

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 8 апреля 2025 г. № 4

О присуждении Баутину Андрею Александровичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метод обнаружения повреждений в авиаконструкциях на основе мониторинга местного напряжённо-деформированного состояния» **по специальности** 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов в виде рукописи **принята к защите** 28 января 2025 года (протокол № 1) 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 Баутин Андрей Александрович 29 мая 1987 года рождения.

В **2011** году соискатель окончил магистратуру Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)», в настоящее время: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)». В **2018** году Баутин А.А. окончил аспирантуру Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского» (ФГУП «ЦАГИ») по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Соискатель работает инженером 1 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 Панков Андрей Вячеславович, заместитель начальника научно-исследовательского отделения «Ресурс конструкций

летательных аппаратов»» научно-исследовательского центра «Прочность летательных аппаратов» ФАУ «ЦАГИ».

Официальные оппоненты:

Разумовский Игорь Александрович, доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории механики разрушения и живучести Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН), г. Москва;

Попов Алексей Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры восстановления авиационной техники Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация:

Федеральное государственное унитарное предприятие Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации, г. Москва в своём **положительном** отзыве, подписанном Грозовым Михаилом Степановичем – кандидатом технических наук, главным конструктором, заместителем директора НЦ ПЛГВС ГосНИИ ГА, и утверждённом Бобылёвым Дмитрием Владимировичем – кандидатом технических наук, генеральным директором ФГУП ГосНИИ ГА, **указала**, что диссертация Баутина Андрея Александровича является законченной научно-квалификационной работой, в которой полученные результаты изложены последовательно, обеспечено их логическое единство и соответствие цели исследования. Теоретические и научно-методические положения, выводы по результатам исследования характеризуются научной новизной, практической и теоретической значимостью для развития отрасли науки в области разработки эффективных средств контроля состояния (воздушных судов) ВС, которые позволят своевременно и надёжно обнаруживать возникающие повреждения с минимальными экономическими издержками. Содержание диссертационной работы свидетельствует о личном вкладе Баутина Андрея Александровича в науку.

Автореферат в достаточной мере отражает основные положения, представленные в диссертационной работе.

Материалы диссертации в полной мере отражены в статьях журналов, входящих в перечень рецензируемых изданий из списка ВАК при Минобрнауке России.

Диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК при Минобрнауке России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, приведённым в Постановлении Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 16.10.2024) "О порядке присуждения ученых степеней" (вместе с "Положением о присуждении ученых степеней") (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025).

Соискатель 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 обсуждены и одобрены на расширенном заседании отделов «Научного центра поддержания летной годности ГосНИИ ГА» (НЦ ПЛГВС ГосНИИ ГА):

Соискатель имеет 21 опубликованную работу по теме диссертации, в том числе 6 публикаций в научных изданиях, которые включены в перечень ВАК российских рецензируемых научных изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, и 8 публикаций в изданиях, индексируемых наиболее авторитетными наукометрическими базами данных (Scopus, Web of Science, Springer).

Наиболее значимые работы:

- 1 Svirskiy Yu.A., Bautin A.A., Papic L., Gadolina I.V. Methods of Modern Aircraft Structural Health Monitoring and Diagnostics of Technical State (chapter) // Diagnostic Techniques in Industrial Engineering (book) edited by M. Ram, J.P. Davim; Springer Verlag, 2017. PP. 1-28.

В главе монографии представлена концепция мониторинга состояния и обзор результатов применения различных типов датчиков, предназначенных для контроля целостности конструкции ЛА из изотропных (металлы) и анизотропных (ПКМ) материалов, которые используются в современной авиационной промышленности. Показана актуальность и перспективы разработки новых методов контроля целостности конструкции ЛА на основе мониторинга состояния, которые позволят усовершенствовать сложившуюся систему обеспечения и поддержания летной годности. Личный вклад соискателя составляет 40% и заключается в системном анализе и обобщении зарубежных и отечественных данных о проектировании и разработке бортовых систем мониторинга.

- 2 Баутин А.А. Мониторинг элементов авиационных конструкций по данным тензометрии // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. — 2019. — Т. 85. — № 1. Часть I. — С. 57-63.

В работе представлены расчетные и экспериментальные результаты исследования изменения местных деформаций в образцах продольных фюзеляжных стыков при появлении усталостных повреждений. Показано, что анализ изменения деформаций из-за возникновения трещин, может использоваться в качестве основы для разработки методики мониторинга состояния конструкции ЛА. В частности своевременное обнаружение повреждений возможно в критических местах с ограниченной контролепригодностью методами визуального контроля, а также с помощью дефектоскопии с применением специального оборудования. Личный вклад соискателя составляет 100% и заключается в обработке экспериментальных данных, а также в анализе параметров НДС поврежденной и неповрежденной конструкции типового фюзеляжного стыка по данным численного моделирования.

- 3 Баутин А.А., Свирский Ю.А., Панков А.В. Мониторинг состояния конструкции с помощью анализа кинетики местного напряженно-деформированного состояния // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. — 2019. — Т. 85. — № 2. — С. 42-47.

В работе представлены результаты сравнительного анализа кинетики местных деформаций, полученной по данным тензометрии в ходе испытаний образцов продольного фюзеляжного стыка, а также по данным моделирования параметров НДС стыка с помощью МКЭ. Приведены параметры зон, в которых произошли значительные изменения деформаций, которые фиксируются с помощью тензоизмерительной системы при появлении характерных усталостных повреждениях стыка. Личный вклад соискателя составляет 80% и заключается в разработке и валидации расчетных моделей, параметрических исследованиях и сравнительном анализе полученных результатов.

- 4 Свирский, Ю.А., Баутин А.А., Лукьянчук А.А., Басов В.Н. Приближенный метод решения упруго пластической задачи // Вестник МАИ. — 2020. — Т. 27. — № 2. — С. 61-70.

В работе рассматривается один из методов решения упруго пластической задачи при поцикловом расчете, который используется для оценки долговечности с учетом нелинейных эффектов. Представлены результаты сравнения зависимостей локальных напряжений от номинальных, полученные для типовых концентраторов с помощью предложенной авторами аппроксимации, а также путем анализа НДС с использованием (метода конечного элемента) МКЭ. Личный вклад соискателя составляет 50% и заключается в разработке расчетных моделей и анализе кривых статического деформирования для исследуемых концентраторов.

- 5 Баутин А.А., Свирский Ю.А. Применение нейросетевых технологий в задачах мониторинга состояния критических мест конструкции транспортных самолётов // Вестник Московского авиационного института. — 2020. — Т. 27. — № 4. — С. 81-91.

В статье представлен метод обнаружения многоочаговых усталостных трещин в типовых фюзеляжных стыках с помощью анализа данных тензометрии. Решена задача формирования оптимальной схемы установки датчиков для мониторинга состояния стыка типовой конструкции с помощью анализа зависимости между показаниями системы измерения и повреждениями, представленная в виде нейросетевой аппроксимации. Личный вклад соискателя составляет 80% и заключается в разработке метода своевременного обнаружения характерных повреждений в стыках, получении исходных данных и определении параметров метода расчетными и экспериментальными способами.

- 6 Орлов А.А., Сыпало К.И., Городниченко В.И., Баутин А.А. Применение нейросетевых технологий искусственного интеллекта для мониторинга нагрузок в силовых элементах авиационных конструкций // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. — 2023. — Т. 89. — № 5. — С. 42-47.

В работе рассмотрена методика определения нагрузок в элементах механизации ЛА по данным штатного бортового самописца. Показана эффективность восстановления действующих нагрузок с помощью искусственной нейронной сети, используемой для аппроксимации зависимости между параметрами полета, которые записывались штатным регистратором, и параметрами нагружения, которые определялись расчетно-экспериментальными методами на основе обработки данных тензометрии. Личный вклад соискателя составляет 30% и заключается в определении элементов математического аппарата и формировании рекомендаций для их корректного использования при выполнении расчетно-экспериментальных исследований.

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

Отзыв официального оппонента Разумовского Игоря Александровича – положительный. Отзыв включает следующие замечания:

- 1 На наш взгляд автору следовало бы чётко пояснить, почему при наличии в настоящее время разнообразных методов и аппаратуры для регистрации параметров НДС в реальном режиме времени (они указаны в диссертации), в работе принято использование именно электротензометрии.
- 2 Следовало бы указать технические характеристики (чувствительность, погрешность результатов) используемых тензодатчиков при стендовых испытаниях и в условиях эксплуатации, а также сформулировать ограничения на допустимый разброс величин

нагрузок, который всегда имеет место при стендовых испытаниях узлов авиаконструкций.

- 3 Следовало более детально изложить процедуру численного моделирования решаемых задач: используемые ПК, схемы конечно-элементного (КЭ) разбиения, базовые соотношения, используемые для расчёта параметров трещиностойкости, критериальный подход к оценке условий возникновения усталостных трещин.
- 4 Следовало бы выполнить оценку влияния на результаты мониторинга погрешностей данных тензоизмерений, а также возможных на практике смещений точек установки тензорезисторов. Такого рода исследования можно было бы выполнить путём численного моделирования соответствующих задач.
- 5 Следовало бы привести отдельные рекомендации для выбора порогового значения изменения локальных деформаций – ε_{th} для испытаний и для ожидаемых условий эксплуатации. Насколько можно судить по приведенным в диссертации данным, для лабораторных условий пороговое значение определено консервативно, однако для условий эксплуатации с учетом широкого спектра факторов, влияющих на измерение деформаций, для оценки ε_{th} вероятно необходимо дополнительное исследование.

Отзыв официального оппонента Попова Алексея Владимировича – положительный. Отзыв включает следующие замечания:

- 1 Первая глава диссертационной работы включает в достаточной мере подробный обзор различных датчиков и методов, которые могут применяться для обнаружения повреждений в бортовой системе мониторинга. В связи с этим выбор автором тензодатчиков и методов тензоизмерений в качестве основы для разработки системы мониторинга требует дополнительного обоснования.
- 2 В диссертационной работе не приведены минимальные и рекомендуемые технические требования для измерительного и вычислительного оборудования, включая накопительные устройства, которые необходимы для реализации мониторинга состояния с помощью предложенного метода.
- 3 Раздел, содержащий методику мониторинга состояния стыков, и другие разделы работы не включают требований и рекомендаций о необходимости разработки алгоритмов первичной обработки данных (обработка выбросов и пропусков данных, фильтрация данных, выделение экстремумов и т.д.).
- 4 В работе рассмотрены 2 режима работы тензосистемы, при которых возможно обнаружение повреждений: периодическая тензометрия с остановкой нагружения и непрерывный опрос датчиков в темпе эксперимента. При этом не дано рекомендаций относительно выбора наиболее предпочтительного способа, а также не приведены параметры рассмотренных способов тензометрии, необходимые для мониторинга состояния (частота и точность измерений, необходимость регистрации вспомогательных данных: нагрузок, количества циклов и т.д.).
- 5 Образцы фюзеляжных стыков, используемые для определения суммарной безопасной площади трещин, имеют частные конструктивные различия (Приложение В). Для объективного анализа картины разрушения и подтверждения достоверности, полученных в результате обработки данных эксперимента, рекомендуется привести получаемые характеристики с учетом отдельных групп с единым конструктивным исполнением образцов и провести анализ их различия.

- 6 Отдельные части текста диссертационной работы содержат неточности или оформлены не в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.11–2011:
- На стр. 31 указана неверная ссылка на рисунок 1.8 (а). На стр. 38 есть ссылка в тексте на рисунок, но нет рисунка 1.14 (г);
 - Список обозначений и сокращений не включает сокращения, используемые в приложениях к работе. Список сокращений не упорядочен в соответствии с требованиями ГОСТ и не размещен после основного текста работы.

Отзыв ведущей организации ФГУП ГосНИИ ГА – положительный. Отзыв включает следующие замечания:

- 1 В тексте научной работы отсутствует оценка эффективности применения разработанного метода в случае перераспределения деформаций вследствие пластических деформаций, например, в точечных связях.
- 2 Содержание работы не включает оценку необходимого объема измерительного оборудования, которое требуется для мониторинга состояния элементов всего фюзеляжа самолета с помощью разработанного метода. В главе 2 отсутствует описание используемых в эксперименте тензометрических датчиков.
- 3 Расчетная схема КЭ модели фюзеляжного стыка, используемая в главе 2, приведена без необходимых подробностей, не указаны деформации (в направлении конкретной оси, эквивалентные, главные) используемые для верификации КЭ модели.
- 4 Не показаны допускаемые и фактические значения погрешностей косвенного метода измерений с применением расчетно-экспериментальной оценки суммарной площади многоочаговых усталостных трещин докритического размера, использовавшегося соискателем при разработке метода определения параметров усталостных повреждений в стыках авиаконструкций, основанного на анализе действующих в критическом сечении напряжений.
- 5 В тексте диссертационной работы нет явных рекомендаций о необходимости изменения нормативной документации при изменении способа обеспечения безопасной эксплуатации элементов конструкций с соединениями, эксплуатируемых в настоящее время по принципу «безопасного ресурса», по требованиям которого усталостные повреждения должны быть практически невероятны в пределах установленного ресурса.
- 6 В недостаточной степени освещен вопрос в части применения и внедрения результатов данной диссертационной работы в новые или действующие методы поддержания летной годности летательных аппаратов транспортной категории.

На автореферат поступило 6 отзывов из организаций.

- 1 Отзыв на автореферат филиала ПАО «Яковлев» – «Региональные самолёты» (ФРС), г. Москва, составлен заместителем начальника НИО прочности ФРС, доктором технических наук Митрофановым О.В. и заместителем начальника департамента внешних нагрузок НИО прочности ФРС, кандидатом технических наук Клепцовым В.И. Отзыв **положительный**, отзыв включает следующие замечания:
 - 1.1 В обзоре состояния проблемы (глава 1) не упомянут способ установки датчиков обнаружения трещин с чувствительным элементом в виде токопроводящей композитной пасты. Данный способ защищен патентом RU2446392C1.

- 1.2 На странице 31 рассказывается о применении метода главных компонент (РСА) с отсылкой к рисунку 1.8(а), в то время как иллюстрация работы РСА показана на рисунке 1.9(а); на странице 38 предлагается расчёт деформации посмотреть на рисунке 1.14(в-г), но есть только рисунок 1.14(в).
- 1.3 Рекомендуем автору в дальнейших работах, связанных с верификацией и валидацией расчётных моделей напряжённо-деформированного состояния (стр. 75) опираться на термины ГОСТ Р 57700.41-2022 «Верификация и валидация компьютерных моделей. Определение напряженно-деформированного состояния конструкций в упругопластической области», а также, ГОСТ Р 57700.14-2018 «Численное моделирование физических процессов. Верификация получаемых сеточными методами численных решений задач механики сплошной среды» и ГОСТ Р 57700.25-2020 «Компьютерные модели и моделирование. Процедуры валидации».
- 1.4 Верное по смыслу деление повреждений при эксплуатации воздушных судов «... на 3 группы: случайные, вызванные воздействием внешней среды и усталостные» (стр. 105) имеет более строгий аналог, например, в Нормах летной годности самолетов транспортной категории НЛГ-25, п. 25.571(а). Там предписано «...показать, что аварийной или катастрофической ситуации из-за усталости, коррозии, дефектов производства или случайного повреждения можно избежать в течение всего времени эксплуатации самолета».
- 2 Отзыв на автореферат **федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МГБОУ ВО МАИ)**, г. Москва, составлен доцентом кафедры «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения» МАИ, кандидатом технических наук Астаповым А.Н. Отзыв **положительный**, отзыв включает следующие замечания:
- 2.1 В тексте не указано, что исследуются многорядные стыки, представляющие собой соединения листов постоянной толщины. В таких стыках трещины возникают только в зоне крайних наиболее нагруженных рядов соединения, вблизи которых возможно использование тензодатчиков для задач мониторинга состояния.
- 2.2 В п. 3.2 при определении оптимальной схемы расположения датчиков рекомендуется рассмотреть и привести дополнительные условия, связанные с невозможностью установки датчиков в некоторых зонах из-за физических или иных ограничений.
- 2.3 Не рассмотрен анализ применимости разработанного метода в условиях, отличающихся от одноосного растяжения образцов фюзеляжных панелей при лабораторных испытаниях.
- 2.4 Отсутствует сравнение полученных результатов с мировым опытом создания интеллектуальных систем (интегрирование в конструкцию полупроводниковых тензодатчиков, пьезоэлектрических сенсоров и актюаторов).
- 3 Отзыв на автореферат **федерального автономного учреждения «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» (ФАО ЦИАМ)**, г. Москва, составлен ведущим научным сотрудником, кандидатом технических наук Осиповым К.А. Отзыв **положительный**, отзыв включает следующие замечания:

- 3.1 Глава 1 включает много информации о разработке и внедрении систем, мониторинга в эксплуатацию различной авиационной техники, а метод, рассмотренный в работе, разработан и опробован в испытаниях авиационных конструкций, чему в главе 1 уделено значительно меньше внимания.
- 3.2 Из текста автореферата не ясно, из каких соображений выбран запас по наработке для обнаруживаемых усталостных повреждений, и проводилась ли расчетная оценка показателей трещиностойкости образцов фюзеляжных стыков при многоочаговом повреждении.
- 3.3 В автореферате не описано в достаточной мере, каким образом сравниваются деформации при различных внешних нагрузках в испытаниях и как фактические нагрузки для мониторинга состояния планируется определять в условиях эксплуатации.
- 4 Отзыв на автореферат **федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»**, г. Долгопрудный, составлен доцентом кафедры теоретической физики и кафедры компьютерного моделирования ФАКТ МФТИ, кандидатом технических наук Дорофеевым Е.А. Отзыв **положительный**, отзыв включает следующие замечания:
- 4.1 В разделе 3.2.1 отсутствует обоснование выбора метода имитации отжига среди других методов определения экстремумов.
- 4.2 Не рассмотрен вопрос о возможности использования библиотек подпрограмм с открытым кодом или других вариантов импортозамещения.
- 4.3 В структуре работы не предусмотрен раздел, включающий рекомендации о требуемом составе и объеме исходных данных, необходимых для обучения ИНС, а также рекомендации о корректном выборе структуры ИНС для получения практически полезного результата.
- 5 Отзыв на автореферат **федерального автономного учреждения «Сибирский научно-исследовательский институт авиации им. С.А. Чаплыгина» (ФАН «СибНИА им. С.А. Чаплыгина)**, г. Новосибирск, составлен начальником отделения усталостной и статической прочности Лазненко А.С., заместителем начальника отделения усталостной и статической прочности, доктором технических наук Железновым Л.П. и утвержден заместителем директора СибНИА по научной работе, кандидатом технических наук Смирновым Д.Н. Отзыв **положительный**, отзыв включает следующие замечания:
- 5.1 В автореферате слишком частое употребление словосочетания «В параграфе ... ».
- 5.2 Рис.2.2. Не понятно, что за координата t показана для сечения 2. Что за размерность деформаций на рисунках «в»? Что за разброс в показаниях (как я понял из рисунка) тензодатчиков.
- 5.3 Неплохо было бы привести выводы по гл. 2.
- 5.4 Рис. 4.1 (б). Не понятно, что за вертикальная координата, единица измерения (почему отрицательные значения)?
- 5.5 Формула 7 стоит σ_n , а в пояснении σ_0 .

- 6 Отзыв на автореферат **федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)**, г. Москва, составлен заведующим кафедрой «Метрология и взаимозаменяемость» Комшиным А.С. Отзыв **положительный**, отзыв включает следующие замечания:

- 6.1 В разделе 4.1 автореферата при описании эмпирического подхода отсутствует анализ возможности перенесения полученных результатов по определению порогового значения ϵ_{th} на другие типы образцов и измерительного оборудования.
- 6.2 В тексте автореферата не приведены ссылки или сведения о надежности использования тензодатчиков в условиях длительных испытаний авиационных конструкций на усталость в ожидаемых условиях эксплуатации.
- 6.3 Из текста автореферата не понятна оценка адекватности математического моделирования при определении параметров метода обнаружения многоочаговых трещин авиаконструкций, на основании чего сделан вывод, что принятые допущения не оказывают существенного влияния на полученные результаты.

Внедрение результатов диссертационной работы подтверждено **3 актами**:

- 1 **Акт о внедрении** результатов кандидатской диссертационной работы, утвержденный заместителем Генерального директора по разработке АТ – Директором Инженерного центра, Главным конструктором МС-21 Поповичем К.Ф.
- 2 **Акт об использовании** научных результатов диссертационной работы, утвержденный Главным конструктором АО «НЦВ Миль и Камов» Щербиной В.Г.
- 3 **Акт о внедрении** результатов диссертационной работы, утвержденный заместителем Генерального директора – начальником комплекса прочности ФГУП «ЦАГИ» Зиченковым М.Ч.

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 новый метод формирования схемы тензометрии для мониторинга состояния фюзеляжных стыков, позволяющий устанавливать параметры измерения деформаций для своевременного обнаружения усталостных повреждений;

предложен оригинальный метод получения исходных данных для мониторинга состояния стыков, позволяющий сформировать и проанализировать зависимость между повреждениями и границами зоны изменения деформаций с помощью искусственных нейронных сетей;

доказана перспективность использования бортовых измерительных систем на базе тензометрии для обнаружения усталостных многоочаговых трещин, не контролируемых визуальным способом;

проведена апробация разработанного метода, подтвердившая эффективность контроля состояния продольных фюзеляжных стыков по данным мониторинга местного НДС в лабораторных условиях.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

разработан новый метод определения параметров НДС элементов стыка при возникновении характерных вариантов многоочагового повреждения, позволяющий использовать тензоизмерительное оборудование для мониторинга состояния однотипных критических мест авиационной конструкции.

получены новые экспериментальные данные о влиянии многоочаговых усталостных повреждений на изменение местных деформаций вблизи критических сечений типовых фюзеляжных стыков в локальных зонах доступных для исследования методами тензометрии.

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

разработан и внедрён в теоретические и экспериментальные исследования ФАУ «ЦАГИ» новый метод мониторинга состояния элементов авиационной конструкции, предназначенный для сокращения длительности и снижения трудоёмкости натурных ресурсных испытаний. Научно-технический задел по теме мониторинга состояния использован в договорных работах с Минобрнауки России (уникальный идентификатор RFMEFI62518X0044).

представлены рекомендации для создания методической базы, необходимой для разработки новых поколений ЛА, оснащенных бортовой системы мониторинга состояния. Результаты работы применялись для формирования экспертной документации на разработку бортовой системы мониторинга вертолёт («Заключение о функционале системы СКД-28 для контроля и диагностики состояния критических узлов и деталей жизненно важных агрегатов вертолёт »).

На работу даны **положительные отзывы** авторитетных организаций, в том числе от филиала ПАО «Яковлев» – «Региональные самолёты», ФАУ «СибНИА им. С.А. Чаплыгина, ФАУ ЦИАМ им. П.И. Баранова, ФГБОУ ВО «МАИ», ФГАОУ ВО «МФТИ», ФГАОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

использованные в работе экспериментальные результаты получены в ходе испытаний на усталость элементов конструкции ЛА 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;

результаты диссертации **опубликованы** в авторитетных российских и международных изданиях, на тему прочности летательных аппаратов и механики твёрдого тела.

Личный вклад соискателя состоит:

в **выполнении** аналитического обзора литературных источников по теме диссертационной работы;

в планировании и проведении экспериментальных и расчетных исследований, а также обработке полученных данных;

в подготовке публикаций по выполненной работе, докладов на конференциях различного уровня и материалов для научно-технических конкурсов.

Соискатель Баутин А.А. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и привёл собственную аргументацию.

На заседании 8 апреля 2025 года диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции Постановления Правительства РФ от 11.09.2021 г. № 1539). Диссертационный совет заключил, что за решение научной задачи, имеющей принципиальное значение для развития и повышения эффективности системы поддержания летной годности современной авиационной техники, присудить Баутину Андрею Александровичу учёную степень кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них:

- по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы
 - 3 доктора физико-математических наук,
 - 1 доктор технических наук,
- по специальности 2.5.12. Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов
 - 2 доктора физико-математических наук,
 - 5 докторов технических наук,
- по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов
 - 1 доктор физико-математических наук,
 - 5 докторов технических наук,

участвовавших в заседании, из 25 входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 17, против присуждения учёной степени – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета 31.1.006.01,
д.ф.-м.н., с.н.с.

Учёный секретарь диссертационного
совета 31.1.006.01, д.ф.-м.н., доцент



С.В. Ляпунов

М.А. Брутян

8 апреля 2025 года.