

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.03, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15.06.2023 г. № 1

О присуждении Лакизе Павлу Анатольевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Коррекция расчетных моделей летательных аппаратов по результатам модальных испытаний» по специальности 2.5.14 — «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» принята к защите 10 апреля 2023 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.2.347.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки России, 630073, г. Новосибирск, пр-кт. К. Маркса, 20, Приказ 717/нк от 9 ноября 2012 г.

Соискатель – Лакиза Павел Анатольевич, «22» ноября 1996 года рождения. В 2020 году соискатель с отличием окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», получена квалификация «Магистр» по направлению 15.04.03 – «Прикладная механика».

Работает младшим научным сотрудником в научно-исследовательском отделении динамической прочности летательных аппаратов (НИО-6) Федерального автономного учреждения «Сибирский научно-исследовательский институт авиации им. С.А. Чаплыгина» (Минпромторг России) и инженером лаборатории динамических испытаний конструкций Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Новосибирский государственный технический университет» (Минобрнауки России).

Диссертация выполнена в научно-исследовательском отделении динамической прочности летательных аппаратов (НИО-6) Федерального автономного учреждения «Сибирский научно-исследовательский институт авиации им. С.А. Чаплыгина» (Минпромторг России) и на кафедре прочности летательных аппаратов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (Минобрнауки России).

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор Бернс Владимир Андреевич, Федеральное автономное учреждение «Сибирский научно-исследовательский институт авиации им. С.А. Чаплыгина», отделение восстановления образцов авиационной техники, начальник отделения.

Официальные оппоненты:

Щеглов Георгий Александрович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кафедра аэрокосмических систем, профессор;

Иголкин Александр Алексеевич, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», кафедра автоматических систем энергетических установок, профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация — Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ»), г. Жуковский, **в своем положительном отзыве**, подписанном Сергеем Эмильевичем Парышевым, кандидатом технических наук, начальником отделения норм прочности, нагрузок и аэроупругости и утвержденном Зиченковым Михаилом Чеславовичем, кандидатом технических наук, доцентом, заместителем генерального директора — начальником

центра прочности ЛА, **указала, что** диссертационная работа Лакизы П.А. имеет как научную, так и практическую ценность. Автореферат и публикации в научных изданиях достаточно полно отражают содержание работы. Выводы по диссертационной работе являются достаточно полными, логичными и научно обоснованными. Диссертация написана корректным научно-техническим языком и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные результаты, внедрение которых имеет существенный вклад для обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации летательных аппаратов. По своему содержанию работа соответствует пунктам 1, 2 и 6 паспорта научной специальности 2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов». Диссертация полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в том числе в части пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г.), а её автор – Лакиза Павел Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Соискатель имеет 38 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 27 работ, из них 2 работы в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 публикации представлены в журналах, индексируемых в базах *Web of Science* и *Scopus*.

Другие публикации по теме диссертационной работы представлены в виде трудов и материалов международных и всероссийских научных конференций. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах. Общий объем опубликованных работ — 14,44 п.л., авторский вклад — 4,33 п.л.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Метод освобождения динамической расчетной модели летательного аппарата / Красноручский Д. А., Бернс В. А., Лакиза П. А. и Левин В. Е. // Научный журнал «Известия Самарского научного центра РАН». — 2019. — Т. 21, № 1. — С. 31–38. (Из перечня ВАК)

2. Исследования достоверности диагностирования трещин по искажениям портретов вынужденных колебаний / Бернс В. А., Жуков Е. П., Лакиза П. А. и Лысенко Е. А. // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. — 2019. — Т. 21, № 2. — С. 26–39. (Из перечня ВАК, переводная версия представлена в *Scopus* и *Web of Science*)

3. Метод коррекции конечно-элементных моделей динамических систем / Д.А. Красноруцкий, П.А. Лакиза, В.А. Бернс В. А. и Е.П. Жуков // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика*. — 2021. — № 3. — С. 84–95. (*Scopus* и *Web of Science*).

4. Контроль зазоров в конструкциях технических изделий в процессе вибрационных испытаний / Тестоедов Н. А., Бернс В. А., Жуков Е. П., Лысенко Е. А. и Лакиза П. А. // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. — 2021. — Т. 23, № 2. — С. 40–53. (Из перечня ВАК, переводная версия представлена в *Scopus* и *Web of Science*).

На диссертацию и автореферат поступило 17 отзывов, все положительные:

1) Отзыв заведующего научно-исследовательской лабораторией «Физические методы контроля качества» ФГБОУ ВО «Сибирского государственного университета путей сообщения», доктора технических наук, доцента **Бехера С.А.** (замечания об оценке параметра искажений портретов вынужденных колебаний, о минимальных размерах обнаруживаемых дефектов и чувствительности методики диагностирования дефектов).

2) Отзыв заместителя главного конструктора филиала ПАО «Авиационного комплекса имени С.В. Ильюшина» – «Экспериментальный машиностроительный завод имени В.М. Мясищева» **Каракешишева В.А.** (замечание об отсутствии результатов визуального и инструментального контроля обнаруженных дефектов).

3) Отзыв главного конструктора по прочности – начальника научно-исследовательского отделения филиала ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация» – «Опытно-конструкторское бюро П.О. Сухого» **Шкоды А.В.** и заместителя начальника отдела нагрузок и аэроупругости филиала ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация» – «Опытно-конструкторское бюро П.О. Сухого» **Пары А.В.** (замечание о соотношении результатов коррекции динамически-подобной самолёта Ту-204, полученных соискателем, с известными).

4) Отзыв технического руководителя конструкторского бюро – 4.3. «Внешние нагрузки, аэроупругость и земной резонанс» АО «Национальный центр вертолётостроения имени М.Л. Миля и Н.И. Камова», кандидата технических наук **Кручинина М.М.** (замечания об оценке возможностей методики при коррекции вертолётной техники и изменении местных частот и форм колебаний)

5) Отзыв заместителя главного технолога филиала ПАО «Компания Сухой» – «Новосибирский авиационный завод имени В.П. Чкалова», кандидата технических наук **Красовского В.В.** и технического директора производства военной авиационной техники филиала ПАО «Компания Сухой» – «Новосибирский авиационный завод имени В.П. Чкалова» **Социховского А.Б.** (замечания об оценке степени искажения портретов колебаний и размерах выявляемых дефектов).

6) Отзыв профессора кафедры прочности конструкций ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», доктора физико-математических наук, профессора, академика Академии наук Республики Татарстан **Паймушина В.Н.** (замечание об отсутствии результатов исследования аэроупругой устойчивости с использованием скорректированных моделей).

7) Отзыв заведующего отделом механики деформируемого твердого тела Обособленного структурного подразделения «Научно-исследовательский институт прикладной математики и механики Томского государственного университета», доктора физико-математических наук, старшего научного сотрудника **Пономарева С.В.** (замечание об учете симметрии при введении корректирующих элементов).

8) Отзыв заместителя начальника проектно-конструкторского центра «Прочность» ПАО «Туполев» **Фролова А.С.** и начальника бригады ПАО «Туполев»

Гонина В.М. (замечание об ограниченности набора корректируемых тонов собственных колебаний и одновременном учете экспериментальных частот и форм собственных колебаний в ходе коррекции).

9) Отзыв заведующего кафедрой № 24 «Авиационной техники и диагностики» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени А.А. Новикова», кандидата технических наук, доцента **Петровой Т.В.** (замечание о возможности использования и границах применимости гипотезы Е.С. Сорокина).

10) Отзыв директора отраслевого центра крупногабаритных трансформируемых механических систем – заместителя главного конструктора по механическим системам АО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнёва», кандидата физико-математических наук, профессора, члена-корреспондента Российской инженерной академии **Халимановича В.И.** (замечание об оценке напряженно-деформированного состояния и удовлетворении требований статической прочности в ходе коррекции).

11) Отзыв заместителя генерального конструктора по научной работе АО «Ракетно-космический центр «Прогресс», кандидата технических наук **Борисова М.В.**, главного конструктора – начальника отделения проектных разработок средств выведения АО «Ракетно-космический центр «Прогресс» **Лагно О.Г.** и начальника отделения норм прочности, нагрузок и механических воздействий на ракета-носители и космические аппараты АО «Ракетно-космический центр «Прогресс» **Шилина А.Н.** (без замечаний).

12) Отзыв заведующего кафедрой «Авиа- и ракетостроение» ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», кандидата технических наук, доцента, академика Международной академии холода **Яковлева А.Б.** и доцента кафедры «Авиа- и ракетостроение» ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», кандидата технических наук **Жарикова К.И.** (замечания об обосновании методики формирования глобальной матрицы демпфирования и сути методики контроля зазоров).

13) Отзыв заведующего кафедрой теоретической механики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», доктора физико-математических наук, профессора **Шеремета М.А.** (замечания о коэффициентах сопряжения и числе степеней свободы динамически-подобной модели самолета Ту-204).

14) Отзыв начальника отдела аэроупругости отделения прочности АО «Уральский завод гражданской авиации», кандидата технических наук **Нагорнова А.Ю.** (замечание о порядке изменений, вносимых в расчетную модель в ходе коррекции).

15) Отзыв начальника отдела АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», доктора физико-математических наук **Бужинского В.А.** (замечания о требованиях к точности изначальных конечно-элементной моделей и ограниченности применения методики коррекции для легких крупногабаритных космических конструкций).

16) Отзыв главного научного сотрудника ФГБУН «Институт прикладной механики Российской академии наук», доктора технических наук, профессора **Шклярчука Ф.Н.** (замечание об отсутствии информации о степени детализации, размерности и точности исходных конечно-элементных моделей).

17) Отзыв главного научного сотрудника отделения тепловибропрочности АО «Военно-промышленная корпорация «НПО Машиностроения», кандидата технических наук **Ватрухина Ю.М.** (замечания об отсутствии критериев выбора типа и исходных величин корректирующих элементов; об отсутствии учета присоединенных масс и необходимости методики освобождения от связей).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близостью решаемых ими научных задач к тематике диссертационной работы Лакизы П.А., компетентностью специалистов в области экспериментального модального анализа и математического моделирования динамического поведения летательных аппаратов, наличием публикаций в указанных областях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая методика коррекции конечно-элементных моделей летательных аппаратов, позволяющая повысить точность результатов исследований аэроупругой устойчивости авиационной техники и управляемости космических аппаратов;

предложен оригинальный способ определения частот и форм собственных колебаний свободной конструкции по результатам испытания этой конструкции с наложенными связями.

доказана перспективность использования разработанных методик в совокупности с созданным программным обеспечением в практике модальных испытаний и конструкторско-технологической доводки изделий аэрокосмической техники.

введены — новые понятия и термины не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность использования вспомогательных конечных элементов для коррекции динамических расчетных моделей, способствующая решению проблемы безопасной и эффективной эксплуатации летательных аппаратов.

создан способ определения модальных параметров свободной конструкции по результатам испытания этой конструкции с наложенными связями, расширяющий границы применимости результатов экспериментального модального анализа;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы оборудование и методики экспериментального модального анализа, методы обработки и представления результатов испытаний, а также методы математического моделирования динамического поведения расчетных моделей летательных аппаратов;

изложены возможности коррекции характеристик тонов собственных колебаний летательных аппаратов по результатам модальных испытаний;

раскрыта целесообразность использования результатов модальных испытаний с различными граничными условиями в коррекции расчетных моделей составных частей конструкций;

изучена сходимость и чувствительность методики коррекции по отношению к погрешностям в результатах модальных испытаний;

проведена **модернизация** алгоритмов модальных испытаний в части оценки характеристик тонов собственных колебаний и диагностирования дефектов, позволяющая устанавливать соответствие расчетной модели реальной конструкции и оценивать достоверность результатов экспериментального модального анализа непосредственно в процессе испытаний.

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

разработанные методики позволяют повысить достоверность расчетных моделей летательных аппаратов, улучшить информативность и расширить область использования результатов экспериментального модального анализа; результаты исследований **использованы** в модальных испытаниях самолётов Су-30, Су-34, Як-130, Як-152, МС-21; конструкторско-технологической доводке изделий Су-57 и С-70, а также при проектировании гирдеров для накопительного кольца синхротрона, о чём имеются акты об использовании и внедрении, предоставленные филиалом ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация» – «Опытно-конструкторское бюро П.О. Сухого», ФАУ «Сибирский научно-исследовательский институт авиации им. С.А. Чаплыгина» и ЦКП «Сибирский кольцевой источник фотонов»;

определены перспективы практического применения разработанных методик в обеспечении аэроупругой устойчивости авиационной техники и управляемости космических аппаратов, а также оценки их динамической нагруженности;

создана система практических рекомендаций по использованию результатов экспериментального модального анализа аэрокосмических конструкций с целью выявления производственно-конструктивных дефектов и коррекции расчетных динамических моделей;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию методик и средств обработки результатов модальных испытаний.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

расчетные исследования выполнены с применением основных положений механики, анализом неопределенностей производимых измерений, оценкой сходимости и чувствительности разрабатываемой методики, достоверность подтверждена результатами испытаний натуральных изделий с использованием сертифицированного прецизионного оборудования.

теория построена на проверяемых данных в летных испытаниях и экспериментах в акустических камерах;

идея работы базируется на анализе практики проведения экспериментального модального анализа; обобщении передового отечественного и зарубежного опыта в области повышения достоверности динамических расчетных моделей;

использованы известные методы операционного модального анализа, а также литературные данные по методам коррекции и вибрационной диагностики дефектов.

установлено количественное совпадение авторских результатов, полученных с использованием методов операционного модального анализа, с результатами, приведенными в независимых литературных источниках по проблеме определения характеристик тонов собственных колебаний по откликам на неизвестное внешнее воздействие;

экспериментальные исследования выполнены с использованием специализированного комплекса оборудования для модальных испытаний *LMS SCADAS Lab* и программного обеспечения *Simcenter Testlab*. Вторичная обработка и представление результатов выполнены в программах, реализованных на языках *C#* и *MATLAB*.

Личный вклад соискателя состоит в создании методик коррекции, освобождения и синтеза расчетных моделей конструкций; разработке алгоритмов и реализующих их программ (совместно с к.т.н., доцентом Красноручским Д.А.); проведении расчетов и участии в экспериментальных исследованиях (совместно с к.т.н. Жуковым Е.П.), анализе их результатов; формулировке выводов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: В работе не учитывается неопределенность задания инерционных характеристик в ходе коррекции. В докладе недостаточно раскрыты различия между неопределенностью в результатах испытаний и точностью достижения целевых значений коррекции.

Соискатель Лакиза П.А. согласился с замечаниями, ответил на задаваемые ему вопросы относительно целесообразности коррекции инерционных характеристик, привел собственную аргументацию, в соответствии с которой масса и весовые моменты инерции модели могут быть определены достаточно точно на основе конструкторской документации и результатов контрольных взвешиваний. Высокая степень достижения целевых значений коррекции обоснована результатами исследований, по которым установлено, что наличие погрешностей при коррекции моделей составных частей летательных аппаратов может привести к значительным ошибкам в определении частот собственных колебаний их глобальных расчетных моделей.

На заседании 15 июня 2023 г. диссертационный совет принял решение за новую научно обоснованную методику коррекции расчетных динамических моделей, внедрение которых имеет существенный вклад для обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации летательных аппаратов, присудить Лакизе Павлу Анатольевичу ученую степень кандидата технических наук.

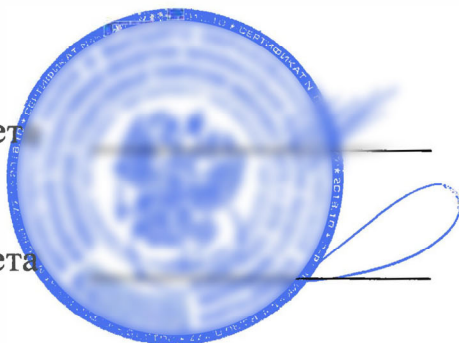
При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 9 докторов наук (по специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: за 18, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель

диссертационного совета

Ученый секретарь

диссертационного совета



Николай Васильевич Пустовой

Андрей Геннадиевич Тюрин

«15» июня 2023 г.