

## АННОТАЦИЯ

диссертационной работы **Бегалиевой Каламкас Балтабековны** на тему: «Разработка автоматизированной системы управления теплофизическим состоянием стержня при эксплуатации», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070200 – «Автоматизация и управление»

**Актуальность диссертационной работы.** Для исследования теплофизического состояния стержней необходимо разрабатывать специальные модели, пакеты прикладных программ. Данная работа посвящена к автоматизации исследования теплофизического состояния стержня постоянного сечения и ограниченной длины.

Поэтому разработка автоматизированной системы теплофизического состояние несущих элементов в виде стержней ограниченной длины является актуальной задачей сложных теплофизических процессов в несущих элементов конструкций.

В настоящее время актуальной проблемой является выбор соответствующих жаропрочных материалов для различного уровня тепловых воздействий. Поэтому научно-исследовательские изыскания в области повышения качества и долговечности жаропрочных изделий является актуальной.

Стержни ограниченной длины применяются как несущие элементы современных реактивных и водородных двигателей, газогенераторных, атомных и тепловых электростанций, технологических линий перерабатывающей промышленности, энергетических установок космических кораблей. Несущие элементы этих установок работают при воздействии источников тепла. Поэтому разработка специальных методов и вычислительных алгоритмов и комплекса прикладных программ позволяющих исследовать теплофизического состояния стержней ограниченной длины находящихся под воздействием источников тепла является актуальной проблемой.

**Целью диссертационной работы** является разработка алгоритмов и программ определения распределения температуры по длине исследуемого стержня с квадратным сечением.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решаются нижеследующие задачи.

- построение вычислительных алгоритмов и программ для решения уравнения теплопроводности, основанных на применении разностной схемы;
- построение вычислительных алгоритмов и программ для решения уравнения теплопроводности, основанных на применении метода Рунге-Кутты;
- построение вычислительных алгоритмов и программ для решения уравнения теплопроводности, основанных на сведении к интегральным уравнениям;

- разработка автоматизированная система для решения прямых задач уравнения теплопроводности стержня с квадратным сечением и комплексные программы решения обратных задач теплопроводности;

- разработка программный комплекс для решения обратной (управляющей) задачи уравнения теплопроводности стержня с квадратным сечением.

**Объектом исследования** является квадратный стержень с ограниченной длиной и постоянным поперечным сечением, с воздействием источников тепла.

**Предметом исследования** являются математические модели теплопроводности стержня с квадратным сечением.

**Научная новизна диссертационной работы:**

- предложены вычислительные алгоритмы и программы для решения уравнения теплопроводности, основанных на сведении к интегральным уравнениям; исследованы его свойства и приведены оценки его применимости

- автоматизированная система управления теплофизическим состоянием стержня.

**Методы исследований.** Применены методы математической физики, дифференциальных и интегральных уравнений, методы вычислений. При программной реализации используются методы системного и прикладного программирования.

**Теоретическая и практическая значимость исследования:**

Научная значимость данного проекта заключается, прежде всего, в построении алгоритмов и программ решения уравнения теплопроводности стержня с квадратным сечением, основанных на различных математических теориях: разностным методом, методом Рунге-Кутты и интегральных уравнений.

Даны оценки свойств и ограничения по применимости предложенных алгоритмов.

Разработана автоматизированная система управления теплофизическим состоянием стержня при эксплуатации

Разрабатываемая технология автоматического управления теплофизическим состоянием может быть использована (после соответствующей адаптации) для решения уравнения теплопроводности с другой физической структурой.

Практическая значимость состоит в разработке алгоритмов и программных средств оценки распределения температуры стержня в реальном времени.

Положительный экономический эффект будет обусловлен стимулированием повышения спроса на рынке программных средств предварительного прогноза изменения температуры в технических изделиях.

В этой связи исследования по разработке алгоритмов и программ для решения уравнения теплопроводности являются актуальными.

**Положения, выносимые на защиту.** По результатам исследования были решены нижеследующие задачи:

- построены вычислительные алгоритмы и программы для решения уравнения теплопроводности, основанных на применении разностной схемы; исследованы его свойства и приведены оценки его применимости;

- построены вычислительные алгоритмы и программы для решения уравнения теплопроводности, основанных на применении метода Рунге-Кутты; исследованы его свойства и приведены оценки его применимости;

- построены вычислительные алгоритмы и программы для решения уравнения теплопроводности, основанных на сведении к интегральным уравнениям; исследованы его свойства и приведены оценки его применимости;

- решена обратная задача (управления) для уравнения теплопроводности стержня с квадратным сечением на основе сведения к системе линейных интегральных уравнений, для решения которой разработан соответствующий алгоритм;

- разработано программное обеспечение позволяющее решать уравнения теплопроводности различными методами.

**Структура диссертации** включает введение, 5 разделов, заключение, список использованных источников и приложений.

**Во введении** дано обоснование актуальности выбранной темы диссертационной работы. Сформулированы цель, объект, предмет и задачи научно-исследовательской работы. Описаны результаты проведенных исследований, показаны их научная новизна и практическая значимость. Приведены данные об апробации основных результатов диссертационной работы.

**Первый раздел** диссертационной работы посвящен обзору существующих АСУ. В этом же разделе приведена общая характеристика проблемы и постановка задач исследования уравнения теплопроводности.

**Второй раздел** посвящен разработке алгоритмов и программ уравнения теплопроводности разностным методом.

**Третий раздел** посвящен разработке алгоритмов и программ уравнения теплопроводности методом Рунге-Кутты.

**Четвертый раздел** посвящен разработке алгоритмов и программ уравнения теплопроводности методом интегральных уравнений.

**Пятый раздел** посвящен исследованию обратной задачи теплопроводности.

В заключении изложены основные результаты и выводы диссертации.

**Апробация работы.** Результаты диссертационной работы доложены на международных научных конференциях молодых ученых и специалистов Казахского национального университета, а так же на научных семинарах кафедры «Искусственный интеллект и Big Data» имени аль-Фараби.

**Личный вклад автора.** Все исследования, изложенные в диссертационной работе, проведены лично соискателем в процессе научной деятельности. Из совместных публикаций в диссертацию включен лишь тот

материал, который непосредственно принадлежит соискателю, заимствованный материал обозначен в работе ссылками.

### **Научные публикации: в СКОПУС и КОКСОН**

1. Anarbay Kudaykulov, Erkin Arinov, Nurlybek Ispulov, Abdul Qadir, Kalamkas Begaliyeva. Numerical Study of a Thermally Stressed State of a Rod // *Advances in Mathematical Physics*, Volume 2019, Article ID 8986010, 9 pages. <https://doi.org/10.1155/2019/8986010>

2. Zhumakhanova A.S., Nogaybaeva M.N., Askarova A., Arshidinova M.T., Begaliyeva K.B., Kudaykulov A., Tashev A.A. An analytical solution to the problem of the thermomechanical state of a rod of limited length, with simultaneous presence of end temperatures and lateral heat exchange // *Известия НАН РК, серия физико-математическая*, №1, 2018

3. Begaliyeva K.B., Arshidinova M., Arynov E.B., Kudaykulov A.K., Tashev A.A. The energy method for solving a nonlinear problem of thermo elasticity for a rod of variable cross section // *Bulletin of the Karaganda University – Mathematics*, №1 (93), 2019. – С.115-121.

4. Кудайкулов А, Ташев А.А., Аршидинова М.Т., Бегалиева К.Б., Аскарлова А. Исследование и разработка метода учета наличия локальных поверхностных теплообменов в стержнях переменного сечения // *Вестник КазНУ – технические науки*. №3 – 2019. – С.276-283.

5. Кудайкулов А, Калимолдаев М.Н., Ташев А.А., Аршидинова М.Т., Бегалиева К.Б. Шектеулі температура мен жылу окшаулағыш бір мезгілде болған кезде сырықтың термо-механикалық жай-күйін зерттеу алгоритмі. // *Вестник КазНУ – технические науки*. №3– 2020. – С.163-175.

6. Мазаков Т.Ж., Калимолдаев М.Н., Джомартова Ш.А., Бегалиева К.Б., Мазакова Ә.Т. Айырмашылық әдісімен шаршы қимасы бар өзектің жылу өткізгіштік тендеуін шешу // *Вестник КазНУ – серия «Физико-математические науки»*. №1 (77), 2022. – С.33-40.

7. Mazakova A.T., Begaliyeva K.B., Mazakov T.Zh., Jomartova Sh.A., Ziyatbekova G.Z. Solution of the Thermal Conductivity Equation of a rod with a Square section by casting to a system of ordinary differential equations // *New of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. al-Farabi Kazakh National University, Series Information Technology*, Алматы, NAS RK, 2022 – № 3 (343) – С.153-163

### **на научных конференциях:**

1. A Kudaykulov, A Tashev, M Arshidinova, K Begaliyeva Research of a thermo-stressed state of a core of variable section in the presence of a heat flux, thermal insulations and heat exchange // *The 16th INTERNATIONAL CONFERENCE INFORMATION TECHNOLOGIES AND MANAGEMENT 2018 April 26-27, 2018, Information Systems Management Institute, Riga, Latvia*

2. Кудайкулов А., Ташев А. А., Аршидинова М.Т., Бегалиева К.Б., Аскарлова А. Энергетический метод решения нелинейной задачи термоупругости для стержня переменного сечения // *III Международная*

научно-практическая конференция, Украина, г. Переяслав-Хмельницкий, апрель 2018 г.

3. Бегалиева К.Б., Аршидинова М.Т., Кудайкулов А., Ташев А.А. Энергетический метод решения нелинейной задачи термоупругости для стержня переменного сечения //Материалы XIV Международной Азиатской школы-семинара «Проблемы оптимизации сложных систем», ч.1., Кыргызская Республика, июль 2018 г., с. 156

4. M Arshidinova, K Begaliyeva, Kudaykulov, A Tashev, Numerical Modeling Of Nonlinear Thermomechanical Processes In a Rod Of Variable Cross Section In The Presence Of Heat Flow, 2018 5th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE 2018), Zhengzhou, China July,2018

5. Anarbay Kudaykulov, Tashev Azat, Mukaddas Arshidinova and Kalamkas Begaliyeva Power Research Technique Of A Thermomechanical Condition Of A Core Of Restricted Length, Variable Section At Influence Of Heterogeneous Types Of Sources Of Heat //1st International Conference On Sustainable Science And Technology (Icsusat-2018) 12-16 October 2018, Antalya-Turkey

6. Бегалиева К.Б., Аршидинова М.Т., Кудайкулов А., Ташев А.А. Автоматизация исследования напряженного состояния стержня ограниченной длины при действии локального бокового теплового потока // Материалы научной конференции ИИВТ МОН РК «Современные проблемы информатики и вычислительных технологий», Алматы, 2019. – С.135-148.

7. Бегалиева К.Б., Аршидинова М.Т., Кудайкулов А., Ташев А.А. Разработка численного метода учета наличия локальных поверхностных теплообменов в стержнях переменного сечения // Материалы научной конференции ИИВТ МОН РК «Современные проблемы информатики и вычислительных технологий», Алматы, 2019. – С.201-210.

8. Әлиасқар М.С., Мазақова Ә.Т., Бегалиева К.Б., Мазақов Т.Ж., Джомартова Ш.А. Сведение задачи исследования теплопроводности стержня к системе интегральных уравнений //VII Международная научная конференция «Информатика и прикладная математика» ИИВТ КН МНВО РК, октябрь 2022, С. 26-32.

### **Свидетельства о государственной регистрации прав на объект авторского права:**

1 Свидетельство о внесении в государственной реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №1845 от 19 февраля 2019 года «Automated system for investigation the thermophysical state of the rod – ASIR». Авторы: Аршидинова М., Кудайкулов А., Ташев А., Бегалиева К.

2 Свидетельство о внесении в государственной реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №22212 от 7 декабря 2021 года «Комплекс программ решения уравнения теплопроводности стержня с квадратным сечением разностным методом». Авторы: Мазақов Т.Ж., Калимолдаев М.Н., Джомартова Ш.А., Бегалиева К.Б., Мазақова Ә.Т., Саметова А.А., Шорманов Т.С., Әлиасқар М.С., Мухаев Д.К.