

ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу
 Айнакеевой Н. Ж.. «Моделирование динамики термодинамических конструкций на графах»
 по специальности «8D05403 – Механика» на соискание степени доктора философии (PhD)

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (подчеркнуть один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы); 2) диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы); 3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научной технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).	Тема соответствует приоритетному направлению «Научные исследования в области естественных наук». Работа по теме диссертации проводилась в рамках грантовых проектов: 1) AP05132272 «Краевые задачи динамики деформируемых твердых и электромагнитных сред и их решений» КН МОН РК, 2018-2020 гг. 2) AP09261033 «Исследование начально-краевых задач волнового уравнения на графах», грантовое финансирование научных исследований, КН МОН РК, 2021- 2023 гг. 3) ФНИ BR20280990 «Разработка и развитие методов решения фундаментальных задач механики жидкости и газа, новых деформируемых тел, надежности и энергоэффективности машин, механизмов, робототехники». 2023-2025 гг. 4) AP23488145 «Моделирование тепловых и волновых процессов в термодинамических конструкциях», грантовое финансирование научных исследований, КН МОН РК, 2024-2026 гг.
2.	Важность для науки	Работа вносит /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта /не раскрыта.	Работа вносит существенный вклад в развитие современных методов математической физики, механики деформируемого твердого тела, динамики сооружений и конструкций. Важность хорошо раскрыта.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) высокий ; 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	Уровень самостоятельности высокий.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) обоснована ;	Многие конструкции подвержены одновременному воздействию механических нагрузок и температурных полей. Это требует учета термодинамической совместности, то есть взаимного влияния температурных

А. Айнакеева

	и механических деформаций. Данное исследование находится на стыке прикладной математики, физики и инженерии, соответствуют вызовам высокотехнологичных отраслей и обладают высоким потенциалом для научных и практических приложений.	
	2) частично обоснована;	
	3) не обоснована.	
	4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации. Моделирование динамики термоупругих систем на графах позволило эффективно учитывать топологию конструкции; построить масштабируемые численные модели; использовать методы теории графов, сетевого анализа и вычислительной механики.	
	1) отражает;	
	2) частично отражает;	
	3) не отражает.	
	4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации, а именно построению вычислительно эффективной модели динамики термоупругих конструкций, структура которых представлена в виде графа, а также реализации численных методов для анализа их поведения под действием внешних термомеханических нагрузок.	
	1) соответствуют;	
	2) частично соответствуют;	
	3) не соответствуют.	
	4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: В первой главе диссертации построены и исследованы фундаментальные и обобщенные решения уравнений термоупругости.	
	Вторая глава посвящена решению краевых задач термоупругости на стержнях конечной длины.	
	Третья глава посвящена разработке методов расчета термонапряженного состояния звездного графа.	
	Результаты предшествующих глав последовательно используются в последующих.	
	Построенные решения уравнений и ряда краевых задач программно реализованы в системе MatCad-15 и приведены результаты компьютерных экспериментов	
	4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:	
	1) критический анализ есть;	
	2) анализ частичный;	
	В диссертации представлен грамотный критический анализ известных в научной литературе подходов. При этом подчеркнuto, что в научной литературе пока недостаточно разработаны модели термоупругих систем на графах. Имеющиеся решения, как правило, касаются либо только теплопередачи на графах (например, в микросхемах), либо лишь	

Исследован

	3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов; 4) анализ отсутствует.	механики. Интеграция термоупругости, особенно в динамическом (временном) контексте, остаётся недостаточно проработанной. Данная диссертация хорошо дополняет эти пробелы.
5.	Принцип научной новизны 5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Научная новизна работы состоит в следующем: - для уравнений несвязанной термоупругости построен тензор Грина и исследованы его свойства. Построены обобщённые решения уравнений динамики термоупругого стержня при произвольных тепловых и силовых воздействиях из класса обобщённых функций медленного роста, что позволяет исследовать термонапряжённое состояние стержней при воздействиях ударных силовых и тепловых нагрузок. - для решения краевых задач термодинамики разработан метод обобщённых функций для стержней конечной длины. Построены новые аналитические решения краевых задач теплопроводности и термоупругости при внешних периодических и нестационарных силовых и тепловых воздействиях. - проведена численная реализация ряда краевых задач термодинамики стержня при периодических внешних силовых и тепловых воздействиях и проведены компьютерные эксперименты. - на N-звёздном тепловом графе разработана методика решения краевых задач при краевых условиях на его концах и обобщённых условий Кирхгофа в его узле. Приведены аналитические формулы расчёта температуры и тепловых потоков, которые позволяют исследовать тепловое состояние графа при нестационарных и периодических колебаниях. - на N-звёздном упругом графе разработана методика решения краевых задач при заданных краевых условиях на его концах и обобщённых условий Кирхгофа в его узле. Даны аналитические расчетные формулы, которые позволяют исследовать напряжённо-деформированное состояние упругого графа при нестационарных и периодических воздействиях. - на основе решений краевых задач на тепловом и упругом графах разработана методика решения стационарных и нестационарных краевых задач на N-звёздном термоупругом графе при заданных перемещениях либо напряжениях, температуры либо тепловых потоков на его концах.

И.И.И.

		- проведена компьютерная реализация в системе MatCad-15 решений ряда краевых задач на стержнях конечной длины и двухузвенных тепловых и упругих графах. Проведённые численные эксперименты показали высокую точность разработанного метода решения задач на графах. Выводы диссертации являются новыми, и соответствуют научным результатам и положениям диссертации. Достоинством разработанного метода является возможность его использования на графах любой структуры с линейными условиями трансмиссии в его узлах. Например, этот метод расчёта можно использовать на линейных и сетевых структурах. Разработанная методика позволяет задавать различные краевые условия на каждом ребре графа при компьютерной реализации решений без изменения программы, только с изменением входных данных.
	5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	В рамках настоящего исследования предлагается ряд новых и обоснованных решений, охватывающих как технические, так и технологические аспекты моделирования сложных термоупругих систем: - технические решения связаны с дискретной моделью термоупругой конструкции на графе, что позволило описать поведение конструкции с учётом как механических, так и температурных воздействий в едином математическом формализме; -технологические решения связаны с алгоритмической реализацией модели, которая легко масштабируется на большие графы и позволит применить к реальным промышленным объектам с десятками узлов; -экономические и управленческие решения связаны с возможностью сократить время расчетов по сравнению с классическими конечно-элементными методами. Все это подчеркивает актуальность диссертации как для научных исследований, так и для практического применения в высокотехнологичных отраслях промышленности.
	5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки
6.	Обоснованность основных выводов	Все выводы основаны на весомых с научной точки зрения и хорошо обоснованных доказательствах и расчетах.

А.А.А.А.

	зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы	
7.	Основные положения, выносимые на защиту Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано; 5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно. 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно. 7.3 Является ли новым? 1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно. 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий; 4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно. 7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	Все положения диссертации доказаны. Математически корректные доказательства не являются тривиальными. Результаты, полученные в диссертационном исследовании, являются новыми. Предложенные решения отличаются новизной подхода, учитывающего структуру конструкции в виде графа, и обеспечивают обоснованные технические и экономические преимущества по сравнению с существующими методами. Это подтверждает, что данная диссертационная работа актуальна как для научных исследований, так и для практического применения в высокотехнологичных отраслях промышленности. Диссертант имеет качественные опубликованные статьи, отражающие основные положения диссертации.

Игорь

8.	Принцип достоверности.	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана:	Выбранная в диссертационной работе методология обоснована и достаточно подробно описана. В диссертации используются классическая математическая модель линейной термоупругости, строгие аналитические методы математической физики для решения поставленных краевых задач. Теоретически построенные решения при компьютерной реализации дают высокую точность выполнения краевых условий и условий трансмиссии для разных геометрических и физико-механических параметров конструкции.
	Достоверность источников и предоставляемой информации	1) да; 2) нет.	
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:	Результаты диссертационной работы получены с использованием как классических моделей механики деформируемого твёрдого тела, так и авторских методов современных задач математической физики на основе теории обобщённых функций, с применением компьютерных технологий.
		1) да; 2) нет.	
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):	Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности полностью доказаны и могут быть использованы в качестве специальных курсов в университетах.
		1) да; 2) нет.	
		8.4 Важные утверждения подтверждены /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Основные утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.
		8.5 Использованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора.	
	9 Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:	Автором диссертации проявлен достаточно высокий кругозор с точки зрения исчерпывающего аналитического обзора научной литературы по теме исследования. Теоретическое значение работы безусловно значимое.
		1) да; 2) нет.	

Шурыга

	9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да ; 2) нет .	Практическое значение работы важно с точки зрения применения в технических, технологических, экономических задач на практике.
	9.3 Предложения для практики являются новыми: 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Предложения для практики являются достаточно новыми.
10.	Качество написания и оформления 1) высокое; 2) среднее ; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество написания и оформления диссертации выше среднего.
11.	Замечания к диссертации	Имеются незначительные грамматические ошибки, которые не умаляют научной ценности работы.
12.	Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)	Научный уровень статей докторанта по теме диссертации высокий. В целом все опубликованные статьи отражают все основные положения диссертации.
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Присудить степень доктора философии PhD-доктора по специальности «8D05403 Механика».

Официальный рецензент:
Кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры Математического и компьютерного моделирования
НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева»

Handwritten signature



Нургазина Карлыгаш Бегамбетовна