

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Чжо Йе Ко**

на тему **«Топологическая оптимизация плоских оребренных панелей на основе моделей пластин переменной толщины»** представленную в специализированный совет 24.2.327.07 при Московском авиационном институте (национальный исследовательский университет) на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела

Данная диссертационная работа посвящена изучению эффективных металлических и металло-композитных конструкций на основе методов топологической оптимизации с учетом ограничений по жесткости и прочности. Методы топологической оптимизации реализованы в самых разнообразных областях физики сплошных сред, включающих задачи механики конструкций, теплофизики, акустики, гидродинамики и электродинамики и т.д. Область применения таких конструкций на базе оребренных панелей постоянно расширяется. Поэтому тема диссертационной работы соответствует специальности 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела. Результаты диссертационной работы Чжо Йе Ко актуальны и значимы как для практических инженерных приложений, так и для теоретических исследований задач механики панельной жесткости.

Обращает на себя внимание смелый подход автора при построении аналитического решения методами, характерными для исследования жесткости оптимизированных панелей, были разработаны экспериментальные образцы, изготовленные методами 3D-печати. Для практического применения особенно интересно сравнить результаты реальных испытаний с результатами аналитических и численных расчетов. Хорошее согласие между результатами численного моделирования и экспериментальными результатами позволяет использовать полученное решение для масштабирования результатов.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

1. Предложена и реализована методика топологической оптимизации подкрепленных плоских панелей, в том числе композитных, работающих в условиях сложно-напряженного состояния. В предложенной методике функция фиктивной плотности используется для задания локальной толщины панели, а локальный угол армирования в слоях композита задается дополнительные узловыми переменными, вводимыми в задачу оптимизации. Методика позволяет получать оптимизированные варианты конструкций с наибольшей жесткостью.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

« 28 11 2023 »

2. Получены 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.
3. Разработанная численная методика валидирована на основе примера аналитического решения для квадратной пластины, нагруженной сосредоточенной силой, смещенной относительно центра. Показана согласованность геометрии ребер жесткости, возникающих в численном решении, с результатами оптимизации, получаемыми в рамках аналитического подхода. Также показана высокая точность решений, получаемых для пластин переменной толщины, по сравнению с соответствующими моделями с прорисовкой ребер жесткости пластинчатыми элементами.
4. Получены новые результаты экспериментальных исследований для образцов оптимизированных подкрепленных панелей из материал PЕТ-G, синтезированных на установке 3д печати, а также результаты механических испытаниях на изгиб. Показано преимущество оптимизированной геометрии оребрения панелей по сравнению со стандартными регулярными вариантами.

Согласно автореферату, основные результаты, полученные в ходе исследования, опубликованы в двенадцати научных работах, в том числе в двух международных журналах, индексируемых в Scopus, и двух научных статьях из перечня ВАК. Результаты и положения диссертации прошли апробацию на восьми международных конференциях и международных научных семинарах. Содержание диссертации соответствует содержанию опубликованных работ.

Работа написана грамотным научно-техническим языком, автореферат диссертации отражает ключевые положения и результаты проведенного исследования.

В качестве замечания можно отметить следующее:

1. Не указан тип конечных элементов, использованных при расчете в ПО COMSOL Multiphysics.
2. На странице 9, строка 14 сверху автореферата, уравнение представлено в разном виде.

Данные замечания не снижают научной ценности диссертации. В целом данная диссертация является законченной научно-исследовательской работой, удовлетворяющей требованиям п. 9-11, 13, 14, «Положения о присуждении ученых степеней» утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013. Автор диссертации Чжо Йе Ко заслуживает присуждения ему ученой

степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Кафедра «Космические аппараты и ракеты-носители» МГТУ им. Н.Э. Баумана, к.ф.-м.н., доцент



Темнов Александр Николаевич

27.11.2028

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». Кафедра «Космические аппараты и ракеты-носители».

Адрес места работы: г. Москва, Госпитальный пер., д. 10 (Корпус СМ)

Тел.: +7 916 428 68 71

E-mail: [antt45@mail.ru](mailto:antt45@mail.ru)

Подпись кандидата физико-математических наук, доцента Темнова Александра Николаевича удостоверяю,



Декан факультета СМ  
Калугин Владимир Тимофеевич