

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Чжо Йе Ко

на тему «Топологическая оптимизация плоских ребренных панелей на основе моделей пластин переменной толщины», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела

Актуальность избранной темы

Диссертационная работа Чжо Йе Ко имеет не только теоретическое, но и практическое значение. Методы топологической оптимизации тонкостенных элементов конструкций на основе численного конечно-элементного моделирования и методов оптимизации являются важнейшей задачей современной науки и техники, проводятся активные работы по созданию новых конструкций. К настоящему времени методы топологической оптимизации реализуются в самых различных областях физики сплошных сред, включая задачи строительной механики, теплофизики, акустики, гидродинамики, электродинамики, в смежных задачах аэроупругости, термомеханики, тепломассопереноса и в авиации, в металлических и металло-композитных элементах авиационных конструкций и др. Получение оптимальных геометрических форм конструкций, а также инструмент поиска возникновения и новых геометрических форм конструктивных элементов, которые в упрощенном виде в дальнейшем используются при составлении реальных конструкций. В данной работе для решения данной задачи используется единый подход, основанный на методах топологической оптимизации.

Научная новизна определяется следующими положениями:

- предложена и реализована методика топологической оптимизации подкрепленных плоских панелей в том числе композитных, работающих в условиях сложнапряженного состояния;
- получены новые результаты экспериментальных исследований для образцов оптимизированных подкрепленных панелей из материала PET-G, синтезированных на установке 3д печати, а также результаты механических испытаниях на изгиб;
- получено аналитическое решение для квадратной пластины, нагруженной сосредоточенной силой, смещенной относительно центра;
- сформулированы рекомендации по выбору наилучших настроек задачи оптимизации, связанных с выбором размера сетки, типа конечных элементов, начальных условий для толщины пластины и типа аппроксимирующей функции для дополнительных переменных модели.

Краткий анализ содержания работы

Работа включает в себя 150 страниц печатного текста, состоит из введения, четырех глав, отражающих основное содержание исследования, заключения, списка используемой литературы в количестве 125 источников.

Во введении отмечается актуальность темы диссертационного исследования, формируются цели и задачи исследования, кратко

описание содержания работы по главам, обсуждается теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приводится список работ автора по теме исследования, а также перечень конференций, на которых докладывались и обсуждались результаты работы.

Первая глава носит обзорно-аналитический характер, обсуждаются достигнутые результаты в области исследования и отмечаются текущие проблемы.

Вторая глава посвящена формулировке метода топологической оптимизации облегченных металлических и металло-композитных элементов авиационных конструкций, работающих в условиях сложного напряженного состояния, в том числе, в расширенной постановке, включающей:

1. Учет дополнительных локальных ограничений по жесткости и прочности.

2. Контакт с окружающими тонкостенными элементами конструкций.

3. Учет дополнительных ограничений, связанных с требованиями по устойчивости тонкостенных элементов конструкций, контактирующих с областью построения решения.

4. Реализацию топологической-параметрической оптимизации металло-композитных конструкций с использованием дополнительных переменных, определяющих параметры армирования композитных материалов, и с учетом ограничений по условиям прочности.

5. Реализацию топологической оптимизации металло-композитных конструкций с использованием дополнительных полевых переменных, определяющих распределения плотностей различных материалов, входящих в состав конструкции.

Третья глава посвящена решению задачи топологической оптимизации для подкрепленных панелей, нагруженных сосредоточенными силами. Представлен метод оптимизации панелей переменной толщины, который был реализован в Comsol Multiphysics для оптимизации топологии пластин с ребрами жесткости. Приводится сравнение оптимальных углов между ребрами, найденных при численном решении топологической оптимизации для пластин переменной толщины и при соответствующем аналитическом решении для плоской рамы. В экспериментах были использованы оптимизированные пластины, изготовленные по технологии 3d-печати.

Четвертая глава посвящена топологической оптимизации составных металло-композиционных панелей. Она содержит результаты расчетов, реализованных с использованием предложенных методов топологической оптимизации. В ней рассматриваются примеры топологической оптимизации для плоских металло-композитных панелей, в которых металлические элементы выполнены из сплава Д16.

Теоретическая и практическая значимость заключается в разработке прикладных аналитических и численных методик, позволяющих подбирать оптимальную геометрию силового набора ребренных панелей, что обеспечивает повышение жесткости конструкции при заданных режимах нагружения.

Обоснованность и достоверность результатов, полученных в диссертации при разработке аналитических и численных методов расчета, определяется примененными строгими методами механики деформируемого твердого тела, механики металлических и металло-композитных материалов. Достоверность полученных результатов обосновывается сравнением полученных аналитических и численных результатов с результатами экспериментов. Достоверность численных расчетов оценивалась путём подбора типов и размеров конечных элементов, а также путём анализа полученных результатов в рамках упрощенных аналитических моделей.

Замечания по диссертации и автореферату:

- формулировка метода и результаты конечно-элементных расчетов, полученных во второй главе диссертации представлены в автореферате тезисно и не сопровождаются графическими результатами проведенных расчетов по оптимизации элементов авиационных конструкций;
- некоторая терминология в диссертации не является общепринятой, например "ребристо-утолщенные структуры";
- в работе имеются также стилистические и орфографические ошибки, а также опечатки.

Приведенные замечания не снижают общей ценности работы.

Заключение

Представленная диссертация является законченной, научно-квалификационной работой, а ее тема соответствует заявленной специальности. Полученные в диссертации результаты исследования обладают научной новизной, представляют, как научный, так и практический интерес, получены автором лично или при непосредственном его участии, что подтверждается публикациями.

Выносимые на защиту положения прошли достаточную апробацию. По материалам диссертации было сделано 8 докладов на научно-технических конференциях и опубликованы 4 статьи, 2 из которых включены в перечень рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК и 2 статьи в журнале, индексируемом в Scopus. Автореферат достаточно полно отражает основные результаты, полученные в диссертации.

Диссертация Чжо Йе Ко «Топологическая оптимизация плоских ребренных панелей на основе моделей пластин переменной толщины» является завершенной научно-квалификационной работой на актуальную тему, характеризующейся научной новизной и практической значимостью. Диссертация содержит достаточное количество теоретических результатов, пояснений, рисунков и примеров, написана квалифицированно и аккуратно оформлена. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертация **соответствует** требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а именно пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней ВАК РФ, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013

года №842 «О порядке присуждения ученых степеней» (с изменениями и дополнениями).

Автор диссертации, Чжо Йе Ко, **заслуживает** присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент:

заведующий кафедрой «Информационная безопасность автоматизированных систем» СГТУ имени Гагарина Ю.А.,
д.ф.-м.н., доцент

Д.В. Кондратов

« 23 » 11 2023 г.

Полное наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Адрес места работы: 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77.

Телефон: (8452) 99-88-17

E-mail: kondratovdv@sstu.ru

Научная специальность, по которой защищена диссертация: 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела», 05.13.18 - «Математическое моделирование численные, методы и комплексы программ» Ученое звание доцента по кафедре «Прикладная информатика и информационные технологии в управлении»

Подпись доктора физико-математических наук, доцента Дмитрия Вячеславовича Кондратова удостоверяю:

Ученый секретарь Ученого совета
СГТУ имени Гагарина Ю.А.



А.В. Потапова

С отзывом ознакомлен

01.12.2023