

ОТЗЫВ
на автореферат диссертации
на соискание учёной степени кандидата наук
Бессонова Павла Сергеевича

на тему «Разработка алгоритмов анализа нагружения авиационных конструкций в задачах оценки усталостной долговечности» по научной специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Диссертационная работа Бессонова Павла Сергеевича посвящена актуальной научной задаче – разработке комплекса алгоритмов для точного анализа нагружения на различных этапах жизненного цикла летательных аппаратов. Актуальность темы обусловлена тем, что усталостное разрушение остается ключевым фактором, ограничивающим ресурс авиационной техники, а современные вызовы отрасли требуют перехода от консервативных оценок к прецизионным методам прогнозирования.

Диссертация Бессонова П.С. состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложений, и изложена на 130 страницах. В первой главе проанализированы методы анализа нагрузок и оценки усталостной долговечности авиаконструкций. Во второй главе разработан алгоритм оценки долговечности по спектральным данным с использованием метода Монте-Карло. В третьей главе создан алгоритм и специальное программное обеспечение для определения характеристик трещиностойкости композиционных материалов, учитывающие особенности развития расслоений. В четвёртой главе предложены нейросетевые алгоритмы мониторинга нагрузок на шасси транспортного самолёта.

Ключевым результатом диссертации, определяющим её научную и практическую новизну, является разработка комплекса алгоритмических подходов, обеспечивающих повышение точности прогнозирования усталостной долговечности конструкций в течение всего жизненного цикла летательного аппарата. Практическая значимость проявляется в создании и государственной регистрации специализированного программного обеспечения, автоматизирующего трудоемкие процессы расчета и экспериментальной обработки данных, что создаёт предпосылки для перехода к полнотелесному предиктивному обслуживанию летательных аппаратов и оптимизации их ресурсного потенциала при безусловном обеспечении требований безопасности.

В качестве общего замечания к работе можно отметить необходимость более детального освещения экономического эффекта от внедрения разработанных методик, включая расчет снижения эксплуатационных затрат и оценки повышения ресурсного потенциала авиационной техники. Указанные аспекты, однако, не снижают значимости полученных результатов и могут быть рассмотрены как направления для дальнейшего развития исследований автора.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук. Достоверность результатов и выводов подтверждена валидацией с помощью экспериментальных данных, полученных в процессе усталостных испытаний и лётного эксперимента. Результаты диссертационного исследования изложены в 3-х публикациях в журналах, входящих в перечень ВАК и доложены как на всероссийских, так и на международных конференциях.

Диссертационная работа соответствует паспорту заявленной научной специальности. Бессонов Павел Сергеевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Отзыв подготовил:

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@mai.ru

Телефон: +7 (499) 158-58-55, +7 (915) 398-92-67

Подпись Русских Сергея Владимировича заверяю:

Проректор по научной работе,
доктор технических наук, доцент

Русских Сергей
Владимирович

« 20 » ноября 2025 г.



Иванов Андрей
Владимирович

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бессонова Павла Сергеевича

«Разработка алгоритмов анализа нагружения авиационных конструкций в задачах оценки усталостной долговечности», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Производство современной авиационной техники характеризуется высокой потребностью в точных и эффективных инструментах для обоснования и продления ресурса планера самолета. Особую значимость приобретает переход от регламентного обслуживания к предиктивным моделям технического обслуживания, основанным на анализе фактического состояния конструкции. Такой подход позволяет существенно снизить эксплуатационные расходы авиакомпаний, повышая тем самым экономическую привлекательность и конкурентоспособность авиационной техники. Одним из ключевых условий реализации предиктивного подхода является корректное определение действующих эксплуатационных нагрузок, что составляет основное содержание диссертационной работы Бессонова Павла Сергеевича.

В работе комплексно рассмотрены актуальные проблемы, связанные с анализом нагружения при определении усталостной долговечности элементов авиационных конструкций. Автором успешно решены три дополняющие друг друга задачи:

1. Разработана методика анализа вибрационного нагружения, позволяющая учитывать не только амплитудные, но и средние значения циклов нагружения, что существенно повышает точность оценки усталостной повреждаемости.
2. Создан алгоритм обработки данных усталостных испытаний композиционных образцов, обеспечивающий достоверное определение расчётных характеристик трещиностойкости за счет устранения артефактов в экспериментальных данных.
3. Предложена нейросетевая методика анализа нагружения шасси транспортного самолёта в эксплуатации на основе рекуррентных архитектур.

Автором диссертации проведены важные эксперименты, подтверждающие работоспособность созданных алгоритмов.

Несмотря на безусловную ценность работы, рекомендуется дополнительно рассмотреть следующие аспекты:

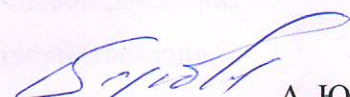
1. Не указано, для каких видов сигналов была апробирована методика анализа вибрационного нагружения, а также возможность её распространения на другие виды виброакустических нагрузок.

2. Целесообразно дополнить методику определения расчетных характеристик трещиностойкости образцов из композиционных материалов анализом влияния эксплуатационных факторов на точность предложенного подхода, поскольку эксплуатация авиационной техники осуществляется в разных климатических зонах и температурных режимах.
3. В тексте автореферата не обозначены объем исходных данных, на основе которых проводилось обучение нейросети, а также рекомендации по выбору мест установки датчиков для мониторинга нагруженности шасси транспортного самолета в процессе обучения нейросети. Целесообразно указать условия размещения датчиков, с учётом их расположения относительно точек приложения сил, возможных источников помех и прочих факторов, способных повлиять на точность измерений.

Отмеченные аспекты могут быть рассмотрены как перспективные направления для дальнейшего развития работы и не умаляют значимости полученных научных и практических результатов.

Представленный автореферат диссертации Бессонова Павла Сергеевича отражает содержание завершеного научного исследования, содержащего решение актуальных научно-практических задач в области прочности авиационных конструкций. Полученные результаты имеют существенное значение для авиационной отрасли и рекомендуются к внедрению. Соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Начальник Конструкторского бюро


А. Ю. Барбин
Андрей Юрьевич Барбин

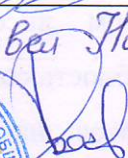
Начальник отделения прочности –
Заместитель главного конструктора по прочности


П. Н. Гусев
Павел Николаевич Гусев

Подписи А. Ю. Барбина и П. Н. Гусева заверяю:

Директор департамента управления персоналом




О. В. Божок

ПАО «Яковлев»

Адрес: 125315, г. Москва, Ленинградский проспект, дом 68

Телефон: +7 (495) 777-21-01

26.11.2025

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бессонова Павла Сергеевича на тему: «Разработка алгоритмов анализа нагружения авиационных конструкций в задачах оценки усталостной долговечности», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Диссертационная работа П.С. Бессонова посвящена решению актуальной научно-технической задачи, имеющей высокую значимость для обеспечения промышленной безопасности объектов, подверженных циклическому нагружению. Разработанные алгоритмы и программные комплексы создают основу для перехода от регламентного обслуживания к предиктивным моделям, основанным на фактическом состоянии конструкции, что является ключевым направлением в снижении рисков аварийности.

Актуальность темы не вызывает сомнений и подтверждается растущей потребностью в точных и автоматизированных методах оценки остаточного ресурса и прогнозирования отказов критически важных элементов как в авиационной отрасли, так и в других секторах промышленности (энергетика, транспорт, нефтегазовый комплекс).

К наиболее значимым результатам работы можно отнести:

1. Разработанный алгоритм оценки усталостной долговечности по спектральным данным, который может быть адаптирован для мониторинга промышленного оборудования, работающего в условиях вибрационного нагружения.
2. Методика обработки данных усталостных испытаний композиционных материалов, представляющая ценность для оценки остаточного ресурса конструкций, выполненных из современных полимерных композитов.
3. Нейросетевые алгоритмы мониторинга нагрузок, демонстрирующие потенциал для создания систем непрерывного контроля технического состояния ответственных конструкций.

Практическая значимость работы подтверждается созданием программных комплексов, которые после соответствующей адаптации могут быть использованы для:

- экспертизы промышленной безопасности опасных производственных объектов;

- анализа риска аварийных ситуаций, связанных с усталостным разрушением;
- обоснования сроков безопасной эксплуатации оборудования.

Вместе с тем, в представленном автореферате можно отметить следующие замечания:

1. В автореферате отсутствуют данные о проверке устойчивости нейросетевых моделей к экстремальным и аварийным режимам эксплуатации (например, жесткая посадка, посадка с боковым ветром, отказ систем). Использование моделей, обученных на данных штатных режимов, для оценки нагрузок в нештатных ситуациях может привести к некорректной и неконсервативной оценке повреждаемости.
2. В работе не отражен путь внедрения разработанных алгоритмов в действующую нормативную базу (например, в Нормы лётной годности, Руководства по технической эксплуатации). Отсутствует анализ того, какие дополнительные исследования и процедуры сертификации потребуются для того, чтобы расчеты по предложенным методикам могли быть приняты в качестве официального обоснования продления ресурса или изменения интервалов осмотров.

Несмотря на отмеченные замечания, которые носят рекомендательный характер и направлены на укрепление позиций работы в контексте практического применения для обеспечения промышленной безопасности, диссертационное исследование П.С. Бессонова представляет собой заверченный научный труд.

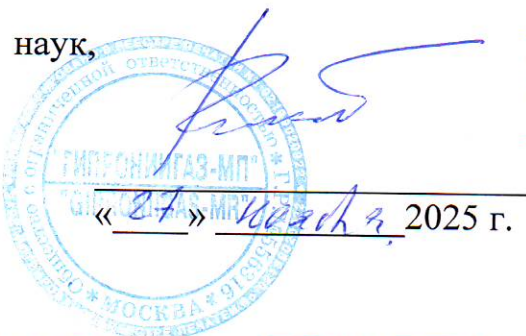
Работа соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Бессонов Павел Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Отзыв подготовил:

Кандидат технических наук,
директор по научной работе
E-mail: vaklimenko@mail.ru
Телефон: 8 985 921 62 76

наук,

Клименко
Владимир
Александрович



Организация:

Общество с ограниченной ответственностью «ГИПРОНИИГАЗ-МП»
Адрес: 105094, г. Москва, вн.тер.г. Муниципальный округ Басманный, наб
Семеновская, д. 2/1, стр. 1, помещ. 1/10

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Бессонова Павла Сергеевича
«Разработка алгоритмов анализа нагружения авиационных конструкций в
задачах оценки усталостной долговечности, представленной на соискание
учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14
«Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

Диссертационная работа Бессонова П.С. посвящена решению актуальной научной задачи – повышению точности оценки влияния нагрузок на усталостную долговечность авиационных конструкций. Для полимерно-композиционных материалов (ПКМ) особую актуальность представляет определение характеристик трещиностойкости по моде сдвига. Особую практическую значимость представляет создание специализированного программного обеспечения, которое не только сокращает трудоемкость исследований, но и минимизирует влияние человеческого фактора при обработке больших массивов данных и выполнении сложных многопараметрических расчетов. Автор подготовил и подал заявки на государственную регистрацию созданного программного обеспечения.

Основными научными результатами диссертационной работы можно считать: разработку автором алгоритмов моделирования нагрузок, действующих на авиационные конструкции, основанные на применении искусственных нейронных сетей; разработку и апробацию на экспериментальных данных алгоритма и специального программного обеспечения для определения расчётных характеристик ПКМ по моде сдвига; разработку алгоритма определения долговечности в частотной области, построенного на основе физических моделей сопротивления усталости по данным о нагружении во временной области, используемых в отечественной авиационной отрасли.

Основные научные положения исследования получили апробацию на научно-практических конференциях и в публикациях. Три программы, разработанные в ходе исследования, зарегистрированы в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (Роспатент).

По содержанию автореферата можно сделать следующие замечания:

1. В автореферате говорится о повышении экономической эффективности эксплуатации летательных аппаратов за счет перехода к предиктивной модели. Однако представленное исследование не содержит конкретного критерия

экономической эффективности (например, снижение удельных эксплуатационных затрат на летный час, увеличение межремонтного ресурса, и др.), что не позволяет количественно оценить преимущества предлагаемого подхода по сравнению с регламентным обслуживанием.

2. В материале 4-й главы автор активно использует узкоспециализированный язык (например, «многослойный перцептрон», «конкатенация», «рекуррентная часть сети» и др.), что затрудняет её восприятие. При этом ключевой вопрос, заявленный в главе (разработка алгоритма определения значений нагрузок, действующих на шасси самолёта транспортной категории), представлен примером предсказания нагрузок только на передней опоре шасси на пробеге.),

Вместе с тем, указанные замечания не снижают научно-практическую значимость и не влияют на положительную оценку работы.

На основании автореферата можно сделать вывод, что исследование выполнено на достаточно высоком научном и методическом уровне. По актуальности, практической значимости и полученным научным результатам работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Бессонов Павел Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 - «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Отзыв составил:

Кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики и инженерной графики

Жоу
28.11.2025

А.С. Кочетов
Александр Сергеевич
Кочетов

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации»

125993, г. Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20.

Тел.: +7 (499) 458-75-47.

E-mail: info@mstuca.aero

Подпись заверяю

Начальник управления персоналом



А.В. Бунин
А.В. Бунин

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бессонова Павла Сергеевича на тему:

«РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ АНАЛИЗА НАГРУЖЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ»,

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

Актуальность работы

Современные летательные аппараты как на земле, так и в полёте подвергаются интенсивному воздействию циклических нагрузок, приводящих к развитию усталостных повреждений и снижению остаточного ресурса конструкций. Особую остроту эта проблема приобретает в контексте аэрокосмических систем, эксплуатирующихся в атмосфере: самолётов, вертолётов и многоразовых космических кораблей, где комплексное влияние вибрационных, акустических и манёвренных нагрузок формирует многокомпонентный спектр циклического нагружения. Расширяющееся применение перспективных полимерных композиционных материалов требует развития специализированных методов оценки их ресурса, учитывающих характерные для данного класса материалов механизмы повреждения, в частности, развитие межслойных расслоений. Поэтому исследования Бессонова Павла Сергеевича в области определения нагрузок и оценки их влияния на усталостную долговечность авиационных конструкций, представленные в диссертационной работе, являются весьма актуальными.

Основные результаты и их значимость

Ключевым достижением работы является разработка алгоритмов анализа нагружения, используемых при определении усталостной долговечности авиационных конструкций самолетов транспортной категории. При этом разработанные алгоритмы направлены на повышение экономической эффективности эксплуатации летательных аппаратов (ЛА) и их надежности.

Практическая ценность работы заключается в возможности формирования программ натурных усталостных испытаний авиационных конструкций с учетом воздействий вибро-акустического нагружения и статистических данных о нагруженности ЛА в эксплуатации. Три программы, разработанные в ходе исследований, зарегистрированы в Роспатенте.

Научная новизна и оригинальность

Разработан и апробирован на экспериментальных данных алгоритм и соответствующее программное обеспечение для определения расчетных характеристик полимерно-композиционных материалов по моде сдвига, основанные на анализе нагружения образца в усталостных испытаниях, отличающиеся учетом физических особенностей развития расслоения в образце, позволяющее существенно снизить трудоемкость обработки экспериментальных данных.

Замечания и рекомендации

По тексту автореферата можно сделать следующее замечание.

Автором не проведен сравнительный анализ долговечности, рассчитанный по разработанной автором методике на основе частотных характеристик нагруженности, с результатами, полученными по другим спектральным методам.

Однако указанное замечание носит рекомендательный характер и не снижает общей ценности проведенного исследования.

Заключение

Диссертационная работа Бессонова Павла Сергеевича представляет собой завершенное научное исследование, содержащее решение актуальной научной задачи. Полученные результаты имеют важное теоретическое и практическое значение для авиационной отрасли. Соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Директор Научно-исследовательского института
специального машиностроения МГТУ им. Н.Э. Баумана
доктор технических наук, старший научный сотрудник
e-mail: zimin@bmstu.ru
тел. +7(499)263-63-91



Зимин Владимир Николаевич

«01» декабря 2025 г.

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный
исследовательский университет)»

Адрес: 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Бессонова Павла Сергеевича на тему «Разработка алгоритмов анализа нагружения авиационных конструкций в задачах оценки усталостной долговечности», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Диссертационное исследование П.С. Бессонова затрагивает комплекс задач, находящихся на стыке теории усталости и современных методов анализа данных, включая машинное обучение. Актуальность темы обусловлена необходимостью разработки новых подходов к оценке усталостной долговечности с учетом расширяющегося применения полимерных композиционных материалов и возможностей интеллектуального мониторинга конструкций.

Автором предложено несколько оригинальных алгоритмов и программных решений для анализа нагружения в частотной области (глава 2), для определения расчётных характеристик слоистых композитов по моде сдвига (глава 3), а также для мониторинга нагруженности шасси транспортного самолёта (глава 4). Подобные решения направлены на значительное улучшение методик прогнозирования усталостных характеристик и продление срока службы авиационных конструкций.

К замечаниям по содержанию автореферата можно отнести следующее:

1. В работе не представлено обоснование выбора линейной аппроксимации кривой усталости в двойных логарифмических координатах. Не рассмотрены альтернативные подходы, такие как кусочно-линейная аппроксимация, которая может более адекватно описывать поведение материалов в области низкоцикловой усталости и вблизи предела выносливости, обеспечивая большую гибкость моделирования.
2. Ещё одним важным вопросом, оставшимся вне рассмотрения, является учет многоосного нагружения. Настоящая работа сосредоточилась преимущественно на одноосных вариантах, тогда как реальные эксплуатационные условия зачастую характеризуются комбинированными нагрузками, воздействующими сразу по нескольким осям.

Представленные замечания имеют рекомендательный характер и не влияют на общую оценку актуальности, новизны и значимости работы. Представленные материалы показывают наличие оригинального вклада в теорию и практику прогнозирования усталостного разрушения авиационных конструкций, а предлагаемые методы и инструменты представляют значительный интерес для авиационной промышленности и смежных отраслей. Следует отметить высокую квалификацию автора при решении

сложной научной задачи, полноту представления результатов в публикациях и выступлениях на научных мероприятиях.

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

Сведения об авторе отзыва:

Кандидат технических наук, доцент,
старший научный сотрудник
Email: gadolina@mail.ru:
Телефон: +79175046826

Гадолина
Ирина
Викторовна


« 2 » декабря 2025 г.

Подпись сотрудника заверяю:

Исполняющий обязанности
директора ИМАШ РАН, д.т.н.



А.В. Рагуткин

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук
Адрес: 101000, Москва, Малый Харитоньевский пер., дом 4

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации
Бессонова Павла Сергеевича

«Разработка алгоритмов анализа нагружения авиационных конструкций в задачах оценки усталостной долговечности»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.
Специальность 2.5.14 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Актуальность работы. В процессе эксплуатации авиационной техники имеют место негативные явления, связанные с накоплением усталостных повреждений в элементах конструкции. Одна из сложнейших проблем – учет влияния реального спектра нагружения элементов конструкций на усталостную прочность. Тема диссертации П.С.Бессонова, направленной на решение этой проблемы, является актуальной.

Научная новизна и теоретическая значимость работы заключается в следующем:

- разработаны алгоритмы моделирования нагрузок, действующих на авиационные элементы конструкции самолета, основанные на применении искусственных нейронных сетей,
- разработан алгоритм определения усталостной долговечности конструкций, отличающийся интеграцией моделей накопления повреждений, используемых в отечественном авиастроении.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанных алгоритмов для определения реальной нагрузок в шасси самолётов, дающей возможность повышения экономической эффективности эксплуатации парка летательных аппаратов за счет перехода от регламентного обслуживания к предиктивной модели.

Апробация работы. Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, зарегистрированы 3 программы для ЭВМ. Работа прошла апробацию на международных и всероссийских конференциях

Вопросы и замечания к автореферату:

1. Как известно, модель линейного суммирования повреждений, использованная автором при разработке алгоритма оценки усталостной долговечности, далеко не всегда дает согласующиеся с экспериментальными данными результаты. Из автореферата неясно, как обосновано ее применение к рассматриваемым материалам и конструкциям.

2. В критериях точности определения нагрузок искусственной нейронной сетью используется усталостная повреждаемость, которая не является измеряемой величиной, а вычисляется на основе некоторой математической модели по нагрузке. Таким образом, в оценку точности закладывается ошибка, обусловленная точностью модели.

3. На рис. 2.7 автореферата не указаны единицы измерения по оси ординат.

Отмеченные замечания и вопросы не снижают существенным образом качества диссертации, её научной и практической ценности.

Диссертационная работа представляет законченное исследование на актуальную тему. Полученные результаты имеют теоретическое и практическое значение, свидетельствуют о решении важной научной проблемы, имеющей, в первую очередь, прикладную направленность.

Вывод

Диссертационная работа Бессонова Павла Сергеевича выполнена на высоком научном уровне и соответствует паспорту специальности 2.5.14 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов. Работа отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней». Автор Бессонов Павел Сергеевич заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Согласен на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя учёной степени кандидата технических наук Бессонова Павла Сергеевича и их дальнейшую обработку.

Профессор кафедры «Авиационные двигатели» Пермского национального исследовательского политехнического университета, доктор технических наук



Нихамкин Михаил Шмерович

614099, Пермь, Комсомольский проспект, 29, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, тел. (342) 239-13-61, e-mail: nikhamkin@mail.ru

Подпись Нихамкина М.Ш. заверяю:
Ученый секретарь Ученого совета ПНИПУ,
канд. ист. наук, доцент

В.И.Макаревич



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата наук Бессонова Павла Сергеевича на тему: «Разработка алгоритмов анализа нагружения авиационных конструкций в задачах оценки усталостной долговечности» по научной специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Современные тенденции развития авиации характеризуются активным внедрением цифровых технологий и интеллектуальных систем мониторинга, что позволяет значительно повысить точность прогнозирования ресурса воздушных судов, уменьшить затраты на эксплуатацию и обеспечить надёжность работы конструкций. Важнейший инструмент в достижении этих целей — точные методы анализа нагружения, учитывающие индивидуальные особенности каждой машины и эксплуатирующей организации. Задачи совершенствования таких подходов составляют ядро диссертационного исследования Павла Сергеевича Бессонова.

В исследовании последовательно решена серия взаимосвязанных задач, направленных на повышение точности и эффективности прогнозирования долговечности на различных этапах жизненного цикла изделий:

1. Разработан алгоритм оценки долговечности по спектральным данным, интегрирующий физически обоснованные модели усталостного повреждения с методами статистического моделирования, такими как метод Монте-Карло.
2. Создано специализированное программное обеспечение для определения характеристик трещиностойкости полимерных композиционных материалов по моде сдвига, которое учитывает физику процесса развития расслоений и снижает трудозатраты на обработку экспериментальных данных.
3. Разработаны нейросетевые алгоритмы для анализа нагрузок на шасси транспортного самолета, базирующиеся на рекуррентных архитектурах и использующие данные штатной бортовой аппаратуры.

Полученные результаты обладают значительной научной новизной и практической ценностью, подтвержденной государственной регистрацией программных комплексов и возможностью их внедрения в инженерную практику.

В качестве рекомендаций, направленных на дальнейшее развитие представленных методов, можно отметить следующее:

1. Интересным и потенциально полезным продолжением исследования могло бы стать изучение влияния последовательности нагружения на итоговую оценку долговечности, включая такие эффекты, как блокировка трещины и взаимодействие циклов. Учет этих факторов позволил бы еще точнее моделировать поведение конструкций в условиях сложного эксплуатационного нагружения.
2. Для более полной демонстрации возможностей и подтверждения универсальности разработанного подхода к анализу ПКМ было бы интересно в будущем исследовать его применимость к материалам с различными типами армирования и связующих.

Представленные замечания носят рекомендательный характер и не умаляют высокой научно-практической значимости диссертационной работы.

Основные научные результаты диссертации корректно и полно отражены в публикациях автора. Ключевые положения работы изложены в 3 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК. Положительно оценивается наличие свидетельств о государственной регистрации трех программных комплексов, что подтверждает практическую реализацию и новизну разработанных алгоритмов. Результаты исследований также доложены на ряде авторитетных всероссийских и международных научных конференциях, включая конгресс ICAS и школы-конференции «Проблемы механики».

Работа выполнена на современном научно-методическом уровне, соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Бессонов Павел Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой прочности конструкций
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ»

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

E-mail: vakostin@kai.ru

Телефон: +7 (843) 231-03-27


« 08 » 12 2025 г.

Костин
Владимир
Алексеевич

Кандидат технических наук,
доцент кафедры аэрогидродинамики
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ»

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

E-mail: oaledyankina@kai.ru

Телефон: +7 (843) 231-03-46


« 08 » 12 2025 г.

Ледянкина
Ольга
Анатольевна

Подписи Костина Владимира Алексеевича,
Ледянкиной Ольги Анатольевны заверяю:

Доктор технических наук, доцент,
заместитель проректора по научной
деятельности и цифровизации




« 08 » 12 2025 г.

Бабушкин
Виталий
Михайлович

Заместитель

директора по

науке, и.о.

начальника цент

прочности ЛА

ФДУ «ИАЕИ»

М.Ч. Зиченков

2025 г.

О внедрении результатов диссертационной работы Бессонова Павла Сергеевича «Разработка алгоритмов анализа нагружения авиационных конструкций в задачах оценки усталостной долговечности», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Настоящий акт подтверждает, что результаты диссертационной работы Бессонова Павла Сергеевича «Разработка алгоритмов анализа нагружения авиационных конструкций в задачах оценки усталостной долговечности», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук внедрены в практику проведения теоретических и экспериментальных исследований ФАУ «ЦАГИ».

Научный труд Бессонова П.С. является частью работ по формированию научно-технического задела в направлении разработки новых подходов анализа нагружения авиационных конструкций, направленных на повышение экономической эффективности эксплуатации современных летательных аппаратов. В работе ФАУ «ЦАГИ» были использованы следующие результаты диссертационной работы Бессонова П.С.:

1. Алгоритм определения значений нагрузок, действующих на шасси самолёта транспортной категории в эксплуатации по данным его аварийного бортового регистратора, основанный на применении искусственного интеллекта.
2. Алгоритм и специальное программное обеспечение (свидетельство № 2025615690) анализа циклического нагружения образцов из полимерно-композиционных материалов для определения их усталостных характеристик

трещиностойкости по моде сдвига с учётом физической модели развития расслоения под действием циклических нагрузок в образцах из ПКМ.

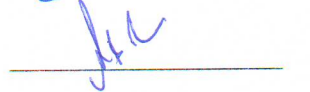
3. Алгоритм и специальное программное обеспечение (свидетельства № 2021619411 и № 2021661002) определения усталостной долговечности на основе данных о нагрузках, представленных в частотной области, учитывающее физические модели расчёта сопротивления усталости, используемые во временной области.

Результаты включены в научно-технические отчёты ФАУ «ЦАГИ»:

1. Инв. №18-6764 (Государственное задание №020-00008-25-00, подэтап 1.31.2, 2025 г.);
2. Инв. №18-6696 (Государственное задание №020-00005-24-00, подэтап 1.31.3, 2024 г.);
3. Инв. №18-6731 (Государственное задание №020-00006-23-00, подэтап 1.31.4, 2024 г.);
4. Инв. №18-1352 ДСП (Шифр «Конверт-2», этап 3, 2022 г.);
5. Инв. №18-1337 ДСП (Шифр «Конверт 2021», этап 5, 2020 г.).

И. о. начальника НИО-18, к.т.н.

Заместитель начальника НИО-18, к.т.н.

А.А. Свиридов

А.В. Панков

Кубасов А.В.

«70» 70 2025 г.



Kennel

В.И. Клепцов