

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук Фирсова Вячеслава Анатольевича 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 нестационарных аэродинамических нагрузок и характеристик аэроупругости на натурном самолете весьма затратны и небезопасны, расчетные методы не всегда обеспечивают требуемую точность, поэтому испытания масштабных динамически подобных моделей в аэродинамических трубах (АДТ) являются актуальными.

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

Результаты, представленные в диссертации, основываются на применении общепризнанных пакетов прикладных программ (Ansys, SolidWorks и др.). Проведены экспериментальные исследования (статическое нагружение, динамические испытания, испытания в АДТ), которые подтвердили расчетные характеристики исследуемых конструкций. Экспериментальные исследования проведены по установленным методикам на сертифицированном оборудовании ФГУП «ЦАГИ».

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 31
10 2019

Достоверность материалов диссертационного исследования

Достоверность результатов обеспечивается применением сертифицированных расчетных программ и средств САПР, сопоставлением расчетных данных с результатами эксперимента.

Новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

1) Предложен новый тип моделей – дренированные динамически подобные модели (ДДПМ) для исследований нестационарных аэродинамических нагрузок с учетом отклика упругой конструкции и обеспечением высокой информативности эксперимента. Разработаны конструкции ДДПМ и способ установки датчиков динамического давления с использованием специальных дренированных блоков для типовых элементов конструкции ЛА.

2) Создана методика разработки ДДПМ. 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.

3) На основе разработанной методики спроектированы и изготовлены ДДПМ: консоли крыла, горизонтального оперения, секции закрылка.

4) Разработана конструкция малогабаритного внутримодельного вибровозбудителя колебаний для исследования динамической устойчивости моделей в АДТ.

Практическая значимость результатов работы

Сформулированы требования к характеристикам конструкционных материалов для создания ДДПМ. Создана методика расчета, проектирования, изготовления и настройки ДДПМ. Освоены процедуры их изготовления и настройки для проведения исследований нестационарных аэродинамических нагрузок и явлений аэроупругости в АДТ.

Оценка содержания работы

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, дан краткий обзор отечественных и зарубежных исследований по теме диссертации, сформулированы цели и задачи, аргументирована научная новизна исследований, показана практическая значимость полученных результатов.

В первой главе рассматриваются особенности моделирования явлений динамической аэроупругости на ДПМ в аэродинамических трубах в трансзвуковом диапазоне скоростей. Даны рекомендации для выбора критериев подобия, выполнение которых необходимо при проектировании, изготовлении и испытаниях ДПМ в трансзвуковых АДТ для получения достоверных результатов эксперимента и переноса их на натурную конструкцию.

На основании полученных результатов показано, что сложности вызывает выполнение условия массового подобия – критерия Ньютона, обусловленное перетяжелением конструкции моделей.

Рассмотрены конструктивные особенности основных типовых силовых схем трансзвуковых ДДПМ и влияние на их весовую эффективность формы поперечных сечений основных несущих силовых элементов ДДПМ.

Выполнен сравнительный анализ удельных жесткостных и прочностных характеристик традиционных материалов (металлов), термопластиков и

композиционных материалов для оценки их весовой эффективности при применении в конструкциях ДДПМ.

Автором дана оценка нагруженности ДДПМ при исследовании бафтинга и предложена процедура уточнения аэродинамических нагрузок на ДДПМ по результатам исследования «жестких» моделей в АДГ. С использованием предложенного метода выбраны параметры проектируемой ДДПМ на примере балки постоянного сечения, усиленной слоями ПКМ. Приведены низшие формы и частоты собственных колебаний модели с учетом влияния доводочных грузов. Показано соответствие расчетных и экспериментальных характеристик.

Вторая глава посвящена разработке конструкций ДДПМ из полимерных композиционных материалов с применением аддитивных технологий и конструкций, технологий изготовления съёмных дренированных блоков и вставок для датчиков динамического давления, устанавливаемых в основную силовую конструкцию ДДПМ. Автор принимал участие в экспериментальных исследованиях явлений аэроупругости и нестационарных аэродинамических нагрузок в трансзвуковой АДГ. Показано, что ДДПМ являются перспективным инструментом в исследовании нестационарных аэродинамических нагрузок с учетом упругости крыла. Черноволов Р.А. сформулировал требования к внутримодельному оборудованию ДДПМ, а также разработал и апробировал конструкцию внутримодельного вибровозбудителя колебаний.

В третьей главе в рамках предложенной методики осуществлена разработка ДДПМ для экспериментальных исследований нестационарных аэродинамических нагрузок и характеристик аэроупругости ряда реальных элементов конструкций ЛА: горизонтального оперения, консоли крыла и закрылка. Проведены расчетные исследования по оценке прочности и динамических характеристик разработанных моделей и их сопоставление с результатами проведенных экспериментальных исследований.

Замечания по диссертационной работе:


- 1) в диссертации не отражены вопросы выбора мест размещения доводочных грузов, используемых при настройке ДПМ;
- 2) в методике не представлена процедура оценки вклада дренированных блоков в общую жесткость модели;
- 3) не затронуты вопросы моделирования демпфирования натурной конструкции, которые безусловно важны при рассмотрении резонансных режимов поведения конструкции.

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку работы, так как они могут быть учтены в рамках используемых автором подходов. Диссертационная работа Черноволова Р.А. является самостоятельной, завершенной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной задачи, имеющей важное практическое значение – создания методики разработки ДДПМ для исследований в аэродинамических трубах нестационарных аэродинамических нагрузок и явлений аэроупругости. Результаты диссертационной работы опубликованы в 7 статьях в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ. Опубликованные работы достаточно полно отражают результаты исследований. Все части диссертационной работы представлены на профильных научно-технических конференциях, что в полной мере характеризует проведенную апробацию полученных результатов. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Исследования проводились в рамках специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» и соответствуют паспорту указанной специальности (п. 2 «Разработка расчетно-экспериментальных методов обеспечения статической прочности» и п. 3 «Решение задач аэро-и аэроавтоупругости».)

Работа полностью соответствует критериям, установленным в п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, а сам её автор – Черноволов Руслан Андреевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

Официальный оппонент:
доктор технических наук, профессор
кафедры «Прочность конструкций»
ФГБОУВО «Казанский национальный
исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева»

 Фирсов В.А.
28.10.2019г.

Подпись *В. А. Фирсова*
заверяю: Начальник управления
делами ИНИТУ-КАИ 



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
Адрес: 420111, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.
Тел. справочной: +7 (843) 231 01 09, Канцелярия: +7 (843) 238-56-30,
e-mail: kai@kai.ru