второй главе рассматриваются задачи о подводе тепла в систему, соответственно, необходимы уравнения типа Ланжевена. Для систем обоих типов применяется процедура разделения движений на быстрые и медленные в форме, предложенной В.А. Кузькиным в более простом случае бесконечной цепочки. Медленные движения описывают баллистический перенос тепла в рассматриваемой системе в континуальном приближении. Для обоих типов задач получены аналитические формулы, описывающие распределение температуры и перенос тепла. Оказывается, что континуальное приближение (в том смысле, как его понимает автор работы) применимо для описания поля кинетической температуры вдали от границы цепочки, вблизи же имеет место систематическая погрешность. В заключении сформулированы основные результаты магистерской диссертации. Список литературы содержит 72 источника (что заметно больше, чем обычно встречается в магистерских диссертациях), при этом источники цитируются по существу по всему тексту работы. Замечу, что, насколько мне известно, некоторые крайне малоцитируемые статьи (Такизавы и Кабаяси), весьма важные в контексте данной работы, были обнаружены Сергеем Дмитриевичем самостоятельно.

Выполненная работа полностью соответствует заданию на выполнение выпускной квалификационной работы. Материал изложен понятно и достаточно подробно, выводы являются обоснованными. Полученные результаты дают качественное понимание закономерностей баллистического распространения тепла в полубесконечных решетках.

Замечания и вопросы по работе

1. Используемая автором процедура континуализации кажется несколько переусложненной. Возможной альтернативой является непосредственное применение асимптотической оценки на подвижных фронтах методом стационарной фазы решения Шредингера для бесконечной цепочки с двумя зеркально расположенными источниками. Такая процедура была предложена в цитируемой автором работе [26]. Представляется, что она могла бы быстрее привести к цели и не дала бы расхождений в окрестности границы цепочки (по крайней мере, для точечного источника).
2. В продолжение предыдущего замечания, на стр. 13 автор пишет: *«В отличие от решений, представленного Хеммером, Такизавой и Кабаяси, формула (1.10) несет в себе физический смысл»*. Это излишне смелое заявление. По моему опыту, разложение по собственным формам является не самым эффективным подходом при исследовании нестационарных (квази)волновых задач и может приводить иногда к парадоксальным результатам. С моей точки зрения, более предпочтительно работать с суперпозицией квази(волн).

3. Полученное во второй главе фундаментальное решение является интегралом по времени от фундаментального решения, полученного в первой главе. Наверное, это не случайно?

Заключение: Высказанные выше замечания не снижают общей положительной оценки работы, тем более, что на часть из них влияют мои собственные предпочтения при решении подобных задач. Считаю, что выпускная квалификационная работа Сергея Дмитриевича Ляжкова по теме «Нестационарный перенос тепловой энергии в одномерном полубесконечном гармоническом кристалле» соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам, и безусловно заслуживает оценки «отлично».

Рецензент

С.н.с. ИПМаш РАН, к.ф.-м.н.



Е.В. Шишкина

07.06.2021