

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.05

Соискатель: Нагорнов Андрей Юрьевич

Тема диссертации: Обеспечение аэроупругой устойчивости беспилотных летательных аппаратов из композиционных материалов

Специальность: 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

Диссертация Нагорнова А.Ю. отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842.

На заседании 23 декабря 2020 года диссертационный совет решение присудить Нагорнову Андрею Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования, протокол № 32, диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 5 докторов наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», участвовавших в заседании из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 20, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Присутствовали: председатель диссертационного совета, д.ф.-м.н., проф. Тарлаковский Д.В., заместитель председателя диссертационного совета, д.т.н., проф. Фирсанов В.В., ученый секретарь диссертационного совета, к.ф.-м.н., доц. Федотенков Г.В., д.т.н., проф. Антуфьев Б.А., д.т.н., проф. Бирюков В.И., д.ф.-м.н., доц. Вестяк, д.ф.-м.н., проф. В.А., Гришанина Т.В., д.т.н., проф. Дмитриев В.Г., д.т.н., проф. Дудченко А.А., д.т.н., проф. Зверев Е.М., д.ф.-м.н., проф. Медведский А.Л., д.ф.-м.н., проф. Меркурьев И.В., д.ф.-м.н., проф. Мовчан А.А., д.т.н., проф. Нерубайло Б.В., д.ф.-м.н., проф. Рабинский Л.Н., д.ф.-м.н., проф. Рыбаков Л.С., д.т.н., проф. Сидоренко А.С., д.ф.-м.н., проф. Солдатенков И.А., д.т.н., проф. Туркин И.К., д.т.н., проф. Тютюнников Н.П.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 212.125.05

к.ф.-м.н., доцент

Начальник
Т.А. А...



Федотенков Г.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.05
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «23» декабря 2020 г. № 32

О присуждении Нагорнову Андрею Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Обеспечение аэроупругой устойчивости беспилотных летательных аппаратов из композиционных материалов» по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» принята к защите «23» октября 2020 г., протокол заседания № 31, диссертационным советом Д 212.125.05 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3, приказ о создании диссертационного совета Д 212.125.05 – № 105/нк от «11» апреля 2012 г.

Соискатель Нагорнов Андрей Юрьевич, 1991 года рождения, в 2015 году окончил ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности 150301 – «Динамика и прочность машин».

Соискатель Нагорнов А.Ю. освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Московский

авиационный институт (национальный исследовательский университет)». В 2019 году соискатель окончил обучение в аспирантуре ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель Нагорнов А.Ю. работал по основному месту работы инженером-конструктором в Отраслевом специальном конструкторском бюро экспериментального самолетостроения (ОСКБЭС МАИ), а также по внутреннему совместительству на кафедре 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» института №6 «Аэрокосмический» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования РФ, г. Москва.

Диссертация выполнена на кафедре 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» института №6 «Аэрокосмический» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, **Парафесь Сергей Гаврилович**, доцент, профессор кафедры 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» МАИ, Министерство науки и высшего образования РФ.

Официальные оппоненты:

Аринчев Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Аэрокосмические системы» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университета имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет) (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Министерство науки и высшего образования РФ.

Раков Дмитрий Леонидович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН) дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация **акционерное общество «Российская самолетостроительная корпорация «МиГ» (АО «РСК «МиГ»)**, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном доктором технических наук, профессором, заместителем председателя НТС АО «РСК «МиГ», заместителем Главного конструктора по системам управления, заслуженным машиностроителем РФ Оболенским Ю.Г. и утвержденным заместителем управляющего директора АО «РСК «МиГ» - директором «ОКБ имени А.И. Микояна», председателем НТС АО «РСК «МиГ» Шальневым С.В. отметила, что исследование аэроупругой устойчивости беспилотных летательных аппаратов (БЛА) с двухбалочным хвостовым оперением, в том числе при взаимодействии планера БЛА с системой автоматического управления, с учетом податливостей хвостовых балок и несбалансированности органов управления является важной задачей в области динамики и прочности машин, решение которой позволит выработать рекомендации по обеспечению требований аэроупругой устойчивости для аппаратов исследуемого типа. Учитывая, что в настоящее время в нашей стране активно разрабатываются перспективные беспилотные летательные аппараты, тема диссертационной работы Нагорнова А.Ю. является актуальной. Полученные в работе результаты имеют важное практическое значение и соответствуют уровню кандидатской диссертации по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Соискатель имеет 5 опубликованных печатных работ по теме диссертации, из которых 2 опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. В.Н. Акимов, Д.Н. Иванов, А.Ю. Нагорнов, С.Г. Парафесь Учет требований аэроупругой устойчивости при проектировании системы «руль –

привод» маневренного беспилотного летательного аппарата // Научный вестник МГТУ ГА. 2019;22(4):54-66, 2019 DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-4-54-66.

Предложена методика проектирования системы «руль – привод», направленная на обеспечение безопасности от флаттера органа управления – аэродинамического руля и устойчивости системы «руль – привод». Разработаны линеаризованная и нелинейная математические модели для исследования устойчивости рассматриваемой системы. Определена граница устойчивости, проведены расчеты для двух конструктивно-силовых схем руля.

2. А.Ю. Нагорнов Флаттер беспилотного летательного аппарата из композиционных материалов с двухбалочным оперением// Труды МАИ, выпуск №113, 19 с. DOI: 10.34759/trd-2020-113-19.

Разработана математическая модель для расчета на флаттер беспилотного летательного аппарата из композиционных материалов с двухбалочным хвостовым оперением. Рассмотрены особенности конструкции исследуемого аппарата при анализе явлений аэроупругости. Представлены расчеты безрулевых и рулевых форм флаттера, проведен анализ полученных результатов.

3. А.Ю. Нагорнов, С.Г. Парафесь Обеспечение безопасности от флаттера беспилотных летательных аппаратов (тезисы докладов), Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества: сборник тезисов докладов. – М.: ИД Академии Жуковского, 2018 С.229.

Разработаны модели двух- и многостепенного флаттера, позволяющие проводить оценку безопасности от флаттера в процессе разработки беспилотного летательного аппарата (БЛА). Применен метод структурно-параметрического синтеза для выбора наилучшего конструктивно-технологического решения (КТР) планера БЛА с точки зрения минимума

массы, удовлетворяющего требованиям прочности и аэроупругой устойчивости.

4. А.Ю. Нагорнов, С.Г. Парафесь. Особенности математической модели аэроупругих колебаний беспилотного летательного аппарата двухбалочной схемы из композиционных материалов, Авиация и космонавтика – 2018, Тезисы 17-ой Международной конференции, г. Москва, 19-23 ноября 2018 г., С.323-324.

Рассмотрены особенности математической модели аэроупругих колебаний беспилотного летательного аппарата (БЛА) двухбалочной схемы из композиционных материалов; исследовано влияние упругости крепления хвостового оперения к крылу на частотные характеристики БЛА.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от ведущей организации **научного руководителя, ведущей организации и официальных оппонентов**, отзывы положительные.

от **Ефремова В.А.**, заместителя генерального конструктора по НИР и **Мензульского С.Ю.**, начальника расчетно-экспериментального отдела акционерного общества «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение», отзыв положительный;

от к.т.н. **Писковацкого А.А.**, ученого секретаря секции НИОКР НТС ПАО «ДНПП», **Иванова Д.Н.**, начальника отдела 288 и **Шпиталь С.М.**, инженера 1 категории публичного акционерного общества «Долгопрудненское научно-производственное предприятие» (ПАО «ДНПП»), отзыв положительный;

от д.т.н. **Правидло М.Н.**, директора НИиЛИЦ, к.т.н. **Ермолаева А.Ю.**, директора НИЦ, и **Быкова А.В.**, начальника НИРО акционерного общества «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Вымпел» имени И.И. Торопова (АО «ГосМКБ «Вымпел» им. И.И. Торопова), отзыв положительный;

от к.т.н. **Сыздыкова Е.К.**, первого заместителя Генерального конструктора – заместителя по НИОКР, главного конструктора и

Белоногова М.В., заместителя начальника отделения прочности и теплозащиты акционерного общества «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Радуга» имени А.Я. Березняка, отзыв положительный;

от к.т.н. **Рогова Д.А.**, начальника научно-исследовательского сектора расчета напряженно-деформированного состояния и надежности изделий из керамических и композиционных материалов акционерного общества «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашина» (АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина), отзыв положительный;

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационного исследования, дан краткий обзор работы по главам, отмечены актуальность, новизна, достоверность полученных автором результатов и их практическая и теоретическая значимость. В поступивших отзывах имеются замечания.

В отзыве официальных оппонентов и ведущей организации имеются следующие основные критические замечания:

1. В диссертации в качестве способа обеспечения аэроупругой устойчивости БЛА с САУ рассмотрен только один, хотя и достаточно эффективный способ обеспечения устойчивости контура стабилизации – установка специальных фильтров, и не рассмотрены иные возможные меры.

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

3. Демпфирование в конструкции БЛА учитывается введением логарифмического декремента колебаний $\delta=0,05$ в формуле (91), который для разных тонов колебаний реального аппарата может иметь различное значение, не обязательно равное использованному в диссертации.

В отзывах на автореферат следует отметить такие критические замечания.

1. Применение в конструкции БЛА композиционных материалов (как одна из основных особенностей работы), недостаточно широко изложено в автореферате.

2. При исследовании флаттера БЛА в расчетах учитывается только статическая жесткость приводов органов управления, что оправдано лишь для приводов гидравлического типа. Для электромеханического привода рулей, которым присуща значительная инерционность, целесообразнее использовать динамическую жесткость привода.

3. Не описана структура и методы моделирования системы автоматического управления БЛА.

4. Из автореферата не ясно, учитывалась ли интерференция крыла, фюзеляжа и оперения в расчете аэродинамических нагрузок при анализе флаттера с применением метода конечных элементов.

5. Выбранный для рис. 6 масштаб собственной формы колебаний оперения является некорректным, что приводит к смещению графика и слиянию его с горизонтальными линиями координатной сетки.

6. К несущественным недостаткам работы следует отнести также отсутствие упоминания случайных факторов – нагружающих параметров или наличия в структуре КМ микродефектов, так как расслоения, микротрещины, непроклеи. Особенно сильно особенности микроструктуры влияют на механические свойства предельно нагруженных деталей ЛА, для которых значения коэффициентов запаса по принимаемым критериям прочности малы, что является характерным для авиационной техники, и это требует однозначного и полного понимания несущей способности КМ, поэтому учет влияния случайных изменений характеристик материала и действующих нагрузок на несущую способность изделия является очень важной задачей.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в данной области и имеют публикации, связанные с направлением исследований диссертации.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что в ведущей организации проводятся исследования в научной области, соответствующей тематике диссертации и работают специалисты, имеющие публикации, связанные с направлением исследований диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны математические модели аэроупругих колебаний дозвукового беспилотного летательного аппарата (БЛА) из композиционных материалов с двухбалочным хвостовым оперением с применением методов Ритца и конечных элементов;

предложен новый подход к выбору структуры и параметров фильтров упругих колебаний для устранения аэроупругой неустойчивости БЛА с системой автоматического управления (САУ);

доказана перспективность разработанных математических моделей для исследования аэроупругой устойчивости при проектировании и модернизации дозвукового БЛА с двухбалочным хвостовым оперением.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность применения разработанных математических моделей аэроупругих колебаний дозвукового БЛА из композиционных материалов с двухбалочным оперением для проведения параметрических исследований при расчетах рулевых и безрулевых форм флаттера, а также для получения передаточных функций, используемых при анализе устойчивости контура «упругий планер – САУ»;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** существующие положения механики слоистых

композиционных материалов, строительной механики летательных аппаратов и теории автоматического управления, общие подходы и методы аэро- аэросервоупругости, известные программные комплексы для реализации численных методов;

изложены алгоритмы аналитического и численного решения задачи о флаттере композиционного крыла, численного решения задачи о формах собственных колебаний БЛА с двухбалочным оперением, задач о безрулевых и рулевых формах флаттера БЛА;

раскрыты особенности использования различных теорий и методов аэродинамики в расчетах аэроупругой устойчивости, а именно, аналитических квазистационарной и нестационарной аэродинамических теорий при применении гипотез плоского обтекания, а также численных панельных методов для учета конечности размаха несущих поверхностей;

изучены степени влияния изгибных жесткостей в вертикальной плоскости хвостовых балок на критические скорости безрулевых форм флаттера и статической жесткости системы «руль – привод» на критические скорости рулевых форм флаттера;

проведена модернизация метода Ритца в приложении к расчетам аэроупругой устойчивости БЛА с двухбалочным хвостовым оперением.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан и внедрен алгоритм выбора фильтров упругих колебаний;

определены практически важные особенности использования методов Ритца и конечных элементов для решения задач аэроупругости БЛА с двухбалочным хвостовым оперением;

созданы и внедрены математические модели аэроупругих колебаний дозвукового БЛА из композиционных материалов с двухбалочным хвостовым оперением с применением методов Ритца и конечных элементов;

представлены зависимости критических скоростей флаттера от жесткостных характеристик планера из композиционных материалов и

электромеханических приводов БЛА и параметры фильтров упругих колебаний для устранения неустойчивости в канале тангажа;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на известных положениях аэродинамики, механики композиционных материалов, строительной механики летательных аппаратов и теории автоматического управления, общепринятых подходах к получению уравнений аэроупругих колебаний с помощью методов Ритца и конечных элементов;

идея базируется на обобщении опыта решения задач аэроупругой устойчивости дозвуковых летательных аппаратов самолетного типа;

использованы сравнения результатов численного расчета задачи о флаттере крыла, полученных по различным математическим моделям;

установлено качественное и количественное соответствие полученных численных результатов по различным математическим моделям опыту исследований аэроупругой устойчивости летательных аппаратов самолетного типа;

использованы современные программные комплексы математического моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в:

разработке математических моделей аэроупругих колебаний дозвукового БЛА из композиционных материалов с двухбалочным хвостовым оперением, проведении с их использованием расчетов на флаттер и получении передаточных функций упругого БЛА, исследовании аэроупругой устойчивости с системой стабилизации САУ и определении параметров фильтров упругих колебаний.

Приведенные положения позволяют заключить, что представленная диссертация является законченным научно-квалификационным исследованием, содержащим элементы научной новизны, имеющим важное прикладное и фундаментальное значение для развития методов динамики и прочности машин, приборов и аппаратуры.

На заседании 23 декабря 2020 года диссертационный совет принял решение присудить Нагорнову А.Ю. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 5 докторов технических наук по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 20, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

Диссертационного совета Д 212.125.05

д.ф.-м.н., профессор

Тарлаковский Д.В.

Ученый секретарь

Диссертационного совета Д 212.125.05

к.ф.-м.н., доцент

Федотенков Г.В.

23.12.2020

Начальник отдела ДС МАИ
Т.А. Аникина

