

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, доцента Бурнышевой Татьяны Витальевны на диссертационную работу Павельчука Максима Владимировича «Топологическое проектирование конструкции фюзеляжа в зоне выреза под люк с учетом ограничений на перемещения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13 – Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов

1. Актуальность темы диссертации

Актуальность темы работы обусловлена следующими факторами:

- снижение массы конструкции является одной из основных задач при проектировании летательных аппаратов;

- наличие конструктивных и технологических вырезов разных геометрических форм и размеров приводит к уменьшению жесткости фюзеляжа, к неравномерности распределения напряжений в элементах конструкции, к невыполнению ограничений по жёсткости конструкции;

- подкрепление и усиление окантовками зоны выреза вызывает концентрацию напряжений в обшивке летательного аппарата и приводит к увеличению массы изделия.

В связи с этим следует констатировать теоретическую и практическую актуальность топологического проектирования фюзеляжа в зоне выреза под люк с учетом ограничений на перемещения, в целях повышения весовой эффективности конструкции летательного аппарата.

2. Структура и содержание работы

Структура диссертационной работы включает в себя четыре раздела, отражающих методически правильное построение работы, заключающееся в реализации логической цепочки: литературный обзор и анализ современного состояния разработанности вопроса

В первой главе приведен обзор и анализ современного состояния разработанности вопроса, приводится выбор математической модели объекта исследования.

Вторая глава посвящена вопросам достоверности математических моделей напряженного состояния фюзеляжа летательного аппарата в зоне выреза на ранних стадиях проектирования.

В третьей главе приведена разработанная автором методика топологического проектирования фюзеляжа летательного аппарата в зоне большого выреза с применением комбинированной оптимизационной модели. Подробно описаны этапы методики, приведена структура алгоритма оптимизации комбинированной модели. Для интерпретации результатов структурной оптимизации автором предложена программа визуализации потоков главных усилий и главных касательных сил применительно к заполнителю комбинированной модели. Показана работоспособность алгоритма оптимизации, тестирование алгоритма оптимизации проводилось на модельной задаче. Приведена методика обучения топологическому проектированию

фюзеляжа летательного аппарата на основе комбинированной оптимизационной модели.

Четвертая глава посвящена отработке нового конструкционного решения отсека фюзеляжа летательного аппарата в зоне большого выреза под люк.

В диссертации также представлены основные результаты работы, список использованных источников из 166 наименований.

Диссертация содержит три приложения с подробной иллюстративной информацией по существующим техническим решениям в зоне большого выреза, приведены свойства конечных элементов испытываемой модели, а так же формализация терминов на основе онтологического подхода.

Работа содержит 121 страницу машинописного текста, 70 рисунков и 8 таблиц.

Структура и содержание работы непротиворечивы, не содержат явных логических изъянов, позволяют воспроизвести полученные автором результаты и дают достаточно полное представление о выполненном диссертантом исследовании.

3. Методы исследования, научная новизна и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Работа основана на идее последовательного применения параметрической и структурной оптимизации материала в элементах конструкции фюзеляжа и заполнителя соответственно, приводящего к уменьшению концентрации напряжений в зоне выреза и корректировки массы конструкции.

В рамках диссертационного исследования использовались следующие **методы**: Метод конечных элементов, Метод нелинейного математического программирования, Методы натурального эксперимента - фотоупругости, тензометрии.

Полученная диссертантом научная новизна обусловлена глубоким изучением методов и инструментов реализации параметрической и структурной оптимизации, детальным учетом особенностей проектирования силовых схем конструкции фюзеляжа в зоне выреза при ограничениях по прочности и жесткости.

Новыми научными результатами, полученными автором являются

- разработанная методика проектирования силовой схемы фюзеляжа, отличающаяся использованием комбинированной оптимизационной модели, содержащей каркасированную оболочку с присоединённым к ней в зоне большого выреза непрерывным упругим заполнителем переменной плотности;

- способ учёта функциональных ограничений по прочности и жёсткости на основе обобщённых перемещений обшивки фюзеляжа, использование массы конечных элементов в комбинированной модели в качестве переменных проектирования, потоков главных усилий и главных касательных сил при анализе силовой работы заполнителя переменной плотности;

- выявленная весовая эффективность размещения двумерных усиливающих тонкостенных элементов на внутренней поверхности элементов каркаса фюзеляжа в зоне большого выреза;

- с использованием разработанной методики проектирования на примере типового дверного выреза найдено новое конструктивное решение фюзеляжа, позволяющее снизить его массу при сохранении ресурса.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается

- демонстрируемым диссертантом достаточным уровнем понимания и использования теоретически известных и практически проверенных методов анализа напряжённо-деформированного состояния конструкций;

- сравнительным анализом и достаточно хорошим совпадением результатов моделирования с точным аналитическим решением и данными натурных испытаний конструкций;

- использованием сертифицированного программного обеспечения NASTRAN для инженерного анализа.

- апробацией результатов на международных и всероссийских конференциях.

4. Значимость результатов для науки и производства

Значимость результатов для науки заключается в том, что автор разработал методику проектирования рациональной силовой схемы фюзеляжа в зоне большого выреза с использованием комбинированной оптимизационной модели, в которой последовательно чередуются процессы структурной и параметрической оптимизации упругой системы. Разработанная и предложенная автором методика может тиражироваться и применяться для проектирования рациональных силовых схем различных корпусов летательных аппаратов в зоне вырезов разных размеров и геометрии.

Значимость результатов для производства заключается:

- в полученном новом конструктивном решении отсека фюзеляжа в зоне большого выреза (патент РФ на изобретение RU 2646175 C1), оценки перспектив его практического применения;

- в рекомендациях для проведения конечно-элементного моделирования конструкции фюзеляжа в зоне большого выреза на ранних стадиях проектирования.

5. Соответствие содержания диссертационной работы заявленной специальности

Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.5.13 «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»:

п. 1 «Разработка методов проектирования и конструирования, математического и программно-алгоритмического обеспечения для выбора оптимальных облика и параметров, компоновки и конструктивно-силовой схемы, агрегатов и систем ЛА, наземных комплексов и стартового оборудования, с учетом особенностей технологии изготовления, отработки и испытаний, механического и теплового нагружения, взаимосвязи ЛА с наземным комплексом и стартовым оборудованием, неопределенности проектных решений. Разработка ме-

тодов и алгоритмов обеспечения контроля и обеспечения эффективности применения ЛА в процессе эксплуатации»;

- п.3: «Создание и отработка принципиально новых конструктивных решений выполнения узлов, систем и ЛА в целом. Исследование их характеристик и оценка перспектив применения».

6. Соответствие автореферата содержанию диссертации

Автореферат в достаточной степени соответствует диссертации и отражает ее содержание.

7. Недостатки в диссертации и автореферате

Замечания по диссертационной работе таковы.

1. В диссертационном исследовании используется численный метод расчета НДС отсека фюзеляжа с большим вырезом, который представлен в виде каркасированной оболочки и тела переменной плотности в зоне выреза. Расчетная КЭ-модель данной конструкции реализована среде системы NASTRAN, при этом используются разные типы КЭ (п.2.1, стр. 30). Из диссертационной работы не понятно: задавалось ли совместное деформирование силового набора, оболочки, заполнителя в расчетной конечно-элементной модели отсека фюзеляжа с большим вырезом.
2. В разделе 4.2, 4.3 приводятся результаты структурной и параметрической оптимизации с применением алгоритма 2. Определены массы отсеков фюзеляжа с большим вырезом с традиционным техническим решением силовой схемы конструкции и теоретически оптимальной конструкции с заполнителем. На рисунках 4.5-б и 4.10-б показан рост дополнительной массы m_d для компенсации выреза в зависимости от итерации. Для демонстрации сходимости алгоритма оптимизации, автору следовало дополнительно привести график рассчитанной дополнительной массы на каждой итерации.
3. В главе 4 на рис. 4.23 приведена конструкция отсека фюзеляжа с элементами усиления большого выреза, полученная с использованием новой методики топологического проектирования. Силовая схема представлена как новое конструктивное решение. На рис. 4.26 и 4.27 представлены распределения толщин в накладках обшивки и внутренней панели рациональной силовой схемы конструкции. Распределения имеют размытую форму, плохо воспроизводимую в процессе производства. Было бы полезно провести расчет массы и анализ напряженного состояния данной конструкции с более структурированной формой распределения толщин накладок обшивки и внутренней панели.

Указанные замечания и недостатки не снижают научной и практической значимости диссертационной работы.

8. Заключение

Диссертация М.В. Павельчука представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Полученные диссертантом новые научные результаты имеют существенное значение для предметной области: разработки методом топологической оптимизации конструкторских решений конструкции фюзеляжа летательного аппарата в зоне выреза под люк с учетом ограничений на перемещения. Выводы и рекомендации являются обоснованными.

Диссертация «Топологическое проектирование конструкции фюзеляжа в зоне выреза под люк с учетом ограничений на перемещения» соответствует требованиям п.п. 9, 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) в части, касающейся ученой степени кандидата наук, а ее автор, Павельчук Максим Владимирович, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13 «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет»

Юридический адрес: Россия, 630073, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20.

Почтовый адрес: Россия, 630073, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20.

Тел.: +7 (383) 346 08 43

Факс: +7 (383) 346 02 09

Заведующий кафедрой

«Прочность летательных аппаратов»

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», доцент,

доктор технических наук

Раб. Тел.: 8(383)346-31-21

E-mail: burnysheva@corp.nstu.ru

Т.В. Бурнышева

Научная специальность: 05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

(технические науки)

Отзыв составлен 20 ноября 2023 г.

Подпись Бурнышевой Татьяны Витальевны заверяю:



О. К. Пустовалова