

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора



ФАУ «СибНИА им. С.А. Чаплыгина»

В.А. Драгочинский

14.11. 2023 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию

Павельчука Максима Владимировича

на тему: «Топологическое проектирование конструкции фюзеляжа в зоне большого выреза с учётом ограничений на перемещения», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13 – Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов

Актуальность темы. Из практики статических и усталостных испытаний в СибНИА известно, что большие вырезы являются одним из основных источников концентрации напряжений в фюзеляже летательных аппаратов (ЛА). Во-первых, обшивка в зоне выреза обладает более высоким уровнем напряжений относительно её общей напряжённости, что связано с недостаточным подкреплением панели в зоне выреза, вследствие чего регистрируются частые случаи разрушения обшивки в угловых зонах вырезов под люки и двери. Во-вторых, форма прямоугольного выреза в фюзеляже обычно имеет малый радиус сопряжения по углам. В-третьих, разрушения в фюзеляже вызваны, преимущественно, нагружением циклическим избыточным давлением.

Конструкции современных ЛА предъявляют повышенные требования не только к прочности, но и к весу. Последнее весьма существенно с точки

Входящий № 206-8755
Дата 16 НОЯ 2023
Самарский университет

зрения экономической эффективности конструкций ЛА. Современные средства проектирования конструкций ЛА позволяют не только рассчитывать напряжённно-деформированное состояние элементов, но и оптимизировать конструкцию в соответствии с заданными ограничениями по массе и прочности. Одним из эффективных методов создания оптимальных конструкций является метод топологической оптимизации. Диссертационная работа Павельчука М.В. посвящена развитию актуальных на сегодняшний день расчётно-экспериментальных методов проектирования конструкций фюзеляжей самолетов с целью повышения весовой эффективности их в зоне большого выреза за счёт использования средств топологической оптимизации. В работе решаются актуальные и практически значимые задачи по совершенствованию конструкций ЛА с применением алгоритмов и цифровых технологий, разработанных автором.

Новизна проведённых исследований и полученных результатов.

Оригинальность научных исследований обусловила формулирование пунктов научной новизны, которые кратко сводятся к следующему:

Пункт 1: "Разработана методика топологической оптимизации конструкции фюзеляжа, отличающаяся использованием комбинированной оптимизационной модели, содержащей каркасированную оболочку с присоединённым к ней в зоне выреза непрерывным упругим наполнителем переменной плотности. Новизной и особенностями методики проектирования являются 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, ...";

Пункт 2: "Выявлена весовая эффективность размещения на внутренней поверхности элементов каркаса фюзеляжа двумерных тонкостенных элементов, предназначенных для компенсации большого выреза";

Пункт 3: " Найдено новое конструктивное решение фюзеляжа с большим вырезом, отличающееся наличием в угловых зонах выреза силовых панелей,

смещенных внутрь фюзеляжа от теоретических обводов конструкции. Внутренние панели соединяются с наружной обшивкой с помощью шпангоутов, продольных и наклонных стенок. Наличие в силовой схеме внутренней панели приводит к повышению жёсткости конструкции в радиальном направлении в зоне выреза и уменьшению усилий, действующих в обшивке и подкрепляющих элементах, ...".

С пунктами научной новизны, сформулированными диссертантом, можно согласиться.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики. Теоретическая значимость работы состоит в разработке методики проектирования рациональной силовой схемы фюзеляжа в зоне большого выреза на основе комбинированной оптимизационной модели с последовательным чередованием процессов структурной и параметрической оптимизации упругой системы. К теоретическим аспектам также можно отнести разработанную методику оценки достоверности математических моделей и сформулированные рекомендации для адекватного конечно-элементного моделирования конструкции фюзеляжа в исследуемой зоне на ранних стадиях проектирования.

Результаты работы способствовали успешному выполнению ряда практических задач важных по проектированию объектов авиационной техники, в том числе:

1. Разработано новое конструктивное решение отсека фюзеляжа в зоне большого выреза, для которого получен патент РФ на изобретение RU 2646175 C1;
2. Разработана методика подготовки конструкторов в условиях единого информационного пространства предприятия;
3. Результаты работы внедрены на авиастроительных предприятиях (получены акты внедрения): «ОКБ Сухого» – филиал ПАО «Компания «Сухой» (г. Москва), НАЗ «СОКОЛ» – филиал АО «РСК «МиГ» (г. Нижний Новгород);

4. Результаты используются в учебном процессе ВУЗов: МАИ (г. Москва), НГТУ им. Р.Е. Алексеева (г. Нижний Новгород), Самарский университет (г. Самара) при обучении студентов специальности 24.05.07 «Самолёто и вертолётостроение».

На наш взгляд, предложенное конструктивное решение может успешно применяться в планере пассажирских, грузовых, военно-транспортных самолётов.

Общая характеристика диссертационной работы. Структура диссертации Павельчука М.В. имеет чёткую структуру. Работа содержит 123 страницы машинописного текста, 70 рисунков, 8 таблиц. Название диссертации соответствует полученным результатам, цель работы сформулирована корректно, поставленные задачи логично вытекают из цели, а использованные в работе методы позволяют решить поставленные задачи.

Во введении приводится общий обзор работ, связанных с темой исследования, обозначены актуальность, цели и задачи исследования, научная новизна, практическая значимость, достоверность результатов. Приводится список статей, выступлений на конференциях, в ходе которых производилась апробация работы.

В первой главе приводится обзор работ, в которых рассматривается современное состояние теоретических аспектов проектирования КСС фюзеляжей самолетов, в том числе силовых схем фюзеляжей в зонах больших вырезов. Приводится обзор методов проектирования силовых схем авиационных конструкций с использованием метода топологической оптимизации.

Во второй главе рассматриваются вопросы обеспечения достоверности математических моделей фюзеляжа в зоне выреза под люк. Приводятся результаты исследования влияния размера сетки конечно-элементной модели на точность определения коэффициента концентрации напряжений для различных типов объектов испытаний. Оценивается адекватность моделирования поля напряжений и деформаций в окрестности выреза.

Приведено сравнение аналитические и численные решения в линейном и нелинейном статическом анализе конструкций с концентраторами напряжений.

В третьей главе приведена методика топологического проектирования фюзеляжей в зоне больших вырезов с применением комбинированной оптимизационной модели.

В четвертой главе показана отработка данной методики для конструктивного решения на примере фюзеляжа в зоне выреза под люк. Приводится постановка типовой задачи проектирования фюзеляжа. Рассматривается два расчётных случая нагружения – избыточное внутреннее давление $P_{изб}=0,15$ МПа и крутящий момент $M_{кр}=3,26$ МН·м, приложенный по торцам отсека фюзеляжа.

В заключении приведены выводы по результатам диссертационной работы, выполнен анализ результатов создания и внедрения созданных соискателем технологий.

Степень публичного представления результатов диссертации. Результаты исследования опубликованы в 31 печатной работе, в том числе в 6 статьях в журналах из перечня, рекомендованного ВАК России, в статье из списка Scopus, получен патент РФ на изобретение и свидетельство на регистрацию базы данных.

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.5.13 по следующим пунктам направлений исследования:

«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, с учётом особенностей технологии изготовления и отработки, механического и теплового нагружения, взаимосвязи ЛА с наземным (космическим планетным) комплексом, неопределенности реализации проектных решений»;

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

Соответствие автореферата диссертационной работе. Автореферат соответствует содержанию диссертации по всем квалификационным признакам: цели, задачам, новизне, актуальности, достоверности, научной и практической значимости, полно и правильно отражает основное содержание диссертации. Стиль диссертации и автореферата соответствует требованиям к подобным документам, диссертация имеет логическую структуру, написана грамотно и хорошо оформлена.

Степень обоснованности и достоверности каждого из полученных положений, выводов и заключений, содержащихся в диссертации. Научные положения, выносимые на защиту, и полученные в работе выводы представляются обоснованными, поскольку они базируются на применении современных апробированных методов расчёта на прочность конструкций ЛА, признанных отечественной и зарубежной научной общественностью, прошли обсуждения на российских и международных научных конференциях, а также опубликованы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК и входящих в международные базы цитирования Scopus. Выводы по диссертации оформлены структурно и содержательно, подтверждены практическими расчётами в ходе численных экспериментов, проведённых в работе.

Адекватность моделирования напряжённо-деформированного состояния конструкций подтверждена сравнением с точными аналитическими решениями и данными натурных экспериментов, включая поляризационно-оптический метод фотоупругости и тензометрические данные натурных экспериментов, выполненных в ЦАГИ.

Замечания по диссертационной работе

1. Применение рядов конечных элементов правильной формы по кромке выреза сильно искажает конечно-элементную сетку вне этой зоны, что может

привести к погрешности определения НДС в этой области. Если приведены примеры решения ряда задач, то неплохо было бы привести и анализ распределения напряжений в радиальном от контура выреза направлении.

2. Приведенные примеры расчета концентрации напряжений по контуру выреза для числа конечных элементов (КЭ) при $N_x=12$ (стр. 40) не удовлетворяют условию правильности формы КЭ. Чем больше N_x , тем больше такое расхождение их в сравнении с равносторонней формой КЭ, а, следовательно, и возрастание погрешности решения задачи.

3. Стр. 47, замечание по тексту «Рекомендация 4: установлено, что в расчётах на прочность конструкции целесообразен учёт эффектов физической и геометрической нелинейности». Но в диссертации не приведены результаты влияния геометрической нелинейности.

4. Не приведено доказательство сходимости итерационного процесса, приведённого на рис.3.2.

5. Все приведенные расчёты рассмотрены только с позиций прочности конструкции, но не учитывают условия потери устойчивости данной конструкции. Как это может повлиять на весовую эффективность предложенного варианта КСС фюзеляжа?

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение о работе в целом

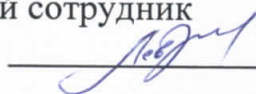
Рассмотренная диссертация Павельчука Максима Владимировича на тему «Топологическое проектирование конструкции фюзеляжа в зоне большого выреза с учётом ограничений на перемещения» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи разработки и апробирования методики топологической оптимизации фюзеляжа в зоне большого выреза для повышения его весовой эффективности, имеющей существенное значение для развития авиационной отрасли. Диссертация обладает внутренним единством и логикой, содержит новые научные результаты и положения, выносимые на публичную защиту, показывает личный вклад автора. Декларируемая диссертантом цель работы

достигнута и отражена в научных результатах. Работа выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (в редакции постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями, внесенными Постановлением Правительства РФ от 26.01.2023 № 101), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор, Павельчук Максим Владимирович, заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13 - Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов.

Отзыв на диссертационную работу Павельчука М.В. рассмотрен и утверждён на заседании научно-технического совета ФАУ «СибНИА им. Чаплыгина», протокол № 16 от 14 ноября 2023 г.

Отзыв подготовил:

Заместитель начальника отделения
усталостной и статической прочности,
д.т.н., старший научный сотрудник



Лев Петрович Железнов

« 8 » ноября 2023 г.

Тел.: +7(913) 375-94-81

E-mail: zgeleznov@sibnia.ru

Подпись Железнова Льва Петровича удостоверяю.

Дата « 14 » 11 2023 г.

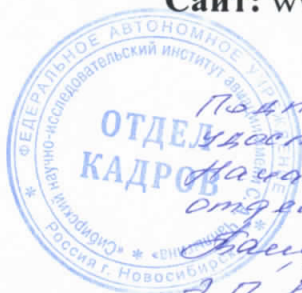
Наименование организации: ФАУ «Сибирский научно-исследовательский институт авиации им. С. А. Чаплыгина» (СибНИА)

Почтовый адрес: 630051, г. Новосибирск, ул. Ползунова, д. 21

Телефон: +7 (383) 278-70-10

Электронная почта: sibnia@sibnia.ru

Сайт: www.sibnia.ru



Подпись Железнова Л.П.
удостоверено
Начальник бюро
отдела кадров
ФАСИИС
Л.П. Барчукова