

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук Валишина Анатолия Анатольевича
на диссертационную работу Ненахова Евгения Валентиновича
на тему «**Динамические задачи теории теплового удара**»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук
по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ».

Математическое моделирование проблемы термического удара – одна из центральных тем в термомеханике и более общей физико-механической теории прочности твердых тел в связи с созданием и использованием мощных излучателей энергии в различных технологических операциях. Интенсификация тепловых воздействий на элементы конструкций, создание новых технологических процессов, основанных на использовании высокоинтенсивных импульсных потоков энергии, стимулирует разработку соответствующих модельных представлений для описания термической реакции конструкционных материалов, применяемых на практике. Именно этим вопросам посвящена диссертационная работа Ненахова Е.В., в которой детально изучается термическая реакция твердых тел на интенсивный нагрев и охлаждение в терминах динамических задач обобщенной термоупругости (локально-неравновесные процессы распространения теплоты с учетом конечной скорости) и классической, использующей закон Фурье о передаче тепловой энергии в твердых телах. Полученные в работе решения большого числа модельных задач теории теплового удара составляют основу диссертационного исследования Ненахова Е.В., которое без всякого сомнения **является актуальным**. И более того, эти исследования затрагивают интересы многих направлений науки и техники: авиации, ракетной и космической техники, ядерной энергетики, машиностроения, микроэлектроники, материаловедения и др.

Специфика проведенных в диссертации исследований заключается с одной стороны в относительной простоте исходных математических моделей, с другой – возникающими при их решении серьезными вычислительными трудностями реализации принятой схемы получения искомого результата и при этом, как было сказано, очевидной значимостью применения полученных соотношений в многочисленных практических ситуациях.

Можно отметить три обстоятельства, подчеркивающих высокий научный (и прикладной) уровень выполненной диссертации.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«14» 12 2021 г.

Первое: высокая математическая культура нахождения и оформления функциональных конструкций искомым аналитических решений, минимум громоздкости, компактная форма записи всей аналитики в диссертации.

Второе: убедительное и логическое построение исследований в диссертации. На первом этапе разрабатывается вся теория определяющих соотношений динамической термоупругости с тензорным выводом главных соотношений – уравнений совместности в напряжениях и перемещениях. Эта часть диссертации определяет направление дальнейших исследований. На втором этапе анализируются элементарные акты переноса теплоты, формулируются обобщенный (локально-неравновесный) и классический законы, строится теория соответствующих краевых задач нестационарной теплопроводности, развивается математический аппарат операционного исчисления, то есть готовится аналитика для предстоящих исследований. На третьем этапе (основном) исследуются сами математические модели теории теплового удара с доведением их до численных экспериментом и анализом обнаруженной кинетики термической реакции твердого тела.

Третье: в диссертации рассматриваются многочисленные случаи интенсивного нагрева и охлаждения границы твердого тела: температурный, тепловой (тепловой поток однородный, экспоненциальный, линейный), действие средой, действие внутренних источников теплоты. Особое место занимает непростой для исследования случай: термическая реакция массивного тела с внутренней цилиндрической полостью. Важно, что все случаи неизотермического воздействия объясняются с позиций конкретных теплофизических процессов, имеющих место на практике. Можно сказать, что этим самым все математические модели теории теплового удара теплофизически обоснованы.

Подводя итоги этой части отзыва, можно констатировать о наличии **научной новизны** рассматриваемой работы.

К новым научным результатам в диссертации можно отнести следующие:

1. Математическое моделирование локально-неравновесных процессов переноса теплоты с учетом релаксационных явлений в обобщенном законе Максвелла-Каттанео-Лыкова-Вернотта в терминах краевых задач для уравнений гиперболического типа.
2. Развитие специального математического аппарата на базе операционного исчисления.
3. Тензорный вывод уравнения совместности в напряжениях для динамических задач уравнения «совместности» в перемещениях.

4. Проведение комплексных исследований обобщенных моделей теории теплового удара при различных режимах термического воздействия при нагревании и охлаждении, а также комплексные исследования ряда классических моделей теории теплового удара для многочисленных случаев термического воздействия на границу твердого тела.
5. Нахождение практических инженерных соотношений для оценки температурных напряжений по операционным решениям динамических задач теории теплового удара.
6. Построение численной оценки времени релаксации в обобщенном законе переноса теплоты.

Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы (231 наименование), изложена на 216 страницах.

Поскольку все основные достижения в диссертации практически указаны, то остановимся кратко на содержательной части диссертации.

Во введении главное внимание обращается на цели и задачи диссертационной работы, научная новизна исследований, практическая значимость результатов соискателя.

В первой главе приводится обстоятельный обзор по теории теплового удара, начиная с ранних работ Дюгамеля (1838 г.) и Неймана (1843 г.) и до настоящего времени. Убедительно обосновывается необходимость проведения предстоящих исследований. Большое внимание уделяется формулировкам и выводу определяющих соотношений динамической термоупругости.

Вторая глава посвящена математическим моделям для уравнений гиперболического типа, вопросам их корректной постановки, развитию специального математического аппарата на базе операционного исчисления, построению алгоритма на основе конечно-разностной схемы для оценки времени релаксации, входящего в гиперболическое уравнение и граничные условия для него.

Третья глава посвящена, собственно, комплексу математических моделей классического типа теории теплового удара в условиях интенсивного нагрева и охлаждения при различных режимах теплофизического воздействия на границу твердого тела (упругое полупространство). Разбираются многочисленные случаи, строятся

аналитические решения, проводятся численные эксперименты, дается их анализ.

Глава 4 – базовая в диссертации и наиболее интересная. В ней рассмотрен комплекс математических моделей теории теплового удара в рамках обобщенной термомеханики с учетом конечной скорости распространения теплоты. Все аналитические решения динамических моделей в главе 4 получены с помощью математического аппарата, разработанного в главе 2. Здесь также все исследования проводятся по схеме, отработанной в главе 3. По операционным решениям динамических задач в главах 3 и 4 построены расчетные соотношения для оценок температурных напряжений, содержащие комплекс теплофизических и упругих постоянных материала и краевые (граничные) функции теплофизического воздействия.

Глава 5 содержит программный комплекс для проведения численных экспериментов по полученным аналитическим решениям математических моделей.

По содержанию диссертации можно высказать некоторые замечания.

1. В обзорной части первой главы не упоминаются экспериментальные работы по теории теплового удара. Насколько они были бы интересными для соискателя?
2. Было бы интересно сопроводить хотя бы одним примером расчетные соотношения в главе 4.

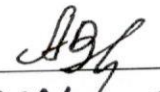
Указанные замечания носят рекомендательный характер, не снижают качество результатов исследований соискателя, общую высокую оценку представленной диссертации.

Заключение

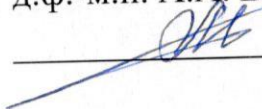
Диссертация Ненахова Евгения Валентиновича на тему «Динамические задачи теории теплового удара» является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой на актуальную тему, содержащей новые научные результаты, полученные с применением классических методов математического моделирования. Работа соответствует паспорту специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (физико-математические науки). Диссертация отвечает всем требованиям положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Ненахов Евгений Валентинович, заслуживает

присуждение ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Профессор кафедры «Вычислительная
математика и математическая физика»
ФГБОУ ВО «Московского государственного
технического университета им. Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
доктор физико-математических наук
А.А. Валишин
105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1
+7 (499) 263 63 91
E-mail: enf@mail.ru


08.12.2021

Подпись профессора,
д.ф.-м.н. А.А. Валишина ЗАВЕРЯЮ

 / А. Г. Матвеев /

ЗАМ. НАЧ УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ

ТЕЛ: 8499-263-67-69

