

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФАУ

«СибНИА им. С.А. Чаплыгина»



В.Е. Барсук

«10»

10

2025 года



Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу 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 ап-
паратов»

Актуальность темы исследования

Вибрационные нагрузки от реактивных струй, винтов и вентиляторов и т. д. могут вызывать усталостные повреждения силовых элементов самолета. При сертификации самолетов необходимо обосновывать акустическую прочность конструкции. Для обоснования усталостной прочности при виброакустических нагрузках металлических конструкций получено большое количество экспериментальных и расчётных данных. Широкое применение композитов требует разработки подобных подходов и к обоснованию усталостной прочности и для авиационных конструкций из ПКМ.

Диссертация Севастьянова Ф.С. посвящена исследованию усталостного поведения и определению закономерностей развития повреждений в силовых элементах авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов, подверженных воздействию акустических нагрузок с широким частотным спектром. Автором разработана методика проведения расчётно-экспериментальных исследований механизмов зарождения и развития по-

вреждений в элементах из ПКМ в условиях воздействия виброакустических нагрузок. Разработана конечно-элементная модель для расчёта динамического отклика конструкции из ПКМ с учётом наличия дефектов. Модель валидирована с помощью экспериментальных исследований конструктивно подобных образцах типового соединения типа «обшивка-стрингер» (Т-образцов). Отличие расчётных и экспериментальных данных не превышало 15 %. Проведены исследования зависимости отклика Т-образцов от вида и размера дефекта (одностороннее отслоение стрингера на 0,15–1,00 ширины, симметричное отслоение стрингера на 0,15–1,00 ширины, расслоение между слоями стрингера). Таким образом, задачи, решаемые в представленной работе, являются актуальными и практически значимыми.

Новизна исследования и полученных результатов

Разработана методика проведения расчётно-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.

Разработана и валидирована расчётная модель определения динамического отклика на случайное широкополосное виброакустическое нагружение композитной силовой конструкции, содержащей расслоения от технологических дефектов и ударных повреждений.

Определены механизмы зарождения и развития повреждений в интегральном композитном соединении обшивки со стрингером при виброакустическом нагружении и получены уникальные экспериментальные данные по усталостным характеристикам типовых конструктивно-подобных образцов из ПКМ.

Достоверность и апробация результатов

Научные положения, выносимые на защиту, и полученные в работе выводы представляются обоснованными, поскольку базируются на применении апробированных методов расчёта на прочность конструкций ЛА, прошли валидацию сравнением с численными и экспериментальными результатами исследований, проведенными в ФАУ «ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского». Прошли обсуждения на российских и международных научных конференциях, а также опубликованы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Значимость для науки и практики полученных результатов

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в развитии классических методов исследования механики разрушения, применяе-

мых для традиционных металлических элементов авиационных конструкций, в части их применения к силовым элементам конструкций из ПКМ, подверженных виброакустическим нагрузкам.

Особенно стоит отметить, что приведенный в диссертационной работе подход был использован для обоснования акустической прочности элементов планера самолёта МС-21-300 в рамках сертификации типа.

Соответствие паспорту специальности

Диссертация полностью соответствует направлениям исследований, указанным в паспорте специальности 2.5.14. — «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов», по пункту 2 — «Обеспечение прочности объектов авиационной, ракетной и космической техники на основе современных аналитических и численных методов, методов натурного и полунатурного моделирования в условиях стационарных и нестационарных внешних воздействий».

Оценка структуры и содержания работы

Работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Диссертационная работа изложена на 187 страницах, содержит 86 рисунков и 21 таблицу. Список использованных источников включает в себя 66 наименований.

Во **введении** приведено обоснование актуальности диссертационного исследования, поставлена его цель и определены задачи. Сформулирована научная новизна, практическая значимость работы и положения, выносимые на защиту.

В **главе 1** приведён обзор основных принципов обеспечения эксплуатационной живучести авиационных конструкций из ПКМ, обзор мировой практики проведения расчётно-экспериментальных исследований в обоснование акустической прочности конструкций, а также обоснован выбор образца композитного соединения «обшивка-стрингер» (Т-образца) в качестве объекта исследования в настоящей работе.

В **главе 2** разработана математическая модель отклика конструкций из ПКМ на случайное виброакустическое воздействие, в том числе с учётом начальных дефектов, и выполнена валидация результатов расчёта на основе полученных экспериментальных данных на вибростенде.

В **главе 3** приведено описание экспериментальной части работы, в том числе проведённых на вибростенде вибрационных испытаний, а также неразрушающего контроля (НК) различными методами.

В **главе 4** представлена реализация разработанного подхода в рамках сертификации композитных силовых элементов самолёта МС-21 по условиям виброакустической усталости.

В **приложении А** приведена разработанная программа и методика усталостных вибрационных испытаний композитных Т-образцов.

В **приложении Б** приведены акты внедрения результатов работы.

Замечания по диссертационной работе

В качестве замечаний по диссертационной работе стоит отметить следующее:

1. Несмотря на то, что полученные результаты являются уникальными для отечественного авиастроения, а подробное описание подходов, используемых зарубежными разработчиками самолётов, в открытом доступе отсутствует, в глаза бросается короткий список литературы с большим количеством источников старше 15 лет.

2. При написании диссертационных работ принято придерживаться единых обозначений для десятичных дробей. В работе на одной странице (например, стр. 56) в качестве разделителя встречаются как точка, так и запятая.

3. При сравнении расчетного отклика закрылка МС-21 с экспериментальными данными указано, что получена хорошая сходимость, но никаких подтверждений этому не приведено.

4. Безоговорочное принятие за основу положения о несущественном влиянии на ресурс ПКМ фактора времени представляется спорным, поскольку в повседневной жизни можно наблюдать такое влияние в зависимости от типа полимерных связующих.

5. Возникает вопрос, чем определены геометрические параметры принятых для экспериментов панелей (стр. 50), ведь от соотношения размеров и граничных условий зависят частотные их характеристики.

6. В заключительной части работы упоминается об использовании результатов работы при сертификации МС-21. Почему нет актов об использовании или применении результатов диссертации?

Заключение

Общая оценка выполненной соискателем работы является положительной. Представленные замечания носят рекомендательный характер.

Диссертационная работа представляет собой завершённое научное исследование, имеющее научную ценность и практическую значимость. Материалы диссертации полностью отражены в статьях, опубликованных в жур-

налах из списка Высшей аттестационной комиссии (ВАК), а также представлены в материалах конференций.

Диссертационная работа Севастьянова Ф.С. по актуальности, объёму выполненных исследований, новизне, достоверности, научной и практической значимости полученных результатов и выводов удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, установленным «Положением о порядке присуждения учёных степеней», утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842.

Соискатель Севастьянов Филипп Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата наук по специальности 2.5.14 — «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Материалы диссертационной работы, автореферат и отзыв прошли обсуждение и получили одобрение на расширенном заседании научно-технического совета ФАУ «СибНИА им. С.А. Чаплыгина» (протокол №8 от 30.06.2025 г.).

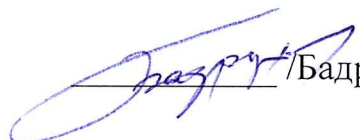
Заместитель начальника НИО-2,

д-р техн. наук, с.н.с

Главный научный сотрудник НИО-2,

канд. техн. наук, с.н.с

 /Железнов Л.П./

 /Бадрухин Ю.И./

«30» 09 2025 г.

Тел.: +7 (383) 278-70-10

E_mail: sibnia@sibnia.ru

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

Почтовый адрес: 630051 Новосибирская обл., г. Новосибирск, ул. Ползунова, д. 21/1

Телефон: +7 (383) 278-70-10

Электронная почта: sibnia@sibnia.ru

Сайт: sibnia.ru