

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 31.1.006.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО АВТОНОМНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО»
МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(ДЕПАРТАМЕНТ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ) ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 23 декабря 2025 г. № 19

О присуждении Бессонову Павлу Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка алгоритмов анализа нагружения авиационных конструкций в задачах оценки усталостной долговечности» по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов в виде рукописи **принята к защите** 21 октября 2025 года (протокол № 11) диссертационным советом 31.1.006.01 на базе Федерального автономного учреждения «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ») Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Департамент авиационной промышленности). Адрес организации: 140180, Московская область, г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1. Приказом Минобрнауки России от 03.06.2021 №561/нк диссертационному совету 31.1.006.01 предоставлено право приёма к защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук.

Соискатель Бессонов Павел Сергеевич 12 февраля 1998 года рождения.

В **2021** году соискатель окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)». В **2025** году Бессонов П.С. окончил аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника.

Соискатель работает инженером II категории в научно-исследовательском отделении «Ресурс конструкций летательных аппаратов» научно-исследовательского центра «Прочность летательных аппаратов» ФАУ «ЦАГИ» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Департамент авиационной промышленности).

Диссертация выполнена в научно-исследовательском отделении «Ресурс конструкций летательных аппаратов» научно-исследовательского центра «Прочность летательных аппаратов» ФАУ «ЦАГИ» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Департамент авиационной промышленности).

Научный руководитель: кандидат технических наук, старший научный сотрудник Свирский Юрий Анатольевич, ведущий научный сотрудник отделения «Ресурс конструкций летательных аппаратов» научно-исследовательского центра «Прочность летательных аппаратов» ФАУ «ЦАГИ».

Официальные оппоненты:

Федулов Борис Никитович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теории пластичности Федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», г. Москва;

Ерпалов Алексей Викторович, кандидат технических наук, заместитель директора центра виброиспытаний и мониторинга состояния конструкций Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация:

Федеральное автономное учреждение «Сибирский научно-исследовательский институт авиации имени С. А. Чаплыгина», г. Новосибирск в своём **положительном** отзыве, подписанном заместителем начальника отделения усталостной и статической прочности, доктором технических наук, старшим научным сотрудником ФАУ «СибНИА им. С.А. Чаплыгина» Львом Петровичем Железновым, заместителем начальника отделения усталостной и статической прочности ФАУ «СибНИА им. С.А. Чаплыгина» Валерием Андреевичем Беспаловым, и утверждённом директором ФАУ «СибНИА им. С.А. Чаплыгина», кандидатом технических наук Владимиром Евгеньевичем Барсуком, **указала**, что диссертация Бессонова Павла Сергеевича является завершённым научным исследованием, имеющим научную ценность и практическую значимость.

Содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертации.

Материалы диссертационной работы полно отражены в статьях в журналах из списка ВАК и представлены в материалах конференций.

Диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям и критериям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842.

Соискатель Бессонов Павел Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических 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 №15 от 22.10.2025 г.).

Соискатель имеет 9 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 3 публикации в научных изданиях, которые включены в перечень ВАК российских рецензируемых научных изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Наиболее значимые работы:

1. Применение нейросетевых аппроксимационных моделей для задач мониторинга нагруженности элементов авиационных конструкций / А. А. Баутин, П. С. Бессонов, В. И. Клепцов, Ю. А. Свирский // Ученые записки ЦАГИ. 2025. – 2025. – Т. 56, № 2. – С. 121-132.

В работе дан краткий обзор основных способов мониторинга нагруженности конструкций летательных аппаратов в эксплуатации, а также изложен подход к оценке переменного нагружения планера серийных самолётов с использованием алгоритмов и программного обеспечения искусственного интеллекта. Сформулированы рекомендации по выбору структуры ИНС прямого распространения и методу обучения сети, позволяющему получать наиболее точные оценки повторяемости нагрузок. Личный вклад соискателя составляет 60% и заключается в непосредственном участии в проведении научных исследований, а также творческом преобразовании полученных результатов в целостное научное сообщение. Весь цикл подготовки

текста, его оформления, прохождения рецензирования и внесения правок для публикации в научном журнале выполнен лично автором.

2. Определение действующих нагрузок элементов шасси самолета RRJ-95 с использованием рекуррентной искусственной нейронной сети / А. А. Баутин, П. С. Бессонов, В. И. Клепцов, Ю. А. Свирский // Ученые записки ЦАГИ. 2025. – 2025. – Т. 56, № 3. – С. 77-84.

В работе представлены результаты применения искусственных нейронных сетей (ИНС) рекуррентного типа для определения вертикальных нагрузок, действующих на опоры шасси самолета RRJ-95 при разбеге и пробеге. Выполнен анализ различных способов предварительной обработки данных и формирования исходных векторов обучающего множества. Получены практически важные результаты, позволяющие сформировать ИНС со структурой, наиболее соответствующей задачам мониторинга нагрузок. Личный вклад соискателя составляет 50% и выражен в непосредственном участии в проведении научных исследований и преобразовании полученных результатов в формат научной статьи. Автором лично обеспечено прохождение полного цикла редакционной подготовки публикации.

3. Экспериментальное исследование влияния «малых» по амплитуде нагрузок на долговечность стальных элементарных образцов / П. С. Бессонов, А. Л. Медведский, Ю. А. Свирский, А. А. Шульга // Вестник Московского авиационного института. – 2025. – Т. 32, №2 – С. 97-107.

В работе описаны особенности обработки данных нагружения с «малыми» нагрузками. Представлены результаты усталостных испытаний 21 элементарного образца типа «полоса с отверстием» из стали 30ХГСА, проведенных по длительным программам сверхмногоциклового нагружения суммарной продолжительностью более одного года. Личный вклад соискателя составляет 50% и заключается в организации и проведении цикла усталостных испытаний, последующем анализе и интерпретации экспериментальных данных, а также в непосредственном участии в подготовке текста статьи к публикации.

Соискателем получено 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ по теме диссертации:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021661002 Российская Федерация. FatigueLab - Программный комплекс решения задач усталостной прочности : № 2021660079 : заявл. 25.06.2021 : опубл. 05.07.2021 / П. С. Бессонов ; заявитель Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского»

Основной задачей программы является определение усталостной долговечности авиационных конструкций при различных видах их нагружений (нагружение от типового полета и отдельных его режимов, вибро-акустическое нагружение и др.), заданных как в частотной, так и во временной областях. Другая задача - анализ и сравнение различных методик определения нагруженности конструкций ЛА. Личный вклад соискателя составляет 100% и заключается в разработке концепции, алгоритмов и архитектуры программы, а также написании всего исходного кода, его всестороннем тестировании и отладке.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025615690 Российская Федерация. «Программа анализа и визуализации результатов усталостных испытаний слоистых композитов по моде сдвига» : заявл. 24.02.2025 : опубл.

06.03.2025 / П. С. Бессонов ; заявитель Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского»

Программа предназначена для автоматизации обработки и анализа результатов усталостных испытаний слоистых композитов по моде сдвига. Основными функциональными возможностями программы являются: выбор критерия разрушения; построение графиков изменения характеристик образца (податливость, скорость роста трещины и др.) в процессе усталостного нагружения; определение параметров и построение графиков кривых усталости и кинетических диаграмм разрушения; запись окончательных и промежуточных результатов анализа в табличных файлах Microsoft Excel; генерация протоколов испытаний по пользовательскому шаблону Microsoft Word. Личный вклад соискателя составляет 100% и охватывает полный цикл разработки. Автором созданы концепция и алгоритмы, выстроена архитектура, написан и отлажен весь исходный код.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021619411 Российская Федерация. Программа определения усталостной долговечности металлических конструкций при случайном вибрационно-акустическом нагружении : № 2021618492 : заявл. 02.06.2021 : опубл. 09.06.2021 / П. С. Бессонов

Программа предназначена для определения усталостной долговечности конструкций из металлических сплавов по их частотному отклику на случайное вибрационно-акустическое нагружение. Область применения программы: предварительное определение усталостной долговечности металлических конструкций при получении их частотного отклика экспериментальным или расчетным путем. Личный вклад соискателя составляет 100% и заключается в разработке алгоритмов и архитектуры, реализации исходного кода и проведении его всестороннее тестирования и отладки.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы официальных оппонентов и ведущей организации.

Отзыв официального оппонента Федулова Бориса Никитовича – положительный. Отзыв включает следующие замечания:

1. Разработанный во второй главе алгоритм оценки усталостной долговечности, основанный на статистическом моделировании временных реализаций методом Монте-Карло по спектральной плотности мощности, наследует фундаментальное ограничение спектральных методов — ориентацию на анализ гауссовских процессов. Для повышения методологической строгости целесообразно было бы оценить погрешность оценки долговечности для процессов с «тяжелыми хвостами» распределения или явно оговорить это ограничение.
2. Полученные выводы о значительном уточнении параметров трещиностойкости, полученные в третьей главе работы, представляются перспективными, однако для их полного подтверждения целесообразно дополнительное экспериментальное исследование с применением независимых методов контроля длины трещины на промежуточных этапах нагружения. Такая проверка особенно актуальна в связи с тем, что основным результатом методики является определение производной da/dN , где предложенная коррекция может вносить существенный вклад в точность расчетов.
3. Предложенная в четвёртой главе процедура отбора параметров бортового регистратора, основанная на экспертной оценке, успешно решила поставленные задачи в рамках данного исследования, однако она ограничивает потенциал автоматизированного применения разработанной методики для других конструкций

ЛА. В перспективе дальнейшего развития методики представляет интерес разработка формализованного алгоритма селекции признаков, что позволит расширить область применения подхода для анализа других элементов конструкции летательных аппаратов без необходимости привлечения узкоспециализированных экспертов.

Отзыв официального оппонента Ерпалова Алексея Викторовича – положительный.

Отзыв включает следующие замечания:

1. В обзоре литературы (раздел 1.4.1) отсутствует упоминание об одномерных сверточных нейронных сетях (1D CNN), которые также эффективно работают с временными последовательностями и могли бы расширить арсенал рассматриваемых методов.
2. В диссертации решаются три различные задачи (алгоритм оценки долговечности в частотной области, алгоритм определения усталостных характеристик ПКМ, нейросетевой алгоритм определения нагрузок). Однако связь между этими задачами раскрыта недостаточно четко. Например, оценка долговечности в частотной области разрабатывается для алюминиевых сплавов, в то время как определение усталостных характеристик проводится для ПКМ, что требует дополнительного обоснования.
3. В работе не указаны конкретные типы ПКМ, использованные в экспериментах: технология изготовления, количество слоев, тип материала. Также не раскрыто, как разработанный алгоритм определения усталостных характеристик ПКМ будет адаптироваться для разных типов ПКМ и технологий их производства.

Отзыв ведущей организации ФАУ «СибНИА им. С.А. Чаплыгина» – положительный. Отзыв включает следующие замечания:

1. Рис. 1.14 По тексту к описанию этого рисунка один выходной сигнал, а на рисунке их множество. Как должно быть?
2. Стр. 52, абзац первый «Для определения нагрузок использовался трёхслойный перцептрон с сигмоидальными функциями активации. В заключении работы сделаны выводы о том, что точность прогноза нагрузок с помощью ИНС составляет около 1%, а при использовании регрессионного анализа лишь 5 – 15 %». Правильно надо понимать 1% и 5-15% это низкая точность прогноза, или это все же погрешность прогноза?
3. Стр. 56. «Разработка алгоритма определения усталостной долговечности на основе данных о нагрузках, представленных в частотной области, учитывающая физические модели накопления усталостных повреждений, используемых в отечественном авиастроении». К какому существительному относится причастие «учитывающая»? Может правильно – «учитывающего».
4. На рисунке 2.8-2.9 непонятно к какой кривой относится метод Монте-Карло.
5. По главе 3 (§3.1-3.3) непонятно, на основе каких данных производится описание алгоритма построения диаграммы КДР. Желательно привести описание КПО при испытаниях их на ресурс.
6. По главе 4, в силу того, что заявлено в названии раздела «Разработка алгоритмов» желательно привести или математическое описание алгоритма или представить его в виде диаграмм.
7. В главе 4 желательно привести расчетную схему шасси магистрального самолета, а также сравнение абсолютных величин нагрузок (в кгс), полученных на основании норм летной годности и ИНС по данным штатного аварийного бортового регистратора.

8. Стр. 1076, на рисунке 4.4 и по тексту нет информации о нанесенных на рисунке кривых.
9. В таблицах 4.2-4.4 не указаны размерности данных в колонках «МАРЕ», «МРЕ» и «D». Кроме того, при анализе этих таблиц непонятно на основании какого критерия, из выше перечисленных, оценивалась эффективность той или иной схемы нейросети. Правильно ли было оценивать ее по средней арифметической ошибке (МРЕ)? Данное замечание относится не только к разделу 4, но и к разделу 3.

На автореферат поступило 8 отзывов из организаций.

- 1 Отзыв на автореферат **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»**, г. Москва, составлен доктором физико-математических наук, доцентом, заведующим отделом подготовки кадров высшей квалификации, профессором кафедры 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» Сергеем Владимировичем Русских. Отзыв **положительный**, отзыв включает следующие замечания:
 - 1.1 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.
- 2 Отзыв на автореферат от **публичного акционерного общества «Яковлев»**, г. Москва, составлен начальником Конструкторского бюро Андреем Юрьевичем Барбиным и начальником отделения прочности – Заместителем главного конструктора по прочности Павлом Николаевичем Гусевым. Отзыв **положительный**, отзыв включает следующие замечания:
 - 2.1 Не указано, для каких видов сигналов была апробирована методика анализа вибрационного нагружения, а также возможность её распространения на другие виды виброакустических нагрузок.
 - 2.2 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.
 - 2.3 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.
- 3 Отзыв на автореферат **общества с ограниченной ответственностью «ГИПРОНИИГАЗ-МП»**, г. Москва, составлен кандидатом технических наук, директором по научной работе Владимиром Александровичем Клименко. Отзыв **положительный**, отзыв включает следующие замечания:
 - 3.1 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.

3.2 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.

4 Отзыв на автореферат **Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА)**, г. Москва, составлен кандидатом технических наук, доцентом кафедры технической механики и инженерной графики Александром Сергеевичем Кочетовым. Отзыв **положительный**, отзыв включает следующие замечания:

4.1 В автореферате говорится о повышении экономической эффективности эксплуатации летательных аппаратов за счёт перехода к предиктивной модели. Однако представленное исследование не содержит конкретного критерия экономической эффективности (например, снижение удельных эксплуатационных затрат на лётный час, увеличение межремонтного ресурса, и др.), что не позволяет количественно оценить преимущества предлагаемого подхода по сравнению с регламентным обслуживанием.

4.2 В материале 4-й главы автор активно использует узкоспециальный 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.

5 Отзыв на автореферат **федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»**, г. Москва, составлен доктором технических наук, старшим научным сотрудником, директором Научно-исследовательского института машиностроения МГТУ им. Н.Э. Баумана Владимиром Николаевичем Зиминым. Отзыв **положительный**, отзыв включает следующие замечания:

5.1 Рекомендуется разработать требования к техническому обеспечению для эксплуатационного мониторинга нагруженности с использованием искусственных нейронных сетей, включая характеристики измерительного оборудования и вычислительных ресурсов.

5.2 Рекомендуется провести сравнительный анализ долговечности, рассчитанной по предложенной автором методике на основе частотных характеристик нагруженности, с результатами, полученными по другим спектральным методам.

6 Отзыв на автореферат **Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук**, г. Москва, составлен кандидатом технических наук, доцентом, старшим научным сотрудником Ириной Викторовной Гадиной. Отзыв **положительный**, отзыв включает следующие замечания:

- 6.1 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 низкоциклового усталости и вблизи предела выносливости, обеспечивая большую гибкость моделирования.
- 6.2 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.
- 7 Отзыв на автореферат **Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»**, г. Пермь, составлен доктором технических наук профессором кафедры «Авиационные двигатели» Михаилом Шмеровичем Нихамкиным. Отзыв **положительный**, отзыв включает следующие замечания:
- 7.1 Как известно, модель линейного суммирования повреждений, используемая 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.
- 7.2 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.
- 7.3 На рис. 2.7 автореферата не указаны единицы измерения по оси ординат.
- 8 Отзыв на автореферат **Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»**, г. Казань, составлен доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой прочности конструкций Владимиром Алексеевичем Костиным и кандидатом технических наук, доцентом кафедры аэрогидродинамики Ольгой Анатольевной Ледякиной. Отзыв **положительный**, отзыв включает следующие замечания:
- 8.1 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.
- 8.2 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.
- Внедрение результатов диссертационной работы подтверждено **2 актами**:
- 1 **Акт о внедрении** результатов диссертационной работы, утвержденный заместителем директора по разработке филиала ПАО «Яковлев» - «Региональные самолёты» Алексеем Викторовичем Кубасовым.

- 2 **Акт о внедрении** результатов диссертационной работы, утвержденный заместителем генерального директора по науке, и.о. начальника центра прочности ЛА ФАУ «ЦАГИ» Михаилом Чеславовичем Зиченковым.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью, достижениями и компетенциями, что подтверждается перечнем научных работ, а также результатами интеллектуальной деятельности по профилю диссертационной работы. Квалификация и опыт ведущей организации и официальных оппонентов позволяют обоснованно оценить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан алгоритм определения значений нагрузок, действующих на шасси самолёта транспортной категории в эксплуатации по данным его аварийного бортового регистратора, основанный на применении искусственного интеллекта.

разработан алгоритм и специальное программное обеспечение 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.

разработан алгоритм определения усталостной долговечности на основе данных о нагрузках, представленных в частотной области, учитывающий физические модели расчёта сопротивления усталости, используемые во временной области.

Теоретическая значимость исследования определяется вкладом в развитие теоретических подходов, нацеленных на увеличение ресурса авиационной техники.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены в теоретические и экспериментальные исследования ФАУ «ЦАГИ» новые алгоритмы и методы обработки данных нагружения образцов и конструкций, предназначенные для снижения трудоёмкости экспериментальных исследований и нацеленные на повышение экономической эффективности эксплуатации летательных аппаратов. Научно-технический задел по теме диссертации использован в пяти научно-технических отчётах ФАУ «ЦАГИ».

разработаны и внедрены в деятельность филиала ПАО «Яковлев» – «Региональные самолёты» алгоритмы и методические рекомендации по моделированию вертикальных усилий на основной и передней опорах шасси опытного экземпляра самолёта RRJ-95.

На работу даны **положительные отзывы** авторитетных организаций, в том числе от ФГБОУ ВО «МАИ», ПАО «Яковлев», ФГБОУ ВО «МГТУ ГА», ФГАОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана, ИМАШ РАН и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

использованные в работе экспериментальные результаты получены в ходе испытаний на усталость элементарных образцов из полимерно-композиционных материалов в сертифицированной лаборатории центра прочности ЛА ФАУ ЦАГИ;

использованы принятые в ЦАГИ методики расчета на прочность и живучесть, аттестованные методы измерения, рекомендованные для практического применения методики анализа и обработки данных;

выполнена верификация, разработанных моделей, а также валидация разработанного метода путём сравнения с экспериментальными данными;

апробация результатов работы проходила на российских и международных конференциях;

23 декабря 2025 года.