

Публичное акционерное общество
**«АВИАЦИОННАЯ
ХОЛДИНГОВАЯ КОМПАНИЯ
«СУХОЙ»**
(ПАО «Компания «Сухой»)

Россия, 125284, Москва,
ул. Поликарпова, 23 Б, а/я 604
тел. 8 (499) 550-01-06, (495) 780-24-90
факс (495) 945-68-06

E-mail: avpk@sukhoi.org, info@sukhoi.org

ОГРН 1037740000649, ИНН 7740000090

«06» 11 2019 г. № 1031/5227

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального директора
ПАО «Компания «Сухой» -
директор ОКБ Сухого

М.Ю. Стрелец

2019 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации ПАО «Компания Сухой» – ОКБ Сухого на диссертационную работу Черноволова Руслана Андреевича

«Методика разработки дренированных динамически подобных моделей для исследования в аэродинамических трубах нестационарных аэродинамических нагрузок и характеристик аэроупругости летательных аппаратов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

Актуальность темы диссертации

Исследования аэроупругости весьма актуальны при проектировании летательных аппаратов. Развитие вычислительной техники и расчетных методов позволяет охватить широкий круг задач, однако эксперимент на динамически подобных моделях в аэродинамических трубах по-прежнему является основным способом получения достоверной информации об исследуемом объекте. Для

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. № 08 11 2019

расширения информативности эксперимента совершенствуются и испытываемые модели. Традиционно для исследований нестационарных аэродинамических нагрузок используются жесткие дренированные аэродинамические модели, а для исследований характеристик аэроупругости упругие модели без возможности установки датчиков давления. Актуальность темы диссертации определило то, что в данной работе автор изложил методику создания дренированных динамически подобных моделей, с помощью которых можно исследовать нестационарные аэродинамические нагрузки и упругий отклик конструкции на эти нагрузки.

Цели и задачи диссертационной работы.

Создание методики разработки дренированных динамически подобных моделей для исследования в аэродинамических трубах нестационарных аэродинамических нагрузок и характеристик аэроупругости летательных аппаратов. Для достижения поставленной цели решены следующие основные задачи:

- создание методики исследования нестационарных аэродинамических нагрузок с учетом отклика упругой конструкции
- разработка рекомендаций по выбору критериев подобия модели и натурной конструкции, обеспечивающих возможность получения достоверных результатов моделирования аэроупругих явлений при продувках в АДТ.
- разработка рекомендаций по выбору конструкционных материалов, обеспечивающих требуемые массовые, жесткостные и пр
- очностные характеристики динамически подобных моделей
- создание и патентование внутримодельного вибровозбудителя.

Структура и объем диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, объем 162 страницы, 137 рисунков, 31 таблица. Список литературы 146 наименований.

Во введении автор определяет актуальность темы диссертации, степень разработанности проблемы, цель и задачи диссертационной работы, а также её научную новизну и методы исследования.

В первой главе автором предложена методика разработки ДДПМ для исследования в аэродинамических трубах нестационарных аэродинамических нагрузок и характеристик аэроупругости ЛА. Рассмотрены особенности моделирования явлений динамической аэроупругости на ДДПМ в аэродинамических трубах в трансзвуковом диапазоне чисел М. Даны рекомендации для выбора критериев подобия, выполнение которых необходимо при проектировании, изготовлении и испытаниях ДДПМ в трансзвуковых АДТ для получения достоверных результатов эксперимента и переноса их на натурную конструкцию.

Автором рассмотрены конструктивные особенности основных типовых силовых схем трансзвуковых ДПМ и влияние на их весовую эффективность формы поперечных сечений основных несущих силовых элементов динамически подобных моделей.

В работе дана оценка нагруженности ДДПМ при исследовании бафтинга. С использованием предложенного метода выбраны параметры проектируемой ДДПМ для проведения исследований явлений бафтинга в АДТ. Представлен алгоритм выбора проектных параметров ДДПМ. Реализация этого алгоритма продемонстрирована на простом примере (балка постоянного сечения, усиленная слоями ПКМ).

Вторую главу автор посвятил разработке и изготовлению конструкций типовых элементов (крыло, ГО, закрылок) ДДПМ с применением изложенных методов проектирования с использованием ПКМ и современных аддитивных технологий. Автором разработана и апробирована конструкция внутримодельного вибровозбудителя колебаний.

Разработаны конструкции и технология изготовления съёмных дренированных блоков и вставок для размещения датчиков динамического давления, устанавливаемых в основную силовую конструкцию моделей.

С использованием спроектированных и изготовленных ДДПМ проведены экспериментальные исследования явлений аэроупругости и нестационарных аэродинамических нагрузок в трансзвуковой аэродинамической трубе. Показано что созданные ДДПМ обеспечили выполнение заданных требований при испытаниях в АДТ.

В Третьей главе приведены оценочные расчетные исследования прочностных характеристик, изготовленных ДДПМ, а также результаты расчетных и натурных частотных испытаний.

Выводы, сделанные автором по результатам диссертационной работы, правильно отражают ее научное и практическое значение. Ценность диссертационной работы придает ее практическая апробация. По результатам испытаний разработанных конструкций ДДПМ в АДТ удалось провести исследования различных явлений аэроупругости, в том числе и бафтинга с обеспечением высокой информативности эксперимента.

Основные результаты диссертации опубликованы в 14 печатных работах, в том числе в 7 журналах из перечня, рекомендованного ВАК РФ для публикации результатов работ на соискание ученой степени; получено два патента на изобретения. Публикации в достаточной мере отражают основные научные результаты соискателя. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертация написана хорошим научно-техническим языком, структурирована и оформлена. Материал изложен последовательно и логично.

Научная новизна

Создана методика разработки нового типа моделей – дренированных динамически подобных моделей, для исследований нестационарных аэродинамических нагрузок с учетом отклика упругой конструкции с обеспечением высокой информативности эксперимента. Выделены основные критерии подобия, сформулированы критерии выбора материалов, проведен анализ характеристик конструкционных материалов, дана оценка нагруженности ДДПМ при исследовании

в аэродинамических трубах, приведен алгоритм расчета, проектирования, изготовления, предварительных испытаний и настройки ДДПМ.

Разработаны конструкции внутримодельного вибровозбудителя колебаний, ДДПМ и способ установки датчиков динамического давления, заключающийся в создании специальных дренированных блоков для типовых элементов (крыло, ГО, закрылок). На основе разработанной методики спроектированы и изготовлены, контрольная ДПМ лонжерона, ДДПМ: консоли крыла большого удлинения, горизонтального оперения, внутренней секции закрылка.

Степень обоснованности научных результатов исследования, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Приводимые в диссертации выводы и рекомендации основаны на результатах экспериментальных исследований крупномасштабных дренированных динамически подобных моделей в трансзвуковой АДТ, что обеспечило высокую точность моделирования явлений аэроупругости. Поэтому выводы и рекомендации обоснованны.

Достоверность материалов диссертационного исследования

Достоверность результатов подтверждается применением сертифицированных программ и средств САПР, включая расчеты МКЭ, использованием при проведении экспериментальных исследований сертифицированного оборудования, методик и стандартов, сопоставлением расчетных данных с результатами эксперимента.

Значимость полученных результатов для науки и практики

Сформулирована методика, разработки конструкции и изготовления дренированных динамически подобных моделей нового типа для исследования нестационарных аэродинамических нагрузок и аэроупругости, включающая создание дренированных блоков, в которых устанавливаются датчики динамического давления. Созданные ДДПМ стали важным инструментом для проведения углубленных исследований в АДТ явлений аэроупругости.

Замечания по содержанию работы

- в диссертации не рассмотрены вопросы моделирования бафтинга крыла малого удлинения, характерных для маневренных летательных аппаратов.
- в методике не уточнены процедуры обеспечения требуемого качества внешней поверхности при наличии съемных крышек.

Замечания носят рекомендательный характер и не умоляют общей положительной оценки диссертационной работы.

Общая оценка работы.

Диссертационная работа Черноволова Р.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой получено решение актуальной научно-технической задачи - создания методики разработки ДДПМ для исследований в аэродинамических трубах нестационарных аэродинамических нагрузок и характеристик аэроупругости.

Диссертация и автореферат Черноволова Р.А. рассмотрены 25.10.2019 г. на совещании специалистов бригады «Виброакустика» и получили положительную оценку.

Заключение по диссертационной работе.

Диссертационная работа Черноволова Руслана Андреевича удовлетворяет всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям ВАК РФ, а ее автор, Черноволов Р.А., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Отзыв составили:

Начальник бригады «Виброакустика»

Р.Г. Абдрашитов

Зам. Генерального конструктора ОКБ Сухого,
проф., д.т.н.

М.А. Локшин

Подписи Локшина М.А. и Абдрашитова удостоверяю

Заместитель директора ПАО «Компания «Сухой» «ОКБ Сухого»

Директор проектно-исследовательского центра



Е.П. Савельевских

Адрес: 125284, Россия, Москва, ул. Поликарпова д. 23А, а/я 604

Тел. 8 (495) 941-78-36

E-mail: OKB@okb.sukhoi.org

Официальный сайт: <https://www.sukhoi.org/company/struktura-kholdinga/okb/>