

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора

Аринчева Сергея Васильевича

на диссертационную работу Нагорнова Андрея Юрьевича

«Обеспечение аэроупругой устойчивости беспилотных летательных аппаратов из композиционных материалов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 «Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры».

Актуальность темы исследования

Одной из наиболее важных задач развития экономики страны и обеспечения ее обороноспособности является разработка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Перспективными являются дозвуковые БПЛА с двухбалочным хвостовым оперением. Элементы конструкции таких БПЛА выполняют из композитных материалов. Это снижает массу планера, делает аппарат малозаметным. Важной проблемой проектирования аппаратов данного типа является обеспечение их аэроупругой (динамической и статической) устойчивости во всем требуемом диапазоне рабочих скоростей полета. Необходимо учитывать невысокую жесткость рулей, их недостаточную сбалансированность, большой разброс массово-жесткостных характеристик композитов. Математическое обеспечение компьютерных технологий анализа аэроупругости изделий из композитных материалов развито недостаточно. В рассматриваемой диссертации Нагорнова А.Ю. разработаны математические модели для решения задач аэроупругости дозвуковых композитных БПЛА с двухбалочным хвостовым оперением. Тема диссертации актуальна.

Научная новизна

1. Разработаны две математические модели аэроупругих колебаний дозвуковых композитных БПЛА с двухбалочным хвостовым оперением:

1) на основе метода Ритца, 2) на основе метода конечных элементов.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

« 01 » 12 20 20

2. Выполнено глубокое исследование как безрулевых, так и рулевых форм флаттера дозвукового композитного БПЛА с двухбалочным хвостовым оперением.
3. Предложен алгоритм выбора настроек специальных фильтров, обеспечивающих подавление нежелательных интенсивных вибраций планера БПЛА в дозвуковом потоке.

Достоверность результатов работы подтверждается: 1) использованием известных методов аэроупругости и теории автоматического управления, 2) строгостью математических моделей, 3) сопоставлением результатов (для тестовой модели крыла конечного размаха), полученных различными методами анализа аэроупругих колебаний, 4) использованием для численного моделирования широко применяемого в инженерной и научной практике программного обеспечения MATLAB и NX.Nastran.

Практическая значимость

1. Предложена инженерная методика анализа аэроупругости дозвуковых композитных БПЛА с двухбалочным хвостовым оперением.
2. Разработана эффективная компьютерная технология анализа аэроупругости дозвуковых композитных БПЛА с двухбалочным хвостовым оперением.
3. Сформулированы рекомендации по совершенствованию конструкции планера дозвукового композитного БПЛА с двухбалочным хвостовым оперением. Данные рекомендации обеспечивают существенное повышение критических скоростей рулевых форм флаттера, улучшение характеристик контура стабилизации системы автоматического управления аппаратом.

Во введении диссертационной работы обоснована актуальность темы исследования, определены цели и задачи работы, научная новизна, практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе дан анализ состояния проблемы аэроупругой устойчивости дозвукового композитного БПЛА с двухбалочным хвостовым оперением. Описан объект и предмет исследования, отмечены особенности БПЛА рассматриваемой схемы с точки зрения задач аэроупругости. Представлен обзор работ в области исследования флаттера и аэросервоупругой устойчивости.

Во второй главе диссертационной работы получены следующие результаты:

1. Разработаны две математические модели аэроупругих колебаний прямого крыла большого удлинения: 1) на основе метода Ритца, 2) на основе метода конечных элементов. В первой модели аэродинамические силы рассчитаны по гипотезам квазистационарности и нестационарности (гармоничности). Обтекание крыла считалось плоским. Во второй модели аэродинамические силы определены панельным методом с учетом особенностей типа диполей. Анализ критических скоростей флаттера показал, что учет конечности размаха крыла и нестационарности обтекания дает наибольшее значение скорости флаттера.
2. Методом начальных параметров разработана математическая модель для анализа собственных колебаний композитного БПЛА с двухбалочным хвостовым оперением.
3. Разработаны две математические модели для анализа аэроупругих колебаний дозвукового композитного БПЛА с двухбалочным хвостовым оперением: 1) на основе метода Ритца, 2) на основе метода конечных элементов. Первая модель использована для расчета безрулевых форм флаттера. Дана оценка влияния распределения жесткостных и массово-инерционных характеристик (по планеру БПЛА) на критические скорости флаттера. Вторая модель использована для параметрических исследований флаттера органов управления.

4. Проведены комплексные исследования аэроупругой устойчивости дозвукового композитного БПЛА с двухбалочным хвостовым оперением. Изучены: 1) безрулевые формы флаттера, 2) рулевые формы флаттера. Показано, что приращение местных углов атаки оперения вызывает приращение местных углов атаки на крыле (вследствие связи оперения с крылом посредством упругих хвостовых балок). Оказалось, что критические скорости безрулевого флаттера существенно превышают максимальную рабочую скорость полета летательных аппаратов подобного класса. Они не опасны. Определяющими здесь являются рулевые формы флаттера, которые могут возникать при скоростях существенно ниже максимальной рабочей скорости полета.

Третья глава содержит результаты исследования аэроупругой устойчивости дозвукового композитного БПЛА с двухбалочным хвостовым оперением с учетом функционирования системы автоматического управления полетом. Предложен алгоритм выбора настроек специальных фильтров, обеспечивающих эффективное подавление интенсивных вибраций планера в дозвуковом потоке.

В заключении перечислены основные результаты диссертации.

Содержание автореферата в полной мере соответствует содержанию диссертации.

Результаты, полученные в диссертации, представлены в пяти опубликованных печатных работах. Две из них опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ. Основные результаты апробированы и докладывались на международных конференциях высокого уровня.

Замечания по диссертации:

1. Ключевое слово в названии – «обеспечение» аэроупругой устойчивости. Обеспечение может быть разным: инженерным, организационным, экспериментальным и т.п. В названии необходимо конкретизировать, что речь идет только о математическом обеспечении решаемой задачи.

2. В диссертации рассмотрен только флаттер и не отражена роль дивергенции аппарата в целом и элементов его конструкции.

3. Известно, что собственные вектора рассматриваемой задачи – комплексные. Они неортогональны. В диссертации отсутствует информация о фазовых сдвигах расчетных точек, отсутствует информация о степени неортогональности полученных форм аэроупругих колебаний.

4. На Рисунке 32 диссертации Нагорнова А.Ю. выявлен эффект сдвига пиков АЧХ (около 3 Гц в интервале 4-7 Гц), полученных четырьмя датчиками ускорений (для одного и того же тона колебаний) в различных местах модели. Объяснение данного эффекта в диссертации отсутствует.

Заключение по диссертационной работе


Несмотря на указанные недостатки, считаю, что диссертация Нагорнова А.Ю. выполнена на достаточно высоком уровне, полученные результаты представляют научный и практический интерес.

Диссертация Нагорнова А.Ю. является законченной научной-квалификационной работой, которая полностью соответствует всем требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор Нагорнов Андрей Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Официальный оппонент, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры "Аэрокосмические системы (СМ-2)" Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Адрес: 105005, город Москва, улица Бауманская 2-я, дом 5, строение 1

Телефон: +7 (499) 263-63-10, E-mail: kafsm2@bmstu.ru


16.11.2020г. Аринчев Сергей Васильевич

Подпись Аринчева Сергея Васильевича заверяю.



А. Г. МАТВЕЕВ

ЗАМ. НАЧ УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ

ТЕЛ: 8499-263-67-69