

ОТЗЫВ
на автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
Севастьянова Филиппа Сергеевича

на тему «Закономерности развития повреждений в силовых элементах авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов при воздействии виброакустических нагрузок»
по научной специальности 2.5.14 «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

Диссертация Севастьянова Ф.С. посвящена расчетно-экспериментальному исследованию усталостного поведения и определению закономерностей развития повреждений в силовых элементах авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ), которые подвергаются акустическому воздействию с широким частотным диапазоном. Данная тема в настоящее время является актуальной и результаты диссертационного исследования применяются при сертификации современной авиационной техники Российской Федерации при обосновании акустической прочности силовых элементов, изготовленных из композиционных материалов.

Диссертация Севастьянова Ф.С. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения и изложена на 187 страницах машинописного текста.

В первой главе диссертации представлен обзор основных принципов обеспечения эксплуатационной живучести авиационных конструкций ПКМ. Во второй главе диссертации представлена разработка математической модели отклика конструкций из ПКМ на случайное виброакустическое воздействие, включая учёт начальных дефектов. В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований усталостного поведения композитных образцов. В четвертой главе рассматривается практическое применение результатов исследования в рамках сертификации самолета МС-21-300.

Суммируя результаты, представленные в диссертации, можно выделить следующие тезисы, подчеркивающие научную и практическую новизну: разработана методика расчётно-экспериментальных исследований для обоснования акустической прочности композитных конструкций; создана валидированная модель динамического отклика ПКМ на виброакустическое воздействие с учётом дефектов; получены экспериментальные данные по усталостным характеристикам и механизмам развития повреждений в интегральных соединениях. Таким образом, работа впервые решает задачу акустической прочности ПКМ на всех уровнях – от теории до сертификации. Научные результаты, изложенные в диссертации, обеспечивает комплексное решение проблемы акустической прочности ПКМ, способствуя развитию авиационной промышленности и повышению безопасности полётов.

Диссертация выполнена на высоком уровне и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Достоверность результатов подтверждается корректным сравнением численно-аналитических результатов с экспериментальными данными. Результаты диссертационного исследования изложены в 4-х публикациях, входящих в перечень ВАК, и доложены на конференциях, конгрессах и форумах.

Диссертационная работа соответствует паспорту заявленной научной специальности. Севастьянов Филипп Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.14 «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Доктор физико-математических наук, доцент,
Заведующий отделом подготовки кадров высшей квалификации,
Профессор кафедры 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий»,
ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»
Адрес: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, 317 ГАК
E-mail: russkikhsv@mail.ru
Телефон: +7 499 158-58-55

Подпись Русских Сергея Владимировича заверяю.

Доктор технических наук, доцент,
Проректор по научной работе



Русских Сергей Владимирович

Иванов Андрей Владимирович

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной
деятельности и цифровизации
ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»


В.М. Бабушкин

«29» сентября 2025 года

Отзыв

на автореферат диссертационной работы Севастьянова Филиппа Сергеевича
на тему: **«Закономерности развития повреждений в силовых элементах
авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов при
воздействии виброакустических нагрузок»**, представленной на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 Прочность и
тепловые режимы летательных аппаратов

Диссертационная работа Севастьянова Ф.С. направлена на изучение механики разрушения образцов из композиционного материала под воздействием высокочастотных виброакустических нагрузок. В основе подхода, разработанного диссертантом, лежат классические методы проведения виброиспытаний конструктивно-подобных образцов, неразрушающие методы исследования состояния материала и расчётные модели, созданные на базе современных конечно-элементных пакетов, широко применяемых при решении прочностных задач. Автор в своей работе проводит всестороннее исследование и определяет закономерности зарождения и развития повреждений для подкреплённой композитной панели, являющейся типовым элементом силовой конструкции самолёта.

Актуальность работы очевидна и продиктована современными трендами развития авиационной промышленности, согласно которым доля полимерных композиционных материалов (ПКМ) в конструкции планера планомерно увеличивается. В частности, в отечественном авиастроении наиболее актуальным примером является самолёт МС-21, крыло и механизация которого выполнены из ПКМ, и в процессе сертификации которого были применены результаты диссертационной работы автора. Таким образом, также не вызывает сомнений и практическая значимость работы.

К наиболее ценным результатам можно отнести следующее:

1. Разработана методика исследования механики разрушения композитных образцов для дальнейшего применения при обосновании усталостной прочности конструкции самолёта.
2. Создана математическая модель для расчёта напряжённо-деформированного состояния конструкции при виброакустическом нагружении, в том числе с возможностью учёта различных технологических дефектов.
3. Получены усталостные кривые и определены критерии и мода разрушения для типового образца стрингерной панели, изготовленного из применяемых в авиастроении полимерных композиционных материалов, в том числе с учётом предварительно нанесённых ударных повреждений.

Следует подчеркнуть, что полученные результаты не имеют аналогов в отечественной научной печати, в связи с чем научная новизна работы не вызывает никаких сомнений.

К замечаниям по содержанию автореферата можно отнести следующее:

1. В тексте нет обоснования выбора в качестве рабочего диапазона частот 50 – 1550 Гц.
2. В тексте нет пояснения, каким повреждениям соответствуют выбранные для моделирования размеры дефектов – например, являются ли они типовыми технологическими или максимально допускаемыми при производстве, к какой категории по обнаруживаемости они относятся?
3. В тексте автореферата ограниченно раскрыто содержание главы 4 диссертации.

Представленные замечания имеют рекомендательный характер и не влияют на актуальность, новизну и значимость работы. В целом, следует отметить высокую квалификацию автора при решении актуальной и сложной научной задачи. Результаты диссертационной работы представлены в виде выступлений на научных мероприятиях и публикаций в печатных изданиях.

По объёму, содержанию и научному уровню диссертация Севастьянова Филиппа Сергеевича полностью соответствует паспорту научной специальности и требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а диссертант заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Отзыв подготовили:

Заведующий кафедрой
аэрогидродинамики, к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»
«29» 09 2025 г.



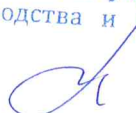
Е.И. Николаев

И. о. заведующего НИЛ №1
ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»
«29» сентября 2025 г.



В.В. Пахов

Подпись Е.И. Николаев, В.В. Пахов
заверяю. Начальник управления
делопроизводства и контроля



Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

Почтовый адрес: 420111, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Телефон: +7 (843) 231-97-34

Электронная почта: kai@kai.ru

Сайт: kai.ru

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Севастьянова Филиппа Сергеевича
«Закономерности развития повреждений в силовых элементах
авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов
при воздействии виброакустических нагрузок», представленной к
защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы ЛА».**

Представленная работа посвящена крайне важной и своевременной проблеме – обеспечению усталостной прочности силовых элементов авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов в условиях виброакустического нагружения и сосредоточена на решение конкретной практической задачи – обеспечение сертификации отечественных самолетов с композитными конструкциями в части требований п. 25.571(d) АП-25.

Актуальность исследования не вызывает сомнений и убедительно обоснована автором. Массовое внедрение полимерных композиционных материалов в силовую конструкцию планера перспективных отечественных АТ в условиях недостаточной экспериментальной и методической базы в части оценки их усталостной прочности при виброакустическом нагружении и последующего подтверждения соответствия требованиям п. 25.571(d) создает значительную проблему для отрасли.

Научная новизна и содержание работы соответствуют заявленным положениям, выносимым на защиту. Можно отметить три ключевых научно-практических достижения:

- разработана комплексная расчетно-экспериментальная методика, сочетающая современные подходы (Building Block Approach) с углубленным анализом физики процессов зарождения и развития повреждений в конструкциях из ПКМ;

- разработана и валидирована высокоточная математическая модель динамического отклика композитной конструкции Т-образца в программном комплексе Abaqus. Важным преимуществом такой модели является ее способность оценивать влияние размеров и локализации дефектов типа «расслоение» на резонансные частоты и НДС, что крайне важно для прогнозирования ресурса.
- получены уникальные экспериментальные данные по усталостным характеристикам конструкции типового соединения «обшивка-стрингер» из ПКМ с учетом влияния различных повреждений в условиях виброакустического нагружения.

Высокая **практическая ценность** представленной работы подтверждается непосредственным внедрением полученных результатов в процесс сертификации самолета МС-21-300. Разработанные методики и полученные результаты могут быть в дальнейшем использованы при проектировании и сертификации широкого спектра перспективных ЛА.

Несмотря на безусловно высокий уровень диссертационной работы, следует отметить некоторые **недостатки** и дискуссионные вопросы:

1. В тексте реферата отсутствуют данные по валидации разработанной математической модели Т-образного образца при смоделированных в ней расслоениях. Кроме этого не представлено сравнение результатов расчета и эксперимента для натурной конструкции;
2. В работе, судя по содержанию автореферата, отсутствуют расчетно-экспериментальные данные по скорости развития дефектов в процессе виброакустического нагружения;
3. Каким образом автор предлагает масштабировать данные, полученные на относительно небольших Т-образцах, на полноразмерные агрегаты сложной геометрии?
4. Предлагается ли в дальнейшем на основе выявленных закономерностей разработать конкретные методические рекомендации или алгоритмы

мониторинга состояния критических зон конструкции из ПКМ в ходе проведения испытаний и в условиях типовой эксплуатации?

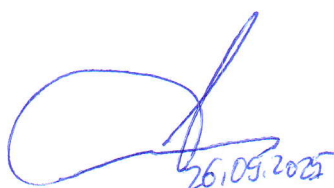
Тем не менее, указанные недостатки не снижают общей высокой оценки проделанной работы и полученных в ней результатов.

На основании материалов в автореферате, можно заключить, что диссертационная работа Севастьянова Филиппа Сергеевича соответствует всем критериям ВАК и паспорту специальности, а ее автор **заслуживает** присуждения ему искомой ученой степени **кандидата технических наук** по специальности 2.5.14. – «Прочность и тепловые режимы ЛА».

Кандидат технических наук,

главный специалист-эксперт 139 отдела НЦ ПЛГВС ГосНИИ ГА

125438, г. Москва, ул. Михалковская, д. 67, к. 1,



Садиков Дмитрий Александрович

Тел. +7 (495) 490-95-00, доб. 34-19; e-mail: sadikov_da@gosniiga.ru

Подпись Садикова Д.А. заверяю:



Директор НЦ ПЛГВС ГосНИИ ГА
Громов Михаил Степанович

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель главного конструктора по
авиационным винтам и винтовым
преобразователям

АО «НПП «Аэросила»,
кандидат технических наук

А.В. Иванов



« 14 » 10 2025 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Севастьянова Филиппа Сергеевича на тему «Закономерности развития повреждений в силовых элементах авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов при воздействии виброакустических нагрузок», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

Актуальность темы диссертационной работы

Создание современных летательных аппаратов (ЛА) сопряжено с решением важнейшей задачи – снижением веса конструкции, что позволяет повысить грузоподъемность и улучшить экономические показатели ЛА. В настоящее время одним из наиболее эффективных способов снижения веса ЛА является применение в конструкции деталей, изготовленных из полимерных композиционных материалов (ПКМ), обладающих повышенными усталостными характеристиками по отношению к применявшимся ранее деталям из алюминиевых сплавов. Наряду с этим применение ПКМ влечет за собой потребность в создании методологической базы для подтверждения летной годности в соответствии с действующими нормами. В частности, сегодня отсутствует единый подход по обеспечению усталостной прочности ПКМ при действии акустических нагрузок для доказательства соответствия п. 25.571(d) действующих НЛГ самолетов транспортной категории «Авиационные правила. Часть 25».

На основании вышеизложенного работа Севастьянова Ф.С., посвященная изучению влияния на детали из ПКМ виброакустических нагрузок и методам

обеспечения акустической прочности конструкций гражданских самолетов, является безусловно актуальной.

Научная новизна

Научная новизна заключается в предложенной автором методике проведения расчетно-экспериментальных исследований в обоснование акустической прочности силовых деталей из ПКМ, а также в разработанной математической модели определения динамического отклика конструкции на виброакустическое возмущение.

Практическая значимость

Предложенная автором методика и математическая модель имеют практическую значимость, позволяя обеспечивать виброакустическую прочность конструкций ЛА, изготовленных из ПКМ, гражданского и военного назначений. Результаты работы могут быть использованы отечественными разработчиками самолетов и беспилотных летательных аппаратов – ПАО «Яковлев», ПАО «Ил», АО «Компания «Сухой», АО «Туполев», АО «Кронштадт» и др.

Достоверность положений, выносимых на защиту

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается результатами экспериментальных исследований, на основании которых была определена точность проведенных расчетов.

Общие сведения о диссертационной работе

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, двух приложений. Объем диссертации составляет 187 страниц, список литературы включает 68 наименований.

Во введении обоснованы: актуальность научной работы, достоверность результатов проведенных исследований; сформированы цели и задачи исследования; показаны: научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы; сформулированы положения, выносимые на защиту; приведены результаты апробации работы; кратко описаны структура и содержание работы.

В первой главе представлен аналитический обзор работ зарубежных компаний (Boeing, Airbus и Sikorsky Aircraft Division) в области обеспечения прочности конструкций из ПКМ при действии виброакустических нагрузок, представлена классификация эксплуатационных повреждений деталей из ПКМ, отдельное внимание уделено необнаруживаемым повреждениям, сформированы принципы обеспечения прочности конструкций из ПКМ при действии виброакустических нагрузок, представлены результаты испытаний элементарных образцов из ПКМ в виде зависимости деформаций от прикладываемых нагрузок.

Вторая глава посвящена разработке математической модели с помощью которой производится расчет отклика конструкции на виброакустическое возмущение. Произведен расчет с применением метода конечных элементов рассматриваемого Т-образца с определением собственных частот и форм колебаний, а также НДС. Результаты расчета валидированы по результатам натурных испытаний Т-образцов. Дополнительно проведена расчетная оценка влияния дефекта на отклик Т-образца.

В третьей главе автор описывает результаты усталостных испытаний Т-образцов, а также методику и допущения, принятые для обеспечения этих испытаний. На основании результатов испытаний сделан вывод о различном поведении образцов с дефектом и без дефекта, а также различных механизмах накопления усталостной повреждаемости соответственно. Для наглядности результаты испытаний представлены также в графическом виде с применением фотоаппарата, томографа и вибротермографии. По результатам испытаний построена кривая усталости Т-образцов из ПКМ.

Четвертая глава содержит описание практического применения разработанной методики проведения расчетно-экспериментальных исследований механизмов накопления усталостной повреждаемости от виброакустического воздействия при проведении работ по обоснованию акустической прочности элементов планера из ПКМ в рамках сертификации самолета МС-21. При этом акустические нагрузки определялись экспериментально на самолете, отклик конструкции рассчитывался, а результаты расчета подтверждались путем испытаний отдельных частей самолета в реверберационной камере РК-1500 (ФАУ «ЦАГИ»).

В заключении диссертационной работы автор приводит полученные результаты.

Замечания по диссертационной работе

По оформлению автореферата и диссертации имеются следующие замечания.

1 При описании структуры диссертационной работы в автореферате (стр.8) указано, что список источников включает в себя 65 наименований, в диссертации (стр.12) – 86 наименований. Фактически список источников включает в себя 68 наименований. Подсчитанное количество рисунков также отличается в автореферате (85 шт.) и в диссертации (86 шт.).

2 На стр. 16 автореферата, в первом абзаце опечатка – «...в было выполнено...».

3 В автореферате на стр. 19 перепутаны местами ссылки на Рисунки 5 а) и 5 б): 5 а) – образец без удара; 5 б) – образец с ударным повреждением.

4 В автореферате на стр. 19 при описании механизма микрорастрескивания образца без начального повреждения дана ссылка на Рисунок 7, хотя сам рисунок – результат томографии образца с начальным повреждением.

По существу можно сделать следующие замечания.

1 В автореферате при описании актуальности темы (стр. 4) автор отмечает, что самолет МС-21-300 с крылом и оперением из ПКМ в отечественной практике был создан впервые. Однако известно о создании СибНИА им. С.А. Чаплыгина цельнокомпозитного самолета ТВС-2ДТС из углепластика, а также о ряде применяемых в настоящее время отечественных беспилотных летательных аппаратов, изготовленных из ПКМ.

2 При проведении расчетов собственных частот и форм колебаний Т-образов автором рассматривался диапазон частот от 50 до 1550 Гц (стр. 15 автореферата). Требуется пояснить, почему не рассматривался низкочастотный диапазон, т.к., например, воздушные винты могут создавать акустическое возмущение на частотах менее 50 Гц. Также не раскрыт вопрос о влиянии на собственные частоты Т-образца методов его закрепления и практической допустимости этого влияния.

3 При анализе результатов испытаний Т-образцов (стр. 112 диссертации) сказано, что «в рассмотренном диапазоне изменения нагрузки наблюдается линейная зависимость уровней отклика на входное воздействие». Однако из представленных материалов видно, что максимальная погрешность наблюдается в середине рассматриваемого интервала нагрузок, что может говорить о нелинейном характере физического процесса. Также следует отметить, что ПКМ имеют нелинейный характер изменения модуля упругости в зависимости от нагрузки (см. Рисунок 1 ГОСТ Р 56785-2015). Нелинейных характер отклика при изгибе также можно проследить из Рисунков 1.30, 1.31 диссертации при

доведении кривых до точки (0;0). Автору следовало бы уделить большее внимание обоснованию принятого допущения о линейности отклика.

4 Проведенные автором испытания на усталость выполнены для образцов с повреждением, нанесенным воздействием с энергией до 30 Дж. Однако зарубежные авиастроительные фирмы рассматривают повреждения от воздействия с энергией до 130 Дж. Необходимо разъяснить в связи с чем не проводилась оценка усталостной прочности образцов с повреждениями, нанесенными воздействием с энергией выше 30 Дж.

5 Необходимо разъяснить, почему на графике с кривыми усталости Т-образов (Рисунок 4 автореферата) значения, полученные для образцов, поврежденных энергией 10 Дж выше, чем построенная кривая усталости для образцов, поврежденных энергией 5 Дж. Значение, полученное для образца, поврежденного энергией 20 Дж также лежит на кривой усталости, построенной для образцов, поврежденных энергией 5 Дж.

6 На Рисунке 5 б) автореферата показано, что снижение собственной частоты образца с ударным повреждением происходит практически линейно и монотонно. Однако подобный характер изменения собственной частоты был зафиксирован и для образца № 5 без повреждения (Рисунок 3.3 б) диссертации). Необходимо разъяснить чем вызвана такая схожая характеристика. Также не ясно почему два образца без повреждения (№3 и №4) имеют практически вдвое меньшую начальную собственную частоту по отношению ко всем остальным образцам – см. Таблицу 3.1 диссертации.

7 На Рисунке 6 автореферата показан очаг разогрева в ПКМ, возникающий в месте начавшегося расслоения в результате трения слоев. При этом, если испытания на усталость проводились с ускорением по нагрузке, то тепловая картина не соответствует действительности и будет занижать кривую усталости испытываемых образцов в зоне высоких нагрузок, что может привести к некорректному определению предела выносливости.

8 При описании апробации предлагаемой методики на примере самолета МС-21 в главе 4 диссертации не раскрыт вопрос оценки ожидаемой эксплуатационной повреждаемости и не ясно как учитывалась ожидаемая повреждаемость при обосновании акустической прочности самолета МС-21. Также не представлены результаты сравнения расчетного значения отклика конструктивных элементов МС-21 на акустические нагрузки с результатами испытаний этих элементов в реверберационной камере РК-1500 (стр. 152 диссертации).

9 В работе не рассмотрен вопрос обоснования прочности деталей из ПКМ при совместном действии переменных акустических, аэродинамических и других вибрационных нагрузок (например от ТРДД), а также недостаточно

полно раскрыт вопрос о методике расчета допустимых эксплуатационных повреждений, учитываемых в обосновании прочности, что не снижает ценность работы и может рассматриваться в качестве направлений ее дальнейшего развития.

В целом можно сказать, что указанные замечания несколько не снижают ценность диссертационной работы и не влияют на ее положительную оценку.

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа посвящена исследованию развития повреждений силовых авиационных конструкций, изготовленных из полимерных композиционных материалов, при воздействии виброакустических нагрузок и соответствует специальности 2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Диссертация Севастьянова Ф.С. является законченной и самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача по обоснованию усталостной прочности авиационных конструкций из ПКМ, имеющая значение для развития самолетостроения. Диссертация изложена технически грамотным языком, логически структурирована по главам. Публикации и автореферат в полном объеме отражают содержание и основные результаты выполненной работы.

Диссертация соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ от 24.09.2013 №842 (в редакции от 16.10.2024 №1382), а ее автор, Севастьянов Филипп Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Сведения об организации:

Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Аэросила» (АО «НПП «Аэросила»), 142800, Московская обл., г. Ступино, ул. Жданова, 6; тел.: +7 (496) 642-80-85; e-mail: vint@aerosila.ru; адрес официального сайта в сети «Интернет»: www.aerosila.ru

Сведения об авторах отзыва

Иванов Артем Викторович

Наименование организации: Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Аэросила» (АО «НПП «Аэросила»).

Должность: Заместитель главного конструктора по авиационным винтам и винтовым преобразователям.

Ученая степень: кандидат технических наук.

Почтовый адрес: 142800, Московская обл., г. Ступино, ул. Жданова, вл. 6.

Тел.: + 7 (496) 642-80-85 доб. 4-00, e-mail: vint@aerosila.ru

УТВЕРЖДАЮ

Директор Инженерного центра
АО «УЗГА»



А.О. Недосекин

20 25 года

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Севастьянова Филиппа Сергеевича на тему:
**«ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В СИЛОВЫХ
ЭЛЕМЕНТАХ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ
ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК»**,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Автореферат диссертации Ф.С. Севастьянова представляет собой серьезную научную работу, посвященную актуальной проблеме обеспечения долговечности и надежности авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ) в условиях виброакустического нагружения.

Актуальность и научная значимость

Тема диссертации исключительно актуальна в свете активного внедрения ПКМ в авиастроение, особенно в конструкции гражданских самолетов. Автор обоснованно указывает на недостаточную изученность усталостных характеристик композитных конструкций по сравнению с металлическими аналогами, что делает данное исследование востребованным как с научной, так и с практической точек зрения.

Методология и подходы

Работа построена на комплексном расчетно-экспериментальном подходе, включающем:

- разработку и валидацию математической модели динамического отклика конструкции с учетом дефектов;
- проведение вибрационных испытаний на типовых образцах соединения «обшивка-стрингер»;
- применение современных методов неразрушающего контроля (вибротермография, томография, УЗК) для мониторинга развития повреждений.

Такой подход соответствует современным тенденциям в области прочности и динамики конструкций и позволяет получить достоверные и воспроизводимые результаты.

Научная новизна и практическая ценность

Научная новизна работы заключается в:

1. Разработке методики исследования механизмов зарождения и развития повреждений в ПКМ.

2. Создании и валидации расчетной модели, учитывающей наличие дефектов.

3. Получении уникальных экспериментальных данных по усталостным характеристикам композитных соединений.

Практическая значимость работы заключается во внедрении результатов в процесс сертификации самолета МС-21-300, что подчеркивает прикладной характер исследования и его непосредственную пользу для отечественной авиационной промышленности.

Замечания к работе

- В автореферате недостаточно подробно раскрыты ограничения применяемой модели (например, учет нелинейных эффектов, температурных изменений и т.д.).

- Можно было бы более детально описать методику статистической обработки экспериментальных данных и оценки погрешностей.

Заключение

Автореферат демонстрирует высокий уровень научной работы, соответствие диссертации современным требованиям и ее значимость для развития отечественной авиационной науки и промышленности. Результаты работы имеют важное теоретическое и прикладное значение, а предложенные методы и подходы могут быть успешно применены в дальнейших исследованиях и проектах.

Диссертация заслуживает высокой оценки, а ее автор – присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Отзыв подготовил:

Начальник отдела расчетов
АО «УЗГА», к.ф.-м. н.



Е.А. Матвеев

«22» сентября 2025 г.

Подпись Евгения Александровича Матвеева заверяю:

Начальник управления
кадрового администрирования
АО «УЗГА»



О.В. Андреева

Наименование организации: Акционерное общество «Уральский завод гражданской авиации»

Почтовый адрес: 123308, г. Москва, проспект маршала Жукова, 1с1

Телефон: +7 (495) 122-25-33

Электронная почта: pressa@uwca.ru

Сайт: uwca.ru

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора –
главный конструктор ОКБ –
председатель научно-технического совета
АО «Казанский вертолётный завод»

А.О. Гарипов

2025 г.

« 03 »

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Севастьянова Филиппа Сергеевича
«Закономерности развития повреждений в силовых элементах авиационных
конструкций из полимерных композиционных материалов при воздействии
виброакустических нагрузок», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

Автореферат диссертации, представленный Севастьяновым Ф.С., посвящен решению важной научно-практической задачи, связанной с обеспечением усталостной прочности элементов авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ) в условиях виброакустического нагружения.

Актуальность работы связана с неуклонным ростом доли применяемых ПКМ в современных авиационных конструкциях. Многообразие применяемых материалов и производственных технологий требует использования особых подходов к обоснованию усталостной прочности авиационных конструкций из ПКМ при виброакустических нагрузках, основанного на общепринятых принципах обеспечения эксплуатационной живучести и современных расчетно-экспериментальных методах.

Структура и содержание

Автореферат логично структурирован и отражает основные этапы проведения исследования:

- обоснование актуальности темы;
- постановку цели и задач;
- описание методов исследования;
- анализ полученных результатов;
- оценку практической значимости.

Особого внимания заслуживает глава, посвященная разработке и валидации математической модели, которая позволяет учитывать влияние дефектов на динамический отклик конструкции. Применение метода

конечных элементов в сочетании с экспериментальными данными демонстрирует современный подход к решению задач прочности.

Научная новизна работы заключается:

- в разработке оригинальной методики исследования повреждений в ПКМ;
- в создании расчетной модели, учитывающей начальные дефекты;
- в получении новых экспериментальных данных о закономерностях развития усталостных повреждений.

Достоверность результатов обеспечивается корректным сопоставлением расчетных и экспериментальных данных, а также использованием апробированных методов контроля.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии классических методов исследования механики разрушения, применяемых для традиционных металлических элементов авиационных конструкций, в части их применения к силовым элементам конструкций из ПКМ, подверженных виброакустическим нагрузкам.

Практическая значимость работы заключается в том, что ее результаты уже нашли применение при сертификации самолета МС-21-300, что свидетельствует о высокой практической ценности исследования. Разработанные методы и рекомендации могут быть использованы при проектировании перспективных летательных аппаратов, в том числе сверхзвуковых.

К автореферату кандидатской диссертации имеются следующие **замечания**:

1. Целесообразно было бы провести моделирование ударного воздействия, как одного из критических факторов, влияющих на эксплуатационную живучесть конструкции из ПКМ.
2. В тексте автореферата слабо раскрыты методы и средства, применяемые для проведения вибрационных испытаний образцов.
3. Уделено мало внимания методам обработки экспериментальных данных.

Указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы.

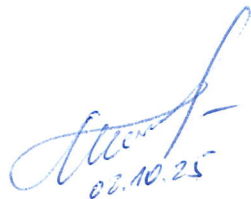
Качество и стиль изложения материала исследования соответствует уровню кандидатской диссертации. Текст автореферата написан грамотным языком. Работа выполнена на высоком научном и методическом уровне. Автор продемонстрировал глубокое понимание проблематики, связанной с особенностями поведения композитных конструкций под действием динамических нагрузок.

В целом диссертационная работа Севастьянова Филиппа Сергеевича «Закономерности развития повреждений в силовых элементах авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов при воздействии виброакустических нагрузок» является законченной научно-

исследовательской работой и соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертация заслуживает высокой оценки, а ее автор – присуждения ученой степени по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

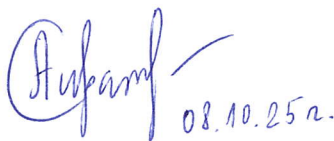
Начальник бригады прочности, к.т.н.



02.10.25

М.З. Шакиров
Тел. +7 (843) 549-66-52

Ученый секретарь научно-технического совета, к.т.н.



08.10.25 г.

А.Ф. Сафиуллин
Тел.: +7 (843) 549-64-38

Акционерное общество «Казанский вертолетный завод»

Почтовый адрес: ул. Тэцевская, д 14, г. Казань, Республика Татарстан, Россия, 420085

Телефон: +7 (843) 549-66-99

Сайт организации: www.rhc.ru

Адрес электронной почты: kvz@kazanhelicopters.ru

Согласны на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Шакиров Марат Зуфарович

научная специальность

05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Сафиуллин Айрат Фанилевич

научная специальность

05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

УТВЕРЖДАЮ
Главный конструктор
вертолетной техники «МИ»
С.А. Новоселов

10 _____ 2025 г.



О Т З Ы В

на автореферат диссертационной работы

Севастьянова Филиппа Сергеевича

на тему «Закономерности развития повреждений в силовых элементах
авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов при
воздействии виброакустических нагрузок», представленной на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 – «Прочность и
тепловые режимы летательных аппаратов»

Диссертация Севастьянова Ф.С. затрагивает актуальную для отечественной авиационной промышленности тему акустической прочности авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ). Актуальность и практическая ценность работы не вызывают сомнений. Массовое внедрение ПКМ в силовые конструкции современных летательных аппаратов является общеизвестным путём развития как отечественного, так и зарубежного авиастроения. При этом проблема виброакустической усталости, хорошо изученная для металлических конструкций, для ПКМ требует новых глубоких исследований. Автор справедливо указывает, что существующие зарубежные базы данных (ESDU, AGARD) не покрывают всего многообразия современных материалов и технологий, а их доступность ограничена. Разработка отечественной методики и получение собственных экспериментальных данных являются насущной потребностью для обеспечения независимости и конкурентоспособности отечественной авиационной отрасли.

Автор следует общепринятой в авиации методологии перехода от простых образцов к натурным агрегатам, известной как пирамидальный подход. Предложенная программа расчётно-экспериментальных исследований, основанная

на испытаниях типовых конструктивно-подобных образцов (Т-образов «обшивк-стрингер»), является практичным и экономически эффективным инструментом. Ее использование позволяет на ранних этапах проектирования получать достоверные данные для обоснования прочности без дорогостоящих испытаний полноразмерных панелей в реверберационных камерах.

Севастьяновым Ф.С. проведены исследования динамического отклика и усталостного поведения конструкций с учётом производственных и эксплуатационных дефектов. Оценка влияния ударных повреждений имеет высокую важность для композитных конструкций, поскольку зачастую именно удары, возникающие в процессе эксплуатации и технического обслуживания, определяют ресурс таких конструкций. Полученные данные о том, что даже удар энергией 5 Дж снижает долговечность соединения в сотни раз, имеют практическое значение для формирования программ испытаний натурных конструкций.

Комплексный подход к мониторингу повреждений на основе сочетания традиционных методов (тензометрия, контроль резонансной частоты) с современными методами неразрушающего контроля (вибротермография, компьютерная томография) позволило автору зафиксировать факт разрушения и показать физику процесса зарождения и развития повреждения на микро- и макроуровне. Выявленные закономерности (плавное снижение частоты при наличии начального дефекта и скачкообразное – при его отсутствии) имеют высокое значение для понимания механики разрушения современных ПКМ.

Созданная и валидированная расчётная модель, позволяющая прогнозировать отклик конструкции с дефектами, может стать полезным инструментом для инженеров отраслевых ОКБ. Возможность моделировать влияние расслоений различной локализации и размера на динамические характеристики конструкции позволяет проводить виртуальные доводочные работы и оценивать критичность тех или иных дефектов, выявленных в процессе производства или эксплуатации.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработана методика проведения расчетно-экспериментальных исследований в обоснование акустической прочности силовых элементов авиационных конструкций из ПКМ на основе изучения механизмов зарождения и развития повреждений в типовых конструктивно-подобных образцах.

На основании вышеизложенного считаем, что диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научно-техническом уровне с применением современных методов расчета и высокотехнологичного оборудования, написана технически грамотным языком, по актуальности, новизне, объему, научной и практической значимости полученных результатов полностью отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по техническим наукам, а ее автор Севастьянов Филипп Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Отзыв составили:

Руководитель группы
КБ-4.3.3, к.т.н.

Кручинин Михаил Михайлович

Каргаев Максим Владимирович

Подписи Кручинина Михаила Михайловича и Каргаева Максима Владимировича заверяю:

Начальник службы кадров

Г. И. НЫРКОВА

Наименование организации: АО «Национальный центр вертолетостроения им. М.Л. Миля и Н.И. Камова»

Почтовый адрес: 140170, Московская обл. г.о. Люберцы, ул. Гаршина, д. 26/1

Тел./факс: (498)553-80-02, e-mail: info@nhcmk.ru