

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу
Лакизы Павла Анатольевича

«Коррекция расчетных моделей летательных аппаратов
по результатам модальных испытаний», представленную на соискание
учёной степени кандидата технических наук по специальности
2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

Актуальность темы работы

Современное развитие в области создания сложных аэрокосмических изделий принято рассматривать в зависимости от решения задачи интеграции автоматизированных систем, предназначенных для проектирования, производства и эксплуатации как отдельных агрегатов летательных аппаратов, так и объектов в целом. В том числе эти системы позволяют сократить материально-технические затраты, потребные для производства принципиально новых технических изделий. Концептуальная проработка аэроупругой компоновки последних не обходится без построения динамических расчетных моделей. Так, например, новые материалы и технологии на раннем этапе производства не всегда позволяют обеспечить достижение проектных параметров. Поэтому проводятся экспериментальные исследования, результаты которых являются исходными данными для уточнения расчетных моделей. Скорректированные модели позволяют провести оценку поведения исследуемых конструкций в эксплуатационных условиях. В связи с этим актуальность темы диссертационной работы не вызывает сомнений.

Анализ содержания диссертации

На отзыв представлена диссертация, изложенная на 162 страницах, состоящая из 4-х глав, заключения, списка литературы и четырех приложений, включая 90 рисунков, 15 таблиц, 178 наименований цитируемых литературных источников.

Во введении обоснована актуальность исследований, проводимых в рамках диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, изложены научная новизна, теоретическая и практическая

значимость полученных автором результатов, приведены положения, выносимые на защиту, обозначен личный вклад соискателя.

Первая глава представляет собой аналитический обзор литературных источников, содержащих результаты теоретических и экспериментальных исследований, выполненных отечественными и зарубежными специалистами по теме диссертационной работы. Дано описание способов стыковки моделей подконструкций при построении глобальных расчетных моделей. Рассмотрены методы операционного модального анализа, привлекаемые для определения динамических характеристик по откликам конструкций на неизвестное внешнее воздействие.

Во второй главе описывается методика коррекции конечно-элементных моделей с использованием дополнительных ферменных и балочных элементов, образующих своего рода каркас поверх корректируемых моделей. Жесткости на растяжения-сжатие, изгиб и кручение этих добавочных элементов рассчитываются в ходе последовательного решения задачи минимизации разницы между экспериментальными и расчетными частотами. Изучено влияние ошибок в экспериментальном определении частот собственных колебаний на устойчивость результатов коррекции. Показано, что в совокупности с гипотезой Е.С. Сорокина методика коррекции может быть применена для моделирования рассеивания механической энергии как в материалах динамической системы, так и в ее взаимодействии с окружающей средой. Последнее имеет решающее значение при работе с моделями крупногабаритных трансформируемых конструкций (КТК). Они не рассчитаны на работу под действием силы тяжести, а значит требуют использования специальных систем компенсации веса, которые могут оказывать влияние на динамические характеристики объекта испытаний. Поэтому автор развивает концепцию разделения КТК на составные части. Это выражается в использовании результатов испытаний составных частей с различными граничными условиями для достоверного построения матриц жесткости и демпфирования. Эффективность принятых решений подкреплена примером синтеза глобальной расчетной модели тестового космического аппарата, состоящего из орбитального модуля и панелей солнечных батарей.

В третьей главе диссертации Лакиза П.А. усовершенствует и применяет методы классического и операционного модального анализа для определения обобщенных модальных характеристик летательных аппаратов непосредственно в процессе испытаний. Кроме того, результаты испытаний используются для установления степени соответствия расчетных моделей реальным конструкциям на основе наличия трещин, зазоров и люфтов, приводящих к искажениям портретов колебаний. Автором созданы и зарегистрированы программные средства, обладающее графическим интерфейсом, для идентификации дефектов и анализа модальных параметров в процессе испытаний. Это необходимо для того, чтобы оперативно устранить дефекты, убедиться в отсутствии ошибок в результатах испытаний и, тем самым, обеспечить необходимое качество исходных данных для коррекции. Описанное программное обеспечение апробировано при проведении модальных и технологических вибрационных испытаний авиационных изделий и космических аппаратов открытого исполнения. Практическая направленность работ подчеркивается в заключении к главе: передаче созданных программ в рамках лицензионных соглашений специалистам ПАО «ОАК».

Четвертая глава посвящена решению практических задач коррекции расчетных моделей отъемной части крыла изделия С-70, динамически-подобной модели самолёта Ту-204 и гирдера для модульной секции накопителя ЦКП «СКИФ». Методика синтеза применена для ассемблирования глобальной расчетной модели из составных частей: штанги и зонтичного каркаса, испытанных независимо друг от друга. Показано, что использование полноразмерных расчетных моделей взамен редуцированных позволяет более точно описать глобальную расчетную модель конструкции синтезированием скорректированных расчетных моделей составных частей.

В заключении представлены основные результаты и выводы, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, а также рекомендации и перспективы дальнейшей работы.

Научная новизна работы

Научной новизной обладают:

1. Методика коррекции расчетных моделей летательных аппаратов, состоящая в добавлении корректирующих конечных элементов.
2. Способ определения модальных характеристик свободной конструкции, используя результаты испытания этой конструкции с наложенными связями.
3. Методика испытания составных частей ЛА для достоверного построения их матриц жесткости.

Теоретическая и практическая значимость диссертации

Проведенные в диссертационной работе исследования позволили разработать методику коррекции расчетных динамических моделей, состоящую в добавлении элементов, параметры которых определяются исходя из результатов натурных испытаний. Автором предложен способ исключения влияния закреплений в ходе проведения экспериментальных исследований на характеристики модели свободной конструкции. Программы, реализующие перечисленные методики, внедрены в практику модальных испытаний ФАУ «Сибирский научно-исследовательский институт авиации имени С.А. Чаплыгина», а также использованы в конструкторско-технологической доводке изделий Су-57 и С-70. Общность развитых подходов обеспечила возможность их применения в задаче коррекции расчетной модели гирдера для электрофизического оборудования, планируемой к использованию в накопительной части кольца ЦКП «Сибирский кольцевой источник фотонов».

Достоверность результатов

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современного прецизионного оборудования совместно с апробированными методиками, применением основных положений механики, а также исследованиями устойчивости алгоритма и чувствительности методики коррекции по отношению к погрешностям в определении целевых параметров. Основные результаты работы были

представлены и обсуждены на 13 международных и всероссийских конференциях, а также опубликованы в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК.

Замечания

1. Недостаточно раскрыты достоинства разработанных методики коррекции конечно-элементных моделей ЛА, способа определения частот и форм собственных колебаний и методики испытаний составных частей ЛА.
2. Не приведены примеры, свидетельствующие в пользу корректности методики формирования глобальной матрицы демпфирования для полноразмерных моделей.
3. В подразделе 2.3.2 описывается тестирование разработки на системе масс на пружинах, но никаких выводов в результате не делается.
4. В подразделе 3.2.2 описана методика диагностирования зазоров и люфтов, однако, из текста диссертации не понятно как эта методика связана с защищаемыми пунктами научной новизны и не приведены практические рекомендации.
5. На странице 125 в таблице 4.6 вызывает вопрос полученная погрешность 0%.
6. На некоторых рисунках отсутствуют размерности, а подписи сделаны на английском языке.
7. На некоторых рисунках с результатами численного моделирования не указан масштаб «цветового распределения» полученных величин.

Сделанные замечания имеют уточняющий характер и не влияют на общую высокую оценку работы П.А. Лакизы. Диссертация в целом выполнена на высоком методическом уровне. Основные результаты хорошо представлены в виде графиков и таблиц, качественно и грамотно описаны в тексте.

Заключение

Диссертационная работа «Коррекция расчетных моделей летательных аппаратов по результатам модальных испытаний» Павла Анатольевича Лакизы выполнена на высоком научном уровне и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержатся решения задач,

имеющих существенное значение для построения расчетных моделей, достоверно описывающих характеристики аэрокосмических изделий. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842), а её содержание отвечает паспорту научной специальности 2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» в части пунктов 1, 2 и 6. Автор диссертации, Лакиза Павел Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».


Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры автоматических
систем энергетических установок
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Самарский национальный
исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»


Александр Алексеевич Иголкин

443086, г. Самара, Московское шоссе, д. 34
тел. 8 (846) 267-46-57
эл. почта: igolkin.aa@ssau.ru

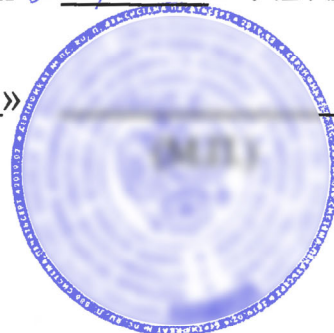
Подпись А.А. Иголкина удостоверяю

Начальник отдела сопровождения деятельности  У.В. Бояркина
учёных советов

Президент в совет 25.05.23
Петров А.А.

С отзывами ознакомлен 25.05.23
Лакиза П.А.

« 18 »



2023 г.