

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу
Звонова Александра Олеговича на тему «Методика, математическое и программное обеспечение автоматизированного проектирования типорядов резинокордовых патрубков», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.7. Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа А. О. Звонова посвящена вопросам параметрической оптимизации применительно к автоматизированному проектированию определенного типа изделий машиностроения, которые имеют одинаковое эксплуатационное назначение и общую технологическую базу при изготовлении, но различаются рядом характеристик в рамках общей компьютерной модели. Актуальность разработки соответствующих программных модулей и подсистем вместе с математическим обеспечением и эффективными алгоритмами многокритериальной оптимизации обусловлена их применимостью в самых современных подходах к конструированию с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР). Так, в машиностроении важной задачей САПР является сокращение сроков проектирования и трудозатрат на поиск наилучших конструктивных решений, которые одновременно отвечают нескольким критериям, оказывающим противоположное влияние на эксплуатационные характеристики изделия. Также важными и нерешенными остаются многие вопросы расчетного обоснования оптимальных конструкций с применением прогрессивных численных методов, включая методы искусственного интеллекта. Все перечисленные факторы определяют актуальность темы исследования представленной диссертационной работы.

Структура, объем и основное содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и двух приложений с актами о внедрении результатов научно-исследовательской работы. Список цитируемой литературы включает 165 источников, в том числе – научные статьи и патенты автора. Общий объем диссертации составляет 137 страниц машинописного текста. Диссертация содержит 40 рисунков и 19 таблиц. Структура и оформление диссертации соответствуют нормативным требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автореферат отражает

основное содержание диссертации. Текст диссертации обладает структурным единством, свидетельствует о личном вкладе автора в исследование.

Во введении обоснованы актуальность выполненных диссертантом исследований и степень разработанности темы исследования; сформулированы цель и задачи работы, положения, выносимые на защиту; дано описание использованных методов исследования; показаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы; приведены сведения об успешном применении разработанной подсистемы инженерных расчетов на предприятии при разработке конструкции для серии резинокордовых патрубков.

В первой главе выполнен анализ проблематики автоматизированного проектирования типорядов изделий и применения методов искусственного интеллекта в САПР. Обоснован выбор патрубков в качестве модельного объекта для автоматизированного проектирования типорядов изделий. Аналитический обзор завершается постановкой задач исследования, связанных с применением численной оптимизации к автоматизированному проектированию в заявленной области.

Во второй главе представлены результаты разработки методики автоматизации проектирования типорядов резинокордовых патрубков. Проанализирован и формализован процесс проектирования с использованием математических моделей на нескольких уровнях, включая конструирование и технологическую подготовку производства. Дано пошаговое описание процесса проектирования для типоряда изделий от ввода исходных данных технического задания на каждое изделие типоряда до получения расчетных параметров конструкции и их внесения в базу данных на изделия типоряда.

В третьей главе представлены результаты разработки математического обеспечения для проектирования резинокордовых патрубков. Описана математическая модель патрубка, включающая параметры функционального проектирования и технологической подготовки производства. Математическая модель на конструктивном уровне построена с учетом расчетных соотношений механики тонких армированных оболочек произвольной формы. Для эффективного применения методов оптимизации организовано пространство параметров модели с учетом возможных различий в конструкции и нагружении, заданы их ограничения.

В четвертой главе представлены результаты разработки модифицированного генетического алгоритма для оптимизации патрубка. Показана подготовка данных и тестирование предложенного алгоритма дифференциальной эволюции. В качестве исходных данных для сравнительного тестирова-

ния взяты многоэкстремальные функции, построенные по методу Фельбаума. Предложенная модификация генетического алгоритма отличается введением в генотип каждой особи блока рецессивных генов, которые могут мутировать независимо от приближения особи к целевой функции, обеспечивая таким образом постоянное генетическое многообразие популяции.

В пятой главе описано информационное обеспечение и разработанная подсистема САПР для выполнения оптимизирующих расчетов. Разработанный алгоритм реализован в виде программы, написанной на языке C++.

В заключении представлены основные результаты и выводы диссертации, подтверждающие решение поставленных задач исследования.

Соответствие содержания диссертационной работы паспорту специальности

В диссертационной работе решены задачи в соответствии с поставленной целью исследования: разработка и реализация методики автоматизированного проектирования типорядов резинокордовых патрубков в виде подсистемы САПР. Решенные задачи, тема и содержание диссертационной работы соответствуют паспорту научной специальности 2.3.7. Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования: пункту 1 паспорта специальности (Методология компьютерного моделирования и автоматизированного проектирования в технике и технологиях, включая постановку, формализацию и типизацию проектных и технологических процедур, алгоритмов и процессов проектирования) и пункту 6 паспорта специальности (Разработка компьютерных моделей, алгоритмов, программных комплексов оптимального проектирования технических изделий и процессов).

Научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Научная новизна диссертационной работы А. О. Звонова обусловлена новым подходом к процессам конструирования ряда однотипных изделий машиностроения, который отличается от типичной методики автоматизированного проектирования через итерационный процесс геометрического моделирования и конечно-элементного анализа конкретной конструкции с применением САПР общего назначения. Автором получены оригинальные результаты, к наиболее значимым относятся следующие:

- методика автоматизации проектирования типорядов изделий машиностроения на примере резинокордовых патрубков, разработанная на основе комплексного анализа процесса проектирования и использующая методы численной оптимизации;

- алгоритм дифференциальной эволюции, модифицированный для изменения целевой функции при решении задачи многокритериальной оптимизации конструкции без возврата к начальному состоянию популяции и, соответственно, – без перезапуска алгоритма;

- математические модели ряда конструкций резинокордовых патрубков; созданные с учетом параметров системного, конструктивного, технологического и материального уровней.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в том, что предложенный алгоритм реализован в виде программы, позволяющей автоматизировать проектирование типорядов изделий, сократить время проектирования новых изделий с измененными параметрами и повысить их качество. Практическая значимость работы подтверждается актом внедрения результатов диссертационной работы в ФГУП «ФНПЦ «Прогресс» в виде компьютерной программы для автоматического проектирования типорядов патрубков на основе модели-прототипа. На разработанные конструкции резинокордовых патрубков А. О. Звоновым получено четыре патента РФ.

Степень обоснованности научных положений и достоверности полученных результатов

Достоверность результатов диссертационной работы А. О. Звонова подтверждается корректностью применения выбранных автором методов решения поставленных задач; корректным соотношением теоретических положений и экспериментальных данных, приведенных в тексте диссертации; а также успешной опытной эксплуатацией разработанного программного на специализированном предприятии.

Апробация работы и публикации. Основные положения диссертации представлены в достаточном количестве публикаций (более 30 научных работ), включая рецензируемые издания, рекомендованные ВАК РФ (3 статьи) и индексируемые в международных базах (3 статьи) Scopus, WoS. Результаты диссертационной работы обсуждались на международных (4 публикации) и всероссийских (11 публикаций) научных конференциях.

Замечания

1. На странице 15 диссертации приведен вариант расчёта себестоимости изделия через многофакторную степенную зависимость, которая может использоваться в качестве целевой функции при оптимизации. Автор утверждает, что её сравнительно трудно применить к изделиям из композиционных материалов, однако никаких аргументов, поясняющих данное утверждение, автором не приведено.

2. На странице 54 перечислены параметры, характеризующие математическую модель резинокордового патрубка как объекта автоматизированного проектирования по результатам анализа технических заданий. Введено обозначение S_C для максимальной стоимости изделия по техническому заданию и S_M для максимальной разрешенной массы. Тогда в формуле (3.53) на странице 85 целевую функцию материалоемкости правильнее было бы обозначить как $S_{M \min}$ вместо $S_{C \min}$.

3. В выводах по первой главе на странице 15 и далее на странице 53 утверждается, что патрубки применяются в качестве виброизоляционных вставок трубопроводов. Вместе с тем, в работе не рассмотрены динамические воздействия на патрубки, и во всех математических выражениях силы приняты как константы.

4. Известно, что численные алгоритмы требуют большого количества вычислительных ресурсов. В работе не проанализирован вопрос потребления вычислительных ресурсов и не указаны минимальные требования к аппаратному обеспечению для запуска разработанной подсистемы САПР.

5. На странице 90 автор предлагает внести изменения в алгоритм дифференциальной эволюции, в частности, вводится положение о том, что в модифицированном алгоритме «мутации происходят по всему генотипу одинаково». Однако большинство известных алгоритмов реализуют мутации именно таким способом. Возможно, автору необходимо конкретизировать формулировку.

Высказанные замечания не влияют на положительную оценку теоретических и практических результатов диссертации и не ставят под сомнение значимость выполненных исследований.

Заключение

Диссертация Звонова Александра Олеговича соответствует специальности 2.3.7. Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, вы-

полненной автором на актуальную тему. Полученные результаты и научно обоснованные решения обладают признаками новизны и практической значимости, разработанное программное обеспечение внедрено на предприятии ФГУП «Федеральный научно-исследовательский центр «Прогресс», г. Омск.

Диссертация «Методика, математическое и программное обеспечение автоматизированного проектирования типорядов резинокордовых патрубков» и автореферат соответствуют критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» для диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук; отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ». Автор диссертации, Звонов Александр Олегович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.7. Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования (технические науки).

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент, профессор
кафедры электронного машиностроения
Института новых материалов и технологий
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина»

Ольга Михайловна
Огородникова

14.08.2023

Почтовый адрес: 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Телефон: 8-800-100-50-44

Адрес электронной почты: Olga.Ogorodnikova@urfu.ru

Подпись Ольги Михайловны Огородниковой заверяю

Учёный секретарь УрФУ

канд. физ.-мат. наук

