

ЦАГИ



Государственный научный центр Российской Федерации
Федеральное автономное учреждение

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени профессора Н.Е. Жуковского
ФАУ «ЦАГИ»

Жуковского ул., д. 1, г. Жуковский, Московская область, 140180
тел.: +7 495 556-4303, факс: +7 495 777-6332, www.tsagi.ru
ОГРН 1225000018803, ИНН 5040177331, КПП 504001001, ОКПО 50205960

26.11.2024 № 1348-10-11455

На № _____ от _____



Ученому секретарю
диссертационного
совета 24.2.327.09
при ФГБОУ ВО
«Московский авиационный
институт (национальный
исследовательский
университет)»
к.т.н. Стрельцу Д.Ю.

125993, г. Москва,
Волоколамское шоссе, д.4,
МАИ, Ученый совет

Уважаемый Дмитрий Юрьевич!

Направляем Вам отзыв официального оппонента, сотрудника центра прочности ЛА ФАУ «ЦАГИ», Лимонина М.В. на диссертационную работу Больших А.А. по теме «Методика проектирования толстостенного композитного кессона крыла широкофюзеляжного дальнемагистрального самолёта с учетом дефектов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Согласие и сведения об официальном оппоненте были высланы ранее на имя Председателя диссертационного совета 24.2.327.09 Погосьяна Михаила Аслановича.

Приложение: указанное в тексте, на пяти страницах и в двух экземплярах.

С уважением,
Заместитель генерального директора
ФАУ «ЦАГИ» - начальник
центра прочности ЛА

Зиченков М.Ч.

исп. Лимонин М.В. (т. 8-495-556-38-33)

034974

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

29.11.2024 г.

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Больших А.А.** по теме **«Методика проектирования толстостенного композитного кессона крыла широкофюзеляжного дальнемагистрального самолёта с учетом дефектов»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»**

Важной проблемой на пути эффективного применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) в силовой конструкции летательных аппаратов является их высокая чувствительность к технологическим дефектам и ударным повреждениям в условиях эксплуатации. При этом вопросы ударостойкости композитных конструкций должны решаться на ранних этапах проектирования, в том числе на основе рационального выбора параметров элементов конструкций, с учетом возможных эксплуатационных повреждений. Формирование критериев остаточной прочности конструкций с повреждениями выполняется в основном на основе экспериментальных данных, получаемых на этапах отработки прочности конструкции. Механика разрушения композита при наличии в нем повреждений и дефектов является малоизученной областью, и это препятствует использованию теоретических методов оценки прочности с необходимой степенью достоверности. В настоящее время в расчетной практике широкое применение получили методы прогрессирующего разрушения, которые позволяют не только моделировать развитие зон повреждения, но и проводить анализ несущей способности конструкции. Внедрение данных методов в процесс проектирования и отработки прочности авиаконструкций из ПКМ требует создания соответствующей методологической основы. Разработке такой методики и посвящена диссертационная работа **Больших Александра Андреевича**, что подтверждает ее **актуальность**. Представленная методика является оригинальной, а основные ее положения, несомненно, обладают **научной новизной**.

По структуре диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и одного приложения. Работа содержит 159 страниц, 69 рисунков, 17 таблиц. Список литературы включает 125 источников.

Во введении дана общая характеристика работы: определена цель темы исследования, обоснована ее актуальность и степень проработки, исследования и задачи, которые необходимо решить для ее достижения.

Сформулирована научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость.

Первая глава является обзорной. В ней рассмотрены основные проблемы в области проектирования и применения расчетных методов анализа статической прочности композитных панелей большой толщины с учетом наличия в них дефектов.

Во второй главе диссертационной работы описана предлагаемая автором методика проектирования толстостенного композитного кессона крыла широкофюзеляжного дальнемагистрального самолета с учетом дефектов при ограничениях по статической прочности и по устойчивости.

Третья глава посвящена апробации разработанной автором методики численного моделирования низкоскоростных ударных воздействий на композитные панели кессона крыла большой толщины. Представлена реализация алгоритма расчета прочности с учетом трехмерного напряженно-деформированного состояния композита в пользовательской подпрограмме VUMAT. Описан способ моделирования дефектов 1-ой категории в панелях из полимерных композиционных материалов.

В четвертой главе представлены результаты исследований, проведенных автором, по влиянию низкоскоростных ударных воздействий на остаточную прочность панелей кессона крыла. Также приведены результаты расчетного анализа по определению дополнительного коэффициента запаса по потере устойчивости композитных панелей при сдвиговых и сжимающих нагрузках с учетом дефектов.

Пятая глава посвящена описанию методики и результатам параметрической оптимизации толщин и шага стрингеров кессона крыла широкофюзеляжного дальнемагистрального самолета с ограничениями по прочности и устойчивости с учетом повреждений 1-ой категории.

В Заключении представлены основные научные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

В диссертации А.А. Больших была решена **важная и новая научно-практическая задача** по разработке методики проектирования толстостенного композитного кессона крыла широкофюзеляжного дальнемагистрального самолета с учетом дефектов.

Разработка методов проектирования, математического и программно-алгоритмического обеспечения для выбора оптимального облика и параметров, компоновки и конструктивно-силовой схемы агрегатов ЛА определяют соответствие работы **паспорту специальности 2.5.13.**

Достоверность полученных результатов подтверждается их сопоставлением с известными аналитическими и численными решениями

частных задач, а также сравнительным анализом с имеющимися экспериментальными данными.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке методики аппроксимации результатов расчетно-параметрических исследований, позволяющей определить дополнительный коэффициент безопасности при оценке устойчивости композиционных панелей с повреждениями.

Научной новизной является методика оценки уровня деградации характеристик упругости панели при низкоскоростных ударных воздействиях, которая является дополнением для существующих методов проектирования ортотропных панелей.

Практическая значимость исследований состоит в возможности определения оптимальных параметров ортотропных композитных панелей больших толщин с учетом дефектов на ранних этапах проектирования, когда в качестве переменных могут рассматриваться параметры обшивки и стрингерного набора при заданных условиях нагружения. Содержащийся в **Приложении** к тексту диссертации акт филиала ПАО «Яковлев» - «Региональные самолеты» о внедрения результатов диссертации в процессе отработки прочности конструкции панелей широкофюзеляжного дальнемагистрального самолета также подтверждает практическую значимость работы.

Анализ результатов диссертационной работы и выводов по ней говорит о высокой квалификации автора, его способности определять и успешно решать научно-технические задачи.

По тексту диссертации можно сделать следующие **замечания**:

1. Достоверность результатов численного моделирования по оценке прочности конструкций определяется на основе сравнения расчетных данных с экспериментальными. Предложенная автором методика не подтверждена в достаточной мере результатами испытаний.

2. По тексту работы автору желательно раскрыть определение “толстая пластина”. Обычно под этим понятием рассматривается отношение толщины пластины к характерному размеру в плане, т.е. оперируют относительной величиной, а не ее абсолютным значением.

3. Остался открытым вопрос, связанный с физическим обоснованием снижения модулей упругости (E_1 , E_2) композита при наличии ударных повреждений. Так, на рисунке 2 показано, что для обшивок 5 мм модули упругости снижаются от 15 до 70 %, в зависимости от укладки монослоев в пакете. Данный факт представляется весьма сомнительным, т.к. при низкоскоростном ударе волокна, как правило, не разрушаются, а происходит дефрагментация и расслоение матрицы композита.

4. На рисунке 3 показана зависимость энергии удара от толщины пластины. Судя по этому рисунку, на пластине толщиной более 7 мм для реализации повреждения 1-ой категории достаточно энергии удара менее 5 Дж, что представляется достаточно малой величиной. По имеющимся в ЦАГИ экспериментальным данным, повреждения 1-ой категории, соответствующие глубине остаточной вмятины более 0.3 мм, возникают при энергиях удара более 30 Дж.

5. В разделе 3.1.4 не приведены параметры рассматриваемого образца (толщина и укладка).

6. В разделе 3.2.2 представлены результаты сравнительного анализа расчетов и испытаний на остаточную прочность двухстрингерной панели. В основном они имеют качественный характер. Не хватает объективных данных в виде сравнения расчётных и экспериментальных результатов по показаниям тензорезисторов и усилий в процессе нагружения панели.

В целом, указанные замечания не ставят под сомнение значимость представленных в диссертации результатов и квалификацию соискателя, а также не влияют на общую положительную оценку работы.

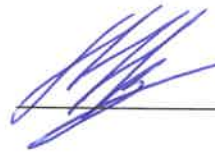
По теме диссертационной работы автором опубликованы 11 печатных работ, в том числе 2 статьи в журналах перечня изданий, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ. Основные положения и результаты исследований доложены и обсуждены в рамках международных и российских отраслевых научных конференций.

Автореферат работы полностью соответствует содержанию диссертации. В нем определены цель, задачи, объект и предмет исследования, описаны методы исследования, изложены основные результаты, сформулированы положения, выносимые на защиту, дано достаточно полное представление о научной и практической значимости работы.

На основании рассмотрения материалов диссертации можно сделать вывод, что она является законченной научно-исследовательской работой, в которой решена актуальная научная проблема. Получена и научно обоснована новая оригинальная методика проектирования силовых конструкций из полимерных композиционных материалов. Изложены новые технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие авиационной промышленности. Диссертационная работа удовлетворяет всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, в том числе требованиям пп. 9 – 14 Положения ВАК о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842. Автор работы,

Александр Андреевич Больших, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Официальный оппонент,
заместитель начальника
отделения «Статическая и
тепловая прочность
летательных аппаратов» ФАУ
«ЦАГИ»,
кандидат технических наук



Лимонин Михаил Валерьевич

Полное наименование организации: Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ»).

Почтовый адрес организации: 140180, Россия, г. Жуковский, Московская область, ул. Жуковского, д.1.

Адрес официального сайта организации в сети «Интернет»:
<https://www.tsagi.ru>

Адрес электронной почты организации: info@tsagi.ru

Телефон организации: 8 (495) 556-43-03, 8 (495) 777-63-32

Подпись Лимонина Михаила Валерьевича заверяю

Заместитель генерального директора
ФАУ «ЦАГИ» - начальник
центра прочности ЛА



Зиченков М.Ч.

*Согласен с назначением Александр Андреевич Больших А.А.
29.11.2024.*