

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Аскаровой Асел на тему «Компьютерно-математическое моделирование нелинейных термо-механических процессов в стержнях из жаропрочных сплавов», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D070500- Математическое и компьютерное моделирование»

Актуальность темы исследования. В технологических линиях медиплавильных, алюминий плавильных и металлургических комбинатах несущие стержневые элементы основных конструкций работают в сложном тепловом поле. Несущие элементы атомных реакторов, тепловых электростанций, больших газогенераторных электростанции, двигателей внутреннего сгорания, реактивных двигателей и нефтенагревательных станций и нефтеперерабатывающих заводов являются стержневыми элементами. Эти стержни изготавливаются из жаропрочных и тугоплавких сплавов. Они выдерживают большие температуры и усилия. Предел прочности материалов таких стержней на порядок превосходит предела прочности обычных сталей. Для надежной работы выше перечисленных оборудований, необходимо обеспечить термическую прочность стержневых несущих элементов. Для исследования термо-механического состояния таких стержней необходимо разрабатывать специальные модели, методы и пакеты прикладных программ.

Данная работа посвящена разработке компьютерно-математической модели термо-механического состояния стержня на основе закона сохранения энергии учитывающее одновременного воздействия разнородных локальных видов источников тепла. Также учитывается геометрические характеристики стержня ограниченной длины и постоянного поперечного сечения. Физико-механические свойства материала стержня учитываются в функционалах полной тепловой энергии, потенциальной энергии, упругих деформаций с учетом поля температуры.

Несущие элементы двигателей внутреннего сгорания, реактивных двигателей, водородных двигателей, газогенераторных электростанций и тепловых, атомных электростанций, а также перерабатывающие промышленности работают в сложном тепловом и силовом поле. Надежность работы этих оборудований будет строго зависеть от термопрочностных характеристик этих несущих элементов. По этому разработка компьютерно - математический модели теплофизического состояние несущих элементов в виде стержней ограниченной длины которое работает под одновременном воздействием локальных температур, тепловых потоков, теплоизоляций и теплообменов является актуальной задачей компьютерно – математического моделирования сложных теплофизических процессов в несущих элементов конструкций. Эти модели с другой стороны должны быть основаны на фундаментальных законах сохранения энергии. Проанализированы

существующие работы по определению термо-механических характеристик стержня при одновременном воздействии разнородных видов источников тепла. Формирован функционал полной тепловой энергии для определения закона распределения температуры по длине стержня при одновременном воздействии разнородных источников тепла с учетом конвективных теплообменов и теплоизоляций. Построена компьютерно-математическая модель для определения поле перемещения вдоль стержня при одновременным воздействием разнородных видов локальных источников тепла. Разработана на языке высшего уровня программирования Python программное обеспечение компьютерно-математической модели установившегося термо-механического состояния стержня ограниченной длины и постоянного поперечного сечения.

Цель диссертационной работы. Целью данной работы является разработка на основе фундаментальных законов сохранения энергии вычислительных алгоритмов, методов, а также пакет прикладных программ позволяющих исследовать нелинейные теплофизические процессы который происходит в несущих элементов конструкции в виде стержней ограниченной длины при одновременном наличии локальных температур, тепловых потоков, теплоизоляций а также теплообменов.

Задачи исследования:

- Разработка методов и алгоритмов формирования функционала полной тепловой энергии для стержня с учетом одновременного наличия локальных температур, тепловых потоков, конвективных теплообменов и теплоизоляций;

- Разработка методов минимизации полной тепловой энергии и формирования система линейных уравнений для оценка температуры в узловых точках стержня;

- Разработка методов оценки закона распределения температуры и перемещения по длине стержня;

- Разработка методов определения термо-механических характеристик стержня;

- Создание программного обеспечения для определения термо-механических характеристик стержня.

Объект исследования. Несущие элементы двигателей внутреннего сгорания, реактивных двигателей, водородных двигателей, газогенераторных электростанций и тепловых атомных электростанций, а также перерабатывающие промышленности. В виде стержней ограниченной длины находящихся под одновременном воздействием локальных температур, тепловых потоков, теплоизоляций и конвективных теплообменов.

Предмет исследования.

Термомеханика, термоупругость, теплофизика, вариационная задача.

Методы исследования. Математическое моделирование, метод вариации, методы оптимизации, методы решения систем уравнений,

основные законы сохранения энергии и др. применяется. Реализация предложенных методов и алгоритмов осуществляется в виде пакета приложений, разработанных на современном языке программирования Python.

Научная новизна исследования.

- построены квадратичные сплайн функции в местной системе координат, обеспечивающие непрерывность искомых функции при переходе из одного дискретного элемента к соседнему;

- построена математическая модель функционала полной тепловой энергии для определения закона распределения температуры по длине стержня при одновременном воздействии разнородных источников тепла с учетом конвективных теплообменов и теплоизоляций;

- построена компьютерно-математическая модель для определения термо-механических характеристик стержня при одновременном воздействии разнородных видов источников тепла;

- построена компьютерно-математическая модель для определения поле перемещения вдоль стержня при одновременным воздействием разнородных видов локальных источников тепла.

Теоретическое и практическое значение полученных результатов.

Разработанная вычислительная алгоритмы, методы, а также комплексы прикладных программ для исследования нелинейных теплофизических состояний несущих элемента конструкций находящегося при одновременном наличии локальных температур, тепловых потоков, теплоизоляций, теплообменов является обогащением теоретических основ математического моделирования нелинейных процессов в стержневых элементах выполненных из жаропрочных сплавов.

Практическая значимость этих разработанных продукций является разработанным методом для решения прикладных и инженерных задач по исследованию термopрочности несущих элементов стратегических конструкции.

Основные положения выносимые на защиту. На основе закона сохранения фундаментальной энергии создана компьютерно-математическая модель для исследования термомеханического состояния стержня смешанной длины под воздействием различных локальных источников тепла. Получены алгоритмы и модели для определения закономерностей распределения температуры, температуры, термоупругости, напряжений и перемещений от различных локальных источников тепла по длине стержня максимальной длины смеси. Разработан алгоритм определения величины удлинения стержня из смеси фиксированных длин с закрепленным одним концом под действием различных локальных источников тепла. Алгоритм определения величины осевой сжимающей силы, вызываемой различными локальными источниками тепла на стержне фиксированной длины, изготовленном из смеси, закрепленном на обоих концах. Все разработанные алгоритмы и модели реализованы на языке программирования Python.

Личный вклад исследователя. Разработана компьютерно-математическая модель для исследования термомеханических состояний, возникающих при воздействии различных источников тепла на стержень постоянной длины с постоянной площадью поперечного сечения. Здесь использовался энергетический метод. Он также показал, как создать систему основных уравнений энергетическим методом. Обсуждались значения полученных решений в графической и табличной форме, показывая, как учесть естественные предельные условия и получить полное решение задачи в конкретной ситуации. В основном работа выполнялась совместно с научным руководителем и зарубежным научным руководителем.

Построенные в работе математические модели основаны на фундаментальных законах сохранения энергии. Данная работа посвящена разработке компьютерно-математической модели термо-механического состояния стержня на основе закона сохранения энергии учитывающее одновременного воздействия разнородных локальных видов источников тепла. Также учитываются геометрические характеристики стержня ограниченной длины и постоянного поперечного сечения. Физико-механические свойства материала стержня учитываются в функционалах полной тепловой энергии, потенциальной энергии, упругих деформаций с учетом поля температуры.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников. Общий объем исследования составляет 81 страниц, в том числе 12 рисунков, 7 таблиц.

В первом разделе представлен обзор работ предыдущих ученых по теме исследования и представлены необходимые концепции для исследовательской работы, которая является основой диссертации. Изучается функциональность энергии.

Во втором разделе были созданы сплайн-функции второго порядка для длины каждого конечного элемента, необходимого для исследования, и изучены его свойства. Его свойства обеспечивают непрерывность искомой функции от одного элемента к другому. Математические исследования создали компьютерную модель результатов, полученных в результате доказательства.

В третьем разделе описана работа по созданию программного комплекса для задач, рассматриваемых в диссертации.

В заключение сформулированы основные выводы и результаты работы.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты исследования были представлены и обсуждены на следующих конференциях и семинарах:

- «Проблемы и перспективы развития науки в начале третьего тысячелетия в странах Европы и Азии» XXXVII Международной научно-практической интернет-конференции (Переяслав-Хмельницкий, Украина, 29-30 апреля, 2017).

- «Проблемы и перспективы развития современной науки в странах

Европы и Азии» III Международной научно-практической интернет-конференции (Переяслав-Хмельницкий, Украина, 30 апреля, 2018).

- Посвященная 80-летию юбилею профессора Бияшева Р.Г «Информатика и прикладная математика» III Международной научной конференции (Алматы, 2018).

По теме диссертации опубликованы 8 статей и 2 монографии:

1. Investigation of the Steady Nonlinear-Thermomechanical State of a Rod of Limited Length and Constant Cross-Section in the Presence of Symmetrical Local Thermal Insulation, Lateral Heat Exchanges and End Heat Fluxes // Journal of Advanced Physics. Vol.7, pp.1-5,2018

2. A computational algorithm and the method of determining the temperature field along the length of the rod of variable cross section// Open Engineering, Vol. 8, pp.170-175, 2018 (CiteScore – 1,2; 46 percentile)

3. Жумаханова А.С., Кудайкулов А., Ташев А.А., Калиева Г.С., Асқарова А. Энергетический метод в исследовании установившегося теплофизического состояния стержня переменного сечения при наличии теплового потока, теплообмена и теплоизоляции// Известия Национальной Академии Наук Республики Казахстан. – Алматы, 2017. – №3 (313). – С.38-48.

4. Кудайкулов А., Аршидинова М.Т., Асқарова А. Основные соотношения нелинейных квадратичных элементов и термоупругих энергетических принципов и моделирование термомеханических процессов в стержнях ограниченной длины при наличии переменного теплового потока// Монография. – Алматы, 2017. – ISBN 978-601-208-995-4 – С.147.

5. Кудайкулов А., Аршидинова М.Т., Асқарова А. Численное моделирование термонапряженного состояния защемленного двумя концами стержня при наличии источников тепла// Монография. – Алматы, 2017. – ISBN 978-607-280-996-1 – С.87.

6. Жумаханова А.С., Ногайбаева М.О., Аршидинова М.Т., Бегалиева К.Б., Кудайкулов А., Ташев А.А., Асқарова А. Аналитическое решение задачи о установившегося термомеханического состояния стержня ограниченной длины при одновременном наличии концевых температур и боковых теплообмена// Известия Национальной Академии Наук Республики Казахстан. – Алматы, 2018. – №1 (317). – С.25-33.

7. Аршидинова М.Т., Бегалиева К.Б., Кудайкулов А., Асқарова А. Исследование и разработка метода учета наличия локальных поверхностных теплообменов в стержнях переменного сечения// Вестник КазНУ. – Алматы, 2019. – №3 (133). – С.276-283