АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Аршидиновой Мукаддас Тургановны на тему: «Разработка и исследование вычислительных алгоритмов и программ для оценки и моделирования теплофизических процессов в стержнях переменного сечения», представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности: 6D070400 – «Вычислительная техника и программное обеспечение».

Актуальность диссертационной работы. В современных условиях экономического развития страны важнейшей задачей является модернизация существующих и создание новых высокоэффективных, надежных, безопасных систем и производств. Об этом свидетельствует обращение президента РК Касым-Жомарта Токаева в XI форуме машиностроителей Казахстана, где говорится «Отечественное машиностроение , являясь локомотивом промышленности показывает рост производства 9,4%, а по итогам первого квартала 2023 года 36%. Нам необходимо добиться ускоренного роста машиностроения на базе инноваций и передовых технологий»

Дальнейшее развитие энергомашиностроения и прежде всего двигателестроения связано с существенным повышением удельных показателей. Повышение надёжности и долговечности элементов конструкций двигателей, работающих в условиях сложного циклического термомеханического и теплофизического нагружения, является одной из самых приоритетных задач современного двигателестроения. Оценке надёжности и долговечности предшествует анализ температурного и напряжённо-деформированного состояний исследуемых элементов конструкций. В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений исследования температурного и напряжённо-деформированного состояний является разработка эффективных вычислительных алгоритмов.

В связи с увеличением частоты аварийных отказов опорных конструкций технологического оборудования, кожухов и транспортных тоннелей подземных городских коммуникаций, многофункциональных высотных зданий и других подобных вышеперечисленным инженерных сооружений в аварийных режимах, становится актуальным надежное предсказание их отказа. Данный прогноз необходим для разработки дополнительных мер по снижению ущерба от техногенных аварий за счет повышения надежности опорных конструкций в экстремальных режимах воздействия. Статистика разрушений вышеперечисленных объектов практически отсутствует, а на многих специальных конструкциях провести полномасштабные эксперименты не представляется возможным.

Высокая динамика современного развития вычислительных средств привела к появлению мощных компьютерных систем. Это открывает новые более широкие возможности эффективного использования вычислительных алгоритмов сложных теплофизических и физико-механических процессов. В то

же время качество вычислительных алгоритмов во многом зависит от достоверности на теоретическом уровне принятых математических моделей.

Важнейшим результатом применения математического моделирования является проверка точности и глубины понимания изучаемых теплофизических и физико-механических процессов путем сравнения численных и доступных экспериментальных данных. При этом весьма полезным является совместное координирование экспериментальных и численных исследований и, как следствие, построение и пополнение информационных баз данных о моделируемых физических процессах, имеющих широкую перспективу технической реализации в создаваемых образцах новейшей техники.

Актуально изучение качественного и количественного влияния параметров источника тепла и геометрических характеристик стержня на температурное поле. Это связано с тем, что надежная работа технологических линий перерабатывающих предприятий, элементы атомных и тепловых электростанций, реактивных двигателей и двигателей внутреннего сгорания, зависит от термофизического состояния этих элементов при воздействии разнородных источников тепла.

Актуальной является также проблема создания новых эффективных алгоритмов и на их основе современного прикладного программного обеспечения для решения задач вычислительной теплопроводности.

Цель диссертационной работы. Разработка вычислительных алгоритмов и программного комплекса для исследования теплофизических характеристик теплоизолированного и нетеплоизолированного стержня переменного сечения.

Задачи исследования.

Согласно поставленной цели, в данной работе решаются следующие задачи:

– исследование термомеханического состояния с использованием вариационного подхода для стержня переменного сечения;

– разработка численного метода и алгоритмов на основе предложенного вариационного подхода для оценки теплофизических процессов в стержнях переменного сечения;

– создание программного комплекса на основе полученных разработанных алгоритмов.

– разработка алгоритма и программного обеспечения для решения задачи теплопроводности в нетеплоизолированном цилиндре с использованием цилиндрической системы координат.

Объект исследования. Теплофизические процессы в стержне переменного сечения.

Предмет исследования. Численные методы и алгоритмы решения задач определения термомеханического состояния стержня переменного сечения, основанные на вариационном подходе.

Методы исследований. Для решения поставленных задач в работе используются: вариационный метод, аналитический метод, методы конечных разностей и конечных элементов, Метод Галеркина.

Информационной базой научной работы являются материалы периодической печати по исследованиям в области термодинамики, монографии, Интернет-ресурсы, материалы научных-практических конференций.

Для проведения численного эксперимента разработан программный комплекс ASIR.

Научная новизна. Представленное исследование имеет следующие значительные результаты, которые придают ему научную новизну:

– разработана модель для исследования теплофизических характеристик стержня переменного сечения с использованием вариационного подхода;

– разработаны методы формирования системы линейных уравнений с целью определения закона распределения температуры для теплоизолированного и нетеплоизолированного стержня переменного сечения, что существенно сокращает количество машинных операций;

– разработаны вычислительные алгоритмы для автоматического формирования функционала и определения теплофизических характеристик;

– разработаны алгоритмы и программное обеспечение для решения задачи теплопроводности в нетеплоизолированном цилиндре с использованием цилиндрической системы координат.

Положения, выносимые на защиту.

Методы и алгоритмы исследования теплофизических характеристик стержня в виде усеченного конуса, эксплуатируемый при различных видах теплового воздействия, удовлетворяющий требованиям заданных условиями эксплуатаций.

Эти результаты значительно обогащают область исследований в численном моделировании теплопроводности и расширяют применение таких моделей в различных областях науки и техники. Разработанный метод, алгоритмы и программный комплекс могут быть полезными в инженерных расчетах, а также в других прикладных областях, где важно анализировать теплофизические процессы в структурах с переменными характеристиками и множеством источников тепла.

Практическая значимость работы по разработке и исследованию вычислительных алгоритмов и программ для оценки и моделирования теплофизических процессов в стержнях переменного сечения заключается в следующем: Программный комплекс ASIR позволяет инженерам оптимизировать геометрию и материалы стержней для достижения желаемых тепловых характеристик, что может привести к уменьшению веса, стоимости и повышению эффективности. Понимание теплофизических процессов важно для оценки срока службы и надежности конструкционных элементов, что способствует повышению безопасности. Анализ влияния тепловых процессов на материалы может помочь в разработке новых материалов с улучшенными характеристиками. Полученные алгоритмы и программы могут использоваться в академических целях для обучения студентов и проведения научных экспериментов. Анализ результатов моделирования может служить поддержкой

для принятия инженерных и управленческих решений. Алгоритмы могут быть адаптированы и использованы в различных областях, где важно понимание тепловых процессов, таких как биомедицина, аэрокосмическая отрасль, машиностроение. Разработанные методы и инструменты могут найти широкое практическое применение и стать значимым вкладом в развитие соответствующих технологических и научных областей.

Таким образом, диссертация имеет высокую практическую значимость, поскольку она предоставляет инструменты и решения для реальных инженерных и промышленных задач, а также успешно апробирована в промышленном контексте.

Личный вклад исследователя. Исследователь провел личное решение задач, связанных с диссертационной работой, что подчеркивает его активное участие в процессе исследования и разработки. В рамках работы были выполнены следующие виды исследований:

-аналитическое исследование: Исследователь провел анализ предыдущих работ и разработал алгоритм для оценки теплофизических характеристик стержня переменного поперечного сечения. Этот анализ помог сформулировать математические модели и подходы для решения задачи.

-численное исследование: на основе разработанных математических моделей и алгоритмов, исследователь провел численные расчеты для оценки теплофизических процессов в стержне переменного сечения. Эти расчеты позволили получить количественные результаты и провести анализ в различных условиях.

-разработка программного обеспечения: Исследователь создал архитектуру и программный комплекс ASIR , которая позволяет проводить оценку теплофизических характеристик стержня переменного сечения. Это программный комплекс может быть использовано для решения практических задач в инженерии и науке.

Все эти шаги позволили исследователю разработать комплексный подход к решению задачи и представить новый метод и программный комплекс для оценки теплофизических характеристик стержня переменного сечения ограниченной длины.

Основания для выполнения работы. Диссертационная работа выполнялась в рамках проекта № AP05131093, грантового финансирования МНВО РК, на базе РГП на ПХВ «ИИВТ» КН МНВО РК.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований обсуждались на кафедре «Компьютерных наук» Казахского национального университета им. Аль-Фараби, на семинарах в РГП на ПХВ "ИИВТ" КН МНВО РК, на кафедре машиностроения Инженерного факультета Университета Коджаэли (Измит, Турция), выступлениях на международных научно-практических конференциях.

Достоверность полученных численных результатов подтверждена сравнением с данными других авторов, с результатами аналитических решений и численных экспериментов.

Публикации. Основные научные результаты диссертации изложены в 17 публикациях, в том числе: 2-монографии, 4 - в научных изданиях, рекомендуемых КОКСНВО РК, 2 - в международных научных изданиях, входящих в базу данных Scopus, 1- в международных научных изданиях, 8 - в материалах международных научно- практических конференций, из них:

– 2 статьи в международных научных журналах, индексированных в Web of Science *с импакт-фактором Q3*: (Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, International journal of mechanics)

– 4 статьи в журналах из списка, рекомендованного Комитетом по контролю в сфере науки и высшего образования МНВО РК (КОКСНВО): (Вестник КазНИТУ, Известия НАН РК. Серия физико-математическая, Вестник КазАТК , Вестник КазУТБ)

– 9 публикаций в материалах международных и республиканских конференций и докладов на научных семинарах:

– на III Международной научно-практической конференции, Украина, г. Переяслав-Хмельницкий, апрель 2018;

– на 16-й Международной конференции «Информационные технологии и менеджмент» / 16th International Conference Information technologies and Management, 2018, Information Systems Management Institute, Riga, Latvia;

– на 5-й Международной конференции по информатике и технике управления / 2018 5th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE 2018), Zhengzhou, China Jule,2018;

– на 2-й Международной конференции по достижениям в области гражданского строительства, энергетических ресурсов и экологической инженерии, 2020, Наньнин, Китай. Серия конференций IOP: Науки о Земле и окружающей среде / 2nd International Conference on Advances in Civil Engineering, Energy Resources and Environment Engineering, 2020, Nanning, China. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science;

– в докладе на 1-й и 2-й Международной конференции по устойчивому развитию науки и технологий, 2018, Анталья-Турция/ 1st International Conference on sustainable on science and technology, 2018, Antalya-Turkey- 2nd International Conference on Sustainable Science and Technology , 2019, Istanbul-Turkey;

– в докладе на 22-м Конгрессе тепловых наук и технологий ULIBTK'19, 2019, Коджаэли – Турция/ ULIBTK'19 22th Congress of Thermal Sciences and Technology, 2019, Kocaeli – Turkey;

– в докладе на 7th Asian Mechanisms and Machine Science Conference (ASIAN MMS 2024);

Разработанное программный комплекс ASIR для исследования теплофизических процессов в стержне прошли внедрение и апробацию в ТОО «ТеплоСнаб» (г. Астана) и ТОО «Оңтүстік Жарық Транзит» (г.Шымкент) что подтверждается актами производственных испытаний, № 148 от 12.09.2023 г. и № 776 от 17.10.2023 г. соответственно.