

Ю
генерального
Зиченков
_____2026г.

Отзыв

на автореферат диссертационной работы Белоусова Ильи Сергеевича **“Влияние межслойных дефектов на прочность и устойчивость композиционных элементов конструкций летательных аппаратов”**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 — «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

Резкое снижение характеристик прочности слоистых композитов при наличии в них эксплуатационно-технологических повреждений является одной из основных проблем на пути их эффективного внедрения в силовые конструкции летательных аппаратов. В настоящее время изучению этой проблемы уделяется значительное внимание, как на теоретическом, так и на экспериментальном уровне. Исследованию этой проблемы посвящена диссертационная работа Белоусова И.С., что свидетельствует о ее своевременности и актуальности. В автореферате определены цели и задачи, которые решаются в рамках данной работы. Показана научная новизна и практическая значимость результатов, полученных в процессе выполнения работы, приведен список публикаций автора диссертации в количестве 14 работ, из которых 3 статьи в журналах, входящих в список изданий, рекомендованных ВАК РФ. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка используемой литературы из 152 наименований и 5 приложений.

Первая глава работы посвящена обзору имеющихся публикаций по теме диссертации, анализу подходов и методов решения проблемы оценки остаточной прочности композита при наличии в нем дефекта в виде расслоения. По результатам анализа выделены два перспективных расчетных метода (VCCT, CZM), которые в дальнейшем используются в работе в качестве инструмента исследования.

В содержании Вторая глава посвящена экспериментальным исследованиям по влиянию технологического расслоения на несущую способность образцов в виде полосы со сквозным непроклеем и пластины с расслоением в виде круговой зоны. Приведены результаты испытаний по ГОСТ Р 56815-2015 стандартных образцов для определения величины вязкости межслоевого разрушения при нормальном отрыве для композитов, изготовленных из препрега *Torayca T800*. По результатам испытаний 7-ми образцов полос со сквозным непроклеем получены критические напряжения начала роста размеров зоны расслоения и напряжения разрушения образцов, а также данные по изменению размеров зон повреждения. Значительный объем испытаний на остаточную прочность был выполнен для образцов пластин с круговой зоной расслоения. Рассматривались образцы с разными диаметрами зоны расслоения (30мм, 62мм), с разной глубиной залегания зон расслоения и с разным числом монослоев. Полученные результаты несомненно представляют практический интерес, поскольку могут служить основой для построения валидационной базы при отработке соответствующих расчетных методов. Фактически это делается в третьей главе работы.

Третья глава работы посвящена виртуальному моделированию выполненных экспериментальных исследований и сопоставлению расчетных и экспериментальных результатов. В качестве расчетного инструмента использовался программный комплекс МКЭ ANSYS, позволяющий реализовать при моделировании процесса роста расслоения, как метод VCCT, так и метод CZM. Сопоставление экспериментальных и расчетных

данных выполнялось для всех трех типов образцов. Задача решалась в нелинейной постановке, что позволяло выполнять сопоставление данных во всем диапазоне приложения нагрузки. Результаты сравнения расчетных и экспериментальных данных приведены в автореферате в виде графиков. Судя по этим графикам, имеет место качественное совпадение результатов. Количественное соответствие результатов существенно хуже.

Четвертая глава работы посвящена расчетно-параметрическим исследованиям по влиянию размеров зоны расслоения и глубины ее залегания на критическую нагрузку и остаточную прочность образца композитной пластины. Результаты выполненных исследований представлены в виде выводов по влиянию различных сочетаний рассматриваемых параметров на устойчивость и несущую способность образцов.

В заключении приведены основные выводы по результатам диссертационной работы.

Замечания по результатам рассмотрения автореферата:

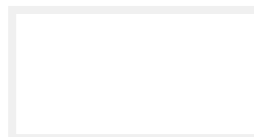
1. автореферата слабо освещен вопрос влияния параметров расслоения на остаточную прочность композита. Не приводятся конкретные значения по снижению несущей способности образцов при наличии тех или иных видов расслоений. По всей видимости, эта информация содержится в самой диссертации.
2. Не приведена информация по расчетным моделям МКЭ, на основе которых выполнялись расчетно-параметрические исследования.
3. Вряд ли можно утверждать, что расчетная модель валидирована, если среднее расхождение с экспериментом превышает 13%, а в некоторых случаях имеет величину 25% и 31% (Стр.14 автореферата).

4. На рисунке 3 приведено изменение границ начальной зоны расслоения образца в виде полосы. Непонятно, что в этом случае означают отрицательные значения перемещений.

Тем не менее, отмеченные замечания не снижают научной и практической значимости данной работы.

В целом на основании рассмотрения материалов автореферата можно сделать вывод, что представленная диссертационная работа удовлетворяет всем необходимым требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (ред. № 14 от 25.01.2024), а ее автор, Белоусов Илья Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 — «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Начальник отдела отделения
«Статической и тепловой прочности ЛА»,
канд. техн. наук



Дударьков
Юрий Иванович

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

Почтовый адрес: 140180 Московская обл. г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1

Телефон: +7 (495) 556-43-03

Электронная почта: info@tsagi.ru

Сайт: tsagi.ru

Согласен на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Белоусова Ильи Сергеевича.

Получить в свет 29.06.2026