

Корпорация
«Тактическое ракетное вооружение»



Акционерное общество
«Военно-промышленная корпорация
«НПО машиностроения»
(АО «ВПК «НПО машиностроения»)

ул. Гагарина, д. 33,
г. Реутов, Московская область, Россия, 143966
Тел.: +7 (495) 528-30-18, факс: +7 (495) 302-20-01;
E-mail: vpk@vpk.npomash.ru, www.npomash.ru
ОКПО 07501739 ОГРН 1075012001492
ИНН/КПП 5012039795/504101001

02.06.2023 № 3/248

на № _____ от _____

Ученому секретарю
диссертационного совета
24.2.347.03
Тюрину А.Г.

630073, г. Новосибирск,
проспект К. Маркса, д.20,
ФГБОУ ВО «Новосибирский
государственный технический
университет»

Отзыв

на автореферат диссертационной работы П.А. Лакизы “Коррекция расчетных моделей летательных аппаратов по результатам модальных испытаний”, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 – “Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов”

В настоящее время разработка практически всех типов аэрокосмической техники сопровождается серьезными теоретическими и расчетно-экспериментальными исследованиями статических, упругих динамических и аэроупругих характеристик, моделированием динамики упругого летательного аппарата (ЛА), а также исследованиями в области прочности. Такие работы проводятся на всех этапах разработки проектов, причем на начальных этапах используются теоретические модели, а по мере появления стендовых агрегатов и образцов ЛА в целом появляется возможность коррекции расчетных моделей и подтверждения их достоверности по результатам различных испытаний. Важными испытаниями для подтверждения расчетных упруго-массовых моделей являются модальные испытания. Задачи коррекции расчетных упруго-массовых моделей по испытаниям встречаются достаточно часто, являются типовыми, а коррекция расчетных моделей на основе МКЭ, которые зачастую имеют очень большую размерность, ”в ручном режиме” представляется достаточно трудоемкой и во многом неопределенной. Поэтому разработка методов коррекции расчетных упруго-массовых моделей ЛА по результатам модальных испытаний является весьма актуальной.

Целью диссертационной работы является разработка методики, алгоритмов и программного обеспечения для оперативного анализа и

коррекции упруго-массовых расчетных моделей ЛА по результатам модальных испытаний.

Методы исследований. Автором разработана идея добавления корректирующих элементов к матрице жесткости расчетных моделей на основе МКЭ. По разнице между расчетными и экспериментальными упругими динамическими характеристиками формируется целевая функция. Задача минимизации целевой функции решается с помощью метода сопряженных градиентов.

Научная новизна работы состоит в том, что автором разработана методика коррекции конечно-элементных расчетных моделей ЛА по результатам модальных испытаний и обоснована методика формирования матрицы демпфирования ЛА в целом по результатам модальных испытаний его составных частей.

Для решения поставленных задач автором используются конечно-элементные расчетные модели упругой динамики ЛА. Вводятся внутренние и внешние корректирующие элементы матрицы жесткости расчетной модели ЛА. Собственные частоты ЛА определяются из решения полной проблемы собственных значений. Используются алгоритмы коррекции неизвестных параметров жесткости и демпфирования из решения задач минимизации целевой функции. Для нулевого приближения матрицы демпфирования используется гипотеза Сорокина, а для получения обобщенных коэффициентов демпфирования вводятся корректирующие элементы исходной матрицы демпфирования. Для оценки устойчивости процесса коррекции использован метод статистического моделирования.

Для устранения влияния систем закрепления ЛА или обезвешивания элементов малой жесткости и перехода к условиям свободного полета автором разработана специальная методика освобождения от связей по условиям испытаний. Развита метод декомпозиции и синтеза расчетных моделей крупногабаритных космических ЛА с элементами малой жесткости.

На основе графического интерфейса разработаны алгоритмы оперативного проведения модального анализа и оценки параметров коррекции. Представляет интерес методика контроля и поэтапного выявления всех зазоров в объектах испытаний на основе искажения “портретов” колебаний их частей.

Разработанные методики коррекции, исключения граничных условий и синтеза расчетных динамических моделей использованы в исследованиях ряда объектов.

Достоверность разработанных методик подтверждается результатами модальных испытаний и коррекции расчетных моделей.

Основные результаты работы:

- разработана методика коррекции конечно-элементных расчетных моделей ЛА по результатам модальных испытаний,

- разработана методика синтеза расчетных моделей ЛА на основе расчетно-экспериментального анализа данных модальных испытаний его частей,
- разработан комплекс программ для оперативной обработки результатов модального анализа и контроля технического состояния объектов испытаний.

Практическое значение работы заключается в том, что автором разработаны эффективные методики решения типовых задач, возникающих при расчетно-экспериментальной отработке сложных авиационных и космических конструкций – задач корректировки и синтеза конечно-элементных расчетных моделей по модальным испытаниям ЛА и его частей.

Работа прошла достаточную апробацию, а публикации по ней соответствуют требованиям ВАК.

В качестве критических замечаний отметим, что:

- в разработанной методике коррекции не приведены критерии выбора типа и исходных величин корректирующих элементов жесткости, не учитывается влияние присоединенных масс, добавляемых при испытаниях,
- расчетные модели упругого ЛА обычно содержат степени свободы его движения как жесткого, а для перехода к условиям испытаний накладываются соответствующие связи; для обратного перехода эти связи просто исключаются, но тогда почему потребовалась специальная методика освобождения от связей?

В целом считаем, что диссертационная работа П.А. Лакизы “Коррекция расчетных моделей летательных аппаратов по результатам модальных испытаний” является законченным научным исследованием, отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании секции №3 НТС предприятия, протокол № 2/23 от 16.05.2023 года.

Главный научный сотрудник отделения тепловибропрочности
АО “ВПК” НПО машиностроения”, к.т.н.

Юрий Михайлович Ватрухин
495 528-14-13,
e-mail: sigma@vpk.npomash.ru

Ученый секретарь НТС АО “ВПК
”НПО машиностроения”, к.ф.-м.н.

Леонид Сергеевич Точилев
495 300-93-13

Адрес организации: 143966, г. Реутов, Московской области, ул. Гагарина, 33

Поступил в отдел 14.06.2023 