

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.10

**Соискатель:** Черноволов Руслан Андреевич

**Тема диссертации:** Методика разработки дренированных динамически подобных моделей для исследования в аэродинамических трубах нестационарных аэродинамических нагрузок и характеристик аэроупругости летательных аппаратов

**Специальность:** 05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

На заседании 26 ноября 2019 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, и принял решение присудить Черноволову Руслану Андреевичу ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:** председатель диссертационного совета д.т.н., проф. Ю.И. Денискин; заместитель председателя диссертационного совета, д.т.н., проф. Бойцов Б.В.; ученый секретарь диссертационного совета, к.т.н., доц. А.Р. Денискина; члены диссертационного совета: д.т.н., проф. Абашев В.М.; д.т.н., доц. Долгов О.С.; д.т.н., проф. Дудченко А.А.; д.т.н., проф. Ендогур А.И.; д.т.н., проф. Комков В.А.; д.т.н., проф. Куприков М.Ю.; д.т.н., проф. Лисейцев Н.К.; д.т.н., проф. Панкина Г.В.; д.т.н., проф. Пармонов Н.В.; д.т.н., проф. Подколзин В.Г.; д.ф-м.н., проф. Рабинский Л.Н.; д.т.н., доц. Рахманов М.Л.; д.т.н., проф. Сидоренко А.С.; д.т.н., проф. Туркин И.К.; д.т.н., проф. Фирсанов В.В.; д.т.н., проф. Шайдаков В.И.

Учёный секретарь  
диссертационного совета Д 212.125.10  
к.т.н., доцент

И.о. начальника отдела УДС МАИ  
Т.А. Аникина

А.Р. Денискина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.10,  
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 26 ноября 2019 г. № 33

О присуждении Черноволу Руслану Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика разработки дренированных динамически подобных моделей для исследования в аэродинамических трубах нестационарных аэродинамических нагрузок и характеристик аэроупругости летательных аппаратов» по специальности 05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов принята к защите 25 сентября 2019 г., протокол заседания № 23, диссертационным советом Д 212.125.10 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3, приказ о создании диссертационного совета Д 212.125.10 – № 714/нк от 02 ноября 2012 г.

Соискатель Черновол Руслан Андреевич, 1990 года рождения, гражданин Российской Федерации.

В 2013 году соискатель окончил федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (государственный технический университет)» по специальности «Системы управления летательными аппаратами».

С 2015 по 2019 гг. соискатель обучался в заочной аспирантуре федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» и освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика.

В период подготовки диссертации работал и в настоящее время работает младшим научным сотрудником в научно-экспериментальной лаборатории «Динамически-подобное моделирование конструкций» научно-исследовательском отделении «Нормы прочности, нагрузок и аэроупругости летательных аппаратов» научно-исследовательского комплекса «Прочность летательных аппаратов» федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (г. Жуковский). Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, департамент авиационной промышленности.

**Диссертация выполнена** в федеральном государственном унитарном предприятии «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор **Гарифуллин Мансур Фоатович**, главный научный сотрудник научно-исследовательского отделения «Нормы прочности, нагрузок и аэроупругости летательных аппаратов» научно-исследовательского комплекса «Прочность летательных аппаратов» федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского».

**Официальные оппоненты:**

**Фирсов Вячеслав Анатольевич** – доктор технических наук, профессор кафедры «Прочность конструкций» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева»;

**Митрофанов Олег Владимирович** – доктор технических наук, заместитель начальника научно-исследовательского отделения прочности – заместитель Главного конструктора по прочности акционерного общества «Гражданские самолеты Сухого».

Официальные оппоненты дали **положительные отзывы** на диссертацию.

**Ведущая организация** – публичное акционерное общество «Компания Сухой» – ОКБ Сухого (ПАО «Компания «Сухой» – ОКБ Сухого), г. Москва, Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, департамент авиационной промышленности, в своем положительном заключении, подписанном заместителем генерального конструктора ОКБ Сухого – доктором технических наук, профессором Локшиным Моисеем Абрамовичем, начальником бригады «Виброакустика» Абдрашитовым Робертом Галимовичем, и утвержденном Первым заместителем генерального директора – директором «ОКБ Сухого» Стрельцом Михаилом Юрьевичем, отметила, что результаты исследования имеют научную новизну, теоретическую и практическую значимость.

Диссертация Черноволова Р.А. посвящена решению актуальной задачи – созданию методики разработки дренированных динамически подобных моделей для исследования в аэродинамических трубах нестационарных аэродинамических нагрузок и характеристик аэроупругости летательных аппаратов.

Современные летательные аппараты обладают значительной податливостью, что является причиной различных явлений аэроупругости, когда деформации конструкции, возникающие при воздействии аэродинамических нагрузок, сами возбуждают дополнительные аэродинамические силы. Эти дополнительные аэродинамические силы могут вызвать и дополнительные деформации конструкции, которые приведут к еще большим аэродинамическим нагрузкам. В процессе проектирования летательных аппаратов значительный объем работ связан с исследованиями явлений аэроупругости. Среди представляющих опасность явлений аэроупругости можно выделить: дивергенцию, реверс и потерю эффективности рулевых элементов, флаттер,

бафтинг, а также аэроупругую неустойчивость конструкции с системой автоматического управления.

Определение характеристик аэроупругости в летных испытаниях сопряжено с риском. В связи с этим исследования в аэродинамических трубах с помощью дренированных динамически подобных моделей являются актуальными, как на этапах разработки, так и сертификации самолетов. Исследования в аэродинамических трубах имеют преимущества перед расчётными методами, так как позволяют избежать многих допущений и предположений, как при описании конструкции, так и при вычислении силовых воздействий на неё.

Сложность моделирования бафтинга связано со сложностью моделирования нестационарных аэродинамических нагрузок и необходимостью обеспечения повышенных запасов прочности испытываемых конструкций. Освоение новых режимов полета, больших углов атаки, применение новых материалов, крыльев большого удлинения, адаптивных систем управления, увеличение ресурса и др. повысили интерес к явлению бафтинга. В связи с тем, что аэродинамические нагрузки зависят от многочисленных параметров, которые не всегда удается в полной мере воспроизвести в аэродинамических трубах (например, натурное число Рейнольдса, начальная турбулентность потока и др.), возникает необходимость проведения параметрических исследований, которые позволяют скорректировать прогнозируемые нагрузки. В отличие от методов экспериментальных исследований классических задач аэроупругости методы исследования бафтинга сопряжены с дополнительными трудностями, связанными с необходимостью более полного учета нелинейных и нестационарных факторов. В частности, с более точным моделированием упругой конструкции с использованием многоканальной измерительной системы для осуществления контроля за изменением напряженно-деформированного состояния по времени.

В работе рассматривается методика разработки дренированных динамически подобных моделей, обеспечивающих решение указанных задач. Такие модели позволяют исследовать весь спектр явлений аэроупругости, в том

числе, бафтинг, флаттер, дивергенцию и др. Модели выполнены с применением новых материалов, технологий и методов проектирования (полимерных композиционных материалов, CAD/CAE-систем, аддитивных технологий и др.).

В диссертационной работе создана методика разработки дренированных динамически подобных моделей для исследования в аэродинамических трубах нестационарных нагрузок и аэроупругости летательных аппаратов. Выполнен анализ особенностей моделирования бафтинга на дренированных динамически подобных моделях в аэродинамических трубах в трансзвуковом диапазоне чисел Маха. Приведены критерии подобия, необходимые для получения достоверных результатов эксперимента в аэродинамической трубе и переноса их на натурную конструкцию. Проведен сравнительный анализ характеристик различных модельных материалов. Получены оценки их весовой эффективности при применении в дренированных динамически подобных моделях. Рассмотрены особенности конструкций динамически подобных моделей. Показано влияние формы поперечных сечений силовых элементов на весовую эффективность моделей. Разработана и представлена процедура выбора проектных параметров дренированных динамически подобных моделей. Реализация процедуры наглядно продемонстрирована на примере лонжерона. Экспериментально доказано, что принятая методика расчета и проектирования обеспечивает требуемые характеристики дренированных динамически подобных моделей. Предложен новый тип моделей – дренированные динамически подобные модели, предназначенные для исследований нестационарных аэродинамических нагрузок с учетом отклика упругой конструкции с обеспечением высокой информативности эксперимента. Разработаны конструкции дренированных динамически подобных моделей. Предложен способ установки на модели датчиков динамического давления, заключающийся в создании специальных дренированных блоков для типовых элементов. Выполнены расчетные исследования прочности и жесткости элементов конструкции дренированных динамически подобных моделей. Дренированные динамически подобные модели использовались при проведении исследований явлений аэроупругости и определении нестационарных аэродинамических нагрузок в трансзвуковой

аэродинамической трубе. Испытания подтвердили выполнение требований по безопасности дренированных динамически подобных моделей и информативности экспериментов. Разработана и апробирована конструкция внутримодельного вибровозбудителя колебаний динамически подобных моделей, предназначенного для исследований устойчивости и динамического отклика конструкции летательного аппарата в потоке.

Приведенные в диссертации результаты имеют важное практическое значение, что подтверждается актом о внедрении результатов работы, полученным в научно-исследовательском комплексе «Прочность летательных аппаратов» федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФГУП «ЦАГИ») Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Достоверность научных положений и выводов не вызывает сомнений.

Соискатель имеет 14 печатных работ, в том числе 7 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и образования РФ:

1. Азаров Ю.А., Черноволов Р.А. Дренированные аэроупругие модели летательных аппаратов // Труды МАИ, 2017. Вып. 92. 20с.

2. Черноволов Р.А., Янин В.В. Исследование бафтинга ЛА в аэродинамической трубе // Авиационная промышленность, 2016. Вып. 3. С. 9-14.

3. Азаров Ю.А., Черноволов Р.А. Некоторые особенности моделирования динамической аэроупругости летательных аппаратов в трансзвуковых аэродинамических трубах // Труды МАИ, 2017. Вып. 97. 28с.

4. Азаров Ю.А., Черноволов Р.А. Разработка рекомендаций по выбору конструкционных материалов при моделировании явлений аэроупругости на динамически подобных моделях летательных аппаратов в аэродинамических трубах // Авиационные материалы и технологии, 2018. Вып. 2. 17с.

5. Азаров Ю.А., Гарифуллин М.Ф., Черноволов Р.А. Оценка нагруженности динамически подобных моделей при исследовании бафтинга // Труды МАИ, 2018. Вып. 103. 13с.

6. Черноволов Р.А. Применение аддитивных технологий при создании трансзвуковых дренированных моделей ЛА // Авиационная промышленность, 2019. Вып. 1. С. 4-7.

7. Черноволов Р.А., Гарифуллин М.Ф., Козлов С.И. Валидация процедур проектирования и изготовления динамически подобных моделей летательных аппаратов с применением полимерных композиционных материалов // Вестник московского авиационного института, 2019. Т.26. №3. С. 102-112.

8. Азаров Ю.А., Брускова Е.В., Карклэ П. Г., Черноволов Р.А. Патент на изобретение №2578915 от 01.03.2016г. Динамически-подобная аэродинамическая модель несущей поверхности летательного аппарата. Приоритет изобретения 27 ноября 2014 г.

9. Азаров Ю.А., Черноволов Р.А. Патент на изобретение №2594462 от 22.07.2016 г. Вибровозбудитель колебаний механических конструкций. Приоритет изобретения 14.05.2015 г.

10. Черноволов Р.А. Дренированная динамически подобная модель горизонтального оперения пассажирского самолета для исследований бафтинга // Материалы XXVII научно-технической конференции по аэродинамике. Центральный аэрогидродинамический институт имени проф. Н.Е. Жуковского (ЦАГИ), 2016. С.198-199.

11. Азаров Ю.А., Черноволов Р.А. Рекомендации по выбору конструкционных материалов при разработке динамически подобных моделей летательных аппаратов // Прочность конструкций летательных аппаратов. Сборник статей научно-технической конференции / Сер. «Труды ЦАГИ» Под редакцией М.Ч. Зиченкова, 2018. С.111-113.

12. Азаров Ю.А., Черноволов Р.А. Применение полимерных композиционных материалов и аддитивных технологий для создания дренированных аэроупругих моделей ЛА // Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения. Материалы II Всероссийской научно-технической конференции. Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, г. Москва, 2017. С.266-280.



13. Азаров Ю.А., Черноволов Р.А. Применение полимерных композиционных материалов и аддитивных технологий для создания дренированных аэроупругих моделей ЛА // Материалы II отраслевой научно-технической конференции по измерительной технике и метрологии для исследований летательных аппаратов, г. Жуковский, КИМИЛА-2016, 2016. С.181-190.

14. Азаров Ю.А., Бирюков В.И., Гарифуллин М.Ф., Скоморохов С.И., Черноволов Р.А., Янин В.В. Исследование нестационарных аэродинамических нагрузок и динамической реакции конструкции ГО // Материалы XXVI научно-технической конференции по аэродинамике, 2015. С.20.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы.** В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационной работы, дан краткий обзор работы, отмечены новизна и достоверность полученных результатов, а также их практическая значимость и рекомендации по использованию результатов. Все отзывы положительные:

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Фирсова Вячеслава Анатольевича** – доктора технических наук, профессора кафедры «Прочность конструкций» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева»». **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

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.

**Отзыв на диссертацию ведущей организации** – публичное акционерное общество «Компания Сухой» - ОКБ Сухого (ПАО «Компания «Сухой» - ОКБ Сухого). **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. В диссертации не рассмотрены вопросы моделирования бафтинга крыла малого удлинения, характерных для маневренных летательных аппаратов.

2. В методике не уточнены процедуры обеспечения требуемого качества внешней поверхности при наличии съемных крышек.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Митрофанова Олега Владимировича** – доктора технических наук, заместителя начальника научно-исследовательского отделения прочности – заместителя Главного конструктора по прочности акционерного общества «Гражданские самолеты Сухого». Отзыв **положительный**. Имеются замечания:

1. В диссертации не отражены вопросы, связанные с выбором мест размещения доводочных грузов, используемых при настройке ДПМ.

2. Не представлена процедура оценки вклада дренированных блоков в общую жесткость модели.

3. Не затронуты вопросы моделирования демпфирования натурной конструкции, которые могут представлять интерес при рассмотрении некоторых режимов нагружения.

**Отзыв на автореферат диссертации АО «МВЗ им. М.Л. Миля»**, г. Москва, подписанный заместителем главного конструктора по прочности и аэродинамике Бариновым А.Ю., заверенная начальником отдела кадров АО «МВЗ им. Миля» Алимов А.А. Отзыв **положительный**. Имеется замечание: особенностью несущего и рулевого винтов вертолета является переменность во времени действующих на него аэродинамических сил, что приводит к возникновению периодических колебаний лопастей. В работе не рассмотрены задачи, связанные с исследованием аэроупругости лопастей несущего и рулевого винтов вертолета, угол атаки которых меняется в зависимости от азимутального положения и скорости полета.

**Отзыв на автореферат диссертации АО «ЛИИ им. М.М. Громова»**, г. Жуковский Московской области, подписанный заместителем начальника НИО-2 по науке – кандидатом технических наук Дерябиным В.А., заверенный начальником НИО-2, кандидатом технических наук Замятиным А.Н., утвержденный первым заместителем генерального директора по науке,

начальником НИЦ АО «ЛИИ им. М.М. Громова» В.В. Цыплаковым. **Отзыв положительный.** Имеется замечание: автор указал на сложность удовлетворения требований всех критериев подобия, но не дал рекомендаций о приемлемых вариантах приближенного подобия, с неполным удовлетворением требований критериев.

**Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУВО «МГТУ им. Баумана»,** г. Москва, подписанный профессором кафедры «Аэрокосмические системы» – доктором технических наук, доцентом Г.А. Щегловым, заверенный заместителем начальника управления кадров МГТУ им. Н.Э. Баумана А.Г. Матвеевым. **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. В автореферате мало внимания уделено вопросам анализа результатов испытаний ДДПМ в аэродинамических трубах.
2. Во второй главе рассмотрены только аддитивные технологии печати методом наплавления нити пластика. Не упоминается о возможности применения других методов печати: селективного лазерного плавления и спекания порошков, стереолитографии и т.д.
3. В автореферате и диссертации валидация моделей в главе 1 проводится путем сравнения только изгибных форм колебаний моделей, что не позволяет оценить, насколько хорошо рассмотренные автором упругие схематизации балки лонжерона воспроизводят крутильные колебания конструкций.
4. В приведенных результатах расчетов, выполненных методом конечных элементов не указаны параметры расчетных сеток и не указано, обеспечена ли сеточная сходимость результатов расчета, что крайне важно при оценке НДС моделей.

**Отзыв на автореферат диссертации ПАО «Казанский вертолетный завод»,** г. Казань, подписанный заместителем начальника отдела №38 ПАО «Казанский вертолетный завод», доктором технических наук Д.В. Неделько, заверенный директором по персоналу М.В. Марюшиной. **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

- в автореферате диссертационной работы недостаточное внимание уделяется технологическим особенностям процессов формования элементов из полимерных композиционных материалов;
- не затронута возможность применения топологической оптимизации элементов конструкции в рамках повышения весовой эффективности.

**Отзыв на автореферат диссертации ФГУП ГосНИИ ГА, г. Москва,** подписанный главным научным сотрудником ФГУП ГосНИИ ГА, кандидатом технических наук Ю.М. Фейгенбаумом, заверенный начальником отдела кадров ГосНИИ ГА О.М. Мазилкиным и ученым секретарем, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником А.И. Плешаковым. **Отзыв положительный.** Имеется замечание: в автореферате не приведены оценки весовой эффективности ДПМ, разработанных в соответствии с предложенной автором методикой.

**Отзыв на автореферат диссертации АО «ВПК «НПО машиностроения», г. Реутов Московской области,** подписанный начальником отделения тепловибропрочности – А.В. Бобровым, главным научным сотрудником, кандидатом технических наук Ю.М. Ватрухиным, ученым секретарем НТС АО «ВПК «НПО машиностроения», кандидатом физико-математических наук Л.С. Точиловым, утвержденный первым заместителем генерального директора-заместителем генерального конструктора, генеральным конструктором ОТРВ ВМФ АО «ВПК «НПО машиностроения», доктором технических наук А.А. Дергачевым. **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. Под величиной  $\mu$  обычно понимают не коэффициент кинематической, а коэффициент динамической вязкости (см. стр.8 автореферата).
2. Характеристику числа Струхала (критерия подобия нестационарных процессов) как условия кинематического подобия считаем неточной (стр. 9).
3. Место расположения вибровозбудителя в примере на рисунке 7 показано неудачно, т.к. из-за близости к месту крепления модели работы силы от вибровозбудителя будет близкой к нулю.

**Отзыв на автореферат диссертации ФГУП «ВИАМ», г. Москва,** подписанный главным научным сотрудником лаборатории «Прочность и надежность материалов воздушного судна» ФГУП «ВИАМ», доктором технических наук, профессором А.В. Гриневичем, заверенный ученым секретарем, кандидатом технических наук, доцентом Д.С. Свириденко. **Отзыв положительный.** Имеется замечание: в реферате не детализируется технология изготовления деталей на основе аддитивных технологий, равно как, и не рассматриваются режимы формования композиционных материалов.

**Отзыв на автореферат диссертации ПАО «ТАНТК им. Г.М. Бериева», г. Таганрог,** подписанный главным конструктором – Руководителем проекта, кандидатом технических наук М.И. Пелипенко, заверенный директором по персоналу ПАО «ТАНТК им. Г.М. Бериева» А.А. Марченко и утвержденный управляющим директором ПАО «ТАНТК им. Г.М. Бериева» М.В. Гречиным. **Отзыв положительный.** Существенные замечания по автореферату отсутствуют.

**Выбор официальных оппонентов** обоснован тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в области исследований диссертационной работы.

**Фирсов Вячеслав Анатольевич** имеет ученую степень доктора технических наук по специальности 05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов. За последние 5 лет имеет 10 научных публикаций в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных, а также входящих в Перечень рецензируемых научных изданий. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации.

**Митрофанов Олег Владимирович** имеет ученую степень доктора технических наук по специальности 05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов. За последние 5 лет имеет 12 публикаций в журналах, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных, а также входящих в Перечень рецензируемых научных изданий. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации.

**Вышеизложенное позволяет считать, что выбор официальных оппонентов является обоснованным, соответствует постановлению Правительства РФ о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24 сентября 2013 г. и положению о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденному приказом Министерства образования и науки РФ № 1093 от 10 ноября 2017 г.**

**Выбор ведущей организации обоснован тем, что в ведущей организации работают специалисты, достижения которых широко известны, в том числе и в отрасли науки, соответствующей тематике диссертации. Публикации специалистов ведущей организации соответствуют тематике диссертации:**

1. Абдрашитов Р.Г., Архиреева Е.Ю., Даньков Б.Н., Коротаев В.С., Косенко А.П., Попов О.Ю., Стрельцов О.К., Чучкалов И.Б. Численно-экспериментальные исследования путей снижения аэроакустических нагрузок в протяженной прямоугольной каверне при до- и трансзвуковых скоростях набегающего потока // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 2017. № 2. С. 75-89

2. Абдрашитов Р.Г., Песецкий В.А., Чучкалов И.Б. Снижение интенсивности бафтинга крыла боевого самолета // Ученые записки ЦАГИ. 2016. Т. 47. № 2. С. 70-81.

3. Абдрашитов Р.Г., Архиреева Е.Ю., Даньков Б.Н., Меньшов И.С., Северин А.В., Семенов И.В., Требунских Т.В. Механизмы нестационарных процессов в протяженной каверне // Ученые записки ЦАГИ. 2012. Т. 43. № 4. С. 39-56.

4. Насонов Ф.А., Бухаров С.В. Исследование влияния целевого модифицирования эпоксидных матриц и углепластиков на их основе на температуру в зоне резанья при образовании отверстий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 10 (141). С. 141-152

5. Патрикеев С.А. Возможности инновационных систем бортовых измерений при наземных и летных испытаниях // Вестник Московского авиационного института. 2018. Т. 25. № 1. С. 76-83.

6. Попов Ю.И., Стрелец Д.Ю., Солошенко В.Н. Параметрический анализ композитных панелей кессона крыла пассажирского магистрального самолета // Авиационная промышленность. 2017. № 4. С. 4-10.

7. Погосян М.А., Братухин А.Г., Савельевских Е.П., Стрелец Д.Ю., Злыгарев В.А. CALS-технологии при создании самолета SSJ100 // Вестник машиностроения. 2017. № 5. С. 60-65.

8. Рябов А.А., Романов В.И., Маслов Е.Е., Стрелец Д.Ю., Корнев А.В., Иванов А.И. Сравнительный анализ импульсного деформирования элементов авиационных конструкций из алюминиевого сплава и композитного материала // Вестник Московского авиационного института. 2015. Т. 22. № 2. С. 152-161.

9. Рудзей Г.Ф., Калюта А.А., Фролова В.А., Иванов А.И., Яшков М.В. Исследование механических характеристик образцов из углепластиков с учетом процессов старения // Конструкции из композиционных материалов. 2016. № 1 (141). С. 56-61.

10. Насонов Ф.А., Морозов Б.Б., Зинин А.В., Бухаров С.Б., Харченко К.Д. Оценка эффективности метода ремонта отверстий под крепеж в композитных элементах путем установки стеклопластиковой втулки термокомпрессионным способом // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2018. № 9. С. 13-16.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

– **разработана** методика создания дренированных динамически подобных моделей для исследования в аэродинамических трубах нестационарных нагрузок и аэроупругости летательных аппаратов;

– **разработана** и апробирована конструкция внутримодельного вибровозбудителя колебаний ДПМ, предназначенного для исследований устойчивости и динамического отклика конструкции ЛА в потоке;

– **предложен** новый тип моделей – дренированные динамически подобные модели, предназначенные для исследований нестационарных аэродинамических нагрузок с учетом отклика упругой конструкции с обеспечением высокой информативности эксперимента;

– **предложен** способ установки на модели датчиков динамического давления, заключающийся в создании специальных дренированных блоков для типовых элементов (крыло, горизонтальное оперение, закрылок);

– **доказана** перспективность использования разработанных дренированных динамически подобных моделей, выполнение требований по

безопасности и информативности экспериментов.

**Новые понятия** не вводились.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

– **доказана работоспособность** созданной методики проектирования дренированных динамически подобных моделей, обеспечивающих требуемые для проведения испытаний в АДТ с высокими скоростными напорами характеристики прочности в сочетании с возможностью размещения во внутренних объемах ДДПМ элементов многоканальной измерительной системы с целью достижения высокой информативности испытаний.

– **доказана эффективность** методики разработки дренированных динамически подобных моделей для исследования в аэродинамических трубах нестационарных аэродинамических нагрузок и характеристик аэроупругости летательных аппаратов;

– **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** метод конечных элементов, современные аддитивные технологии, приемы проектирования изделий из полимерных конструкционных материалов;

– **изложена методика** выбора конструкционных материалов, конструктивно-силовой схемы дренированных динамически подобных моделей, выбора их проектных параметров, уточнения напряженно-деформированного состояния их элементов численным методом, технология изготовления, экспериментальное уточнение характеристик изготовленной дренированной динамически подобной модели, доводка ее параметров по результатам экспериментальных исследований;

– **раскрыты новые возможности** использования дренированных динамически подобных моделей при исследовании задач аэроупругости.

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

– **разработанная методика внедрена** в практику проектирования и изготовления динамически подобных моделей в ФГУП «ЦАГИ», о чём свидетельствует акт о внедрении результатов диссертационной работы;



- **определены** перспективы практического использования разработанной методики для исследования явлений аэроупругости и нестационарных аэродинамических характеристик;
- **представлены** методические рекомендации и предложения по использованию разработанного научно-методического обеспечения и предложенных моделей для исследования различных явлений аэроупругости.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:** при выполнении работ **использовались** известные программные комплексы методы конечных элементов (ANSYS), автоматизации проектирования (T-Flex) при проектировании элементов дренированных динамически подобных моделей, элементы дренированных динамически подобных моделей изготавливались на 3D принтере (Fortus 900 MC), испытания изготовленной конструкции проведены с использованием измерительной системы LMS. В качестве элементов внутримодельного измерительного оборудования были **использованы** датчики известных производителей (Kulite, PCB и др.), которые подключались к современным системам сбора и обработки данных (LMS, «Мера»). Сопоставлением расчетных и экспериментальных данных других авторов **подтверждена достоверность** полученных результатов. **Установлено** качественное и количественное, в пределах инженерной погрешности, совпадение задаваемых характеристик дренированных динамически подобных моделей с характеристиками, полученными в результате испытаний независимыми исследователями разработанных и изготовленных дренированных динамически подобных моделей.

**Личный вклад** соискателя состоит в создании методики разработки дренированных динамически подобных моделей для исследования нестационарных аэродинамических нагрузок и характеристик аэроупругости летательных аппаратов; в проведении сравнения параметров полимерных, металлических и композитных конструкционных материалов для создания рациональной модели; в непосредственном участии соискателя в выполнении расчетов прочностных характеристик, спроектированных и изготовленных

дренированных динамически подобных моделей; в проектировании и изготовлении внутримодельного вибровозбудителя колебаний; в выполненных при участии автора обработке и интерпретации экспериментальных данных при исследовании нестационарных аэродинамических нагрузок и характеристик аэроупругости в аэродинамических трубах с использованием разработанных автором дренированных динамически подобных моделей; в подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Приведенные положения позволяют заключить, что представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, обладающей научной новизной, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное практическое и теоретическое значение для развития и создания изделий авиационной техники, что соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 26 ноября 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Черноволу Руслану Андреевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов технических наук по специальности 05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 19, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель  
диссертационного совета Д 212.125.10  
д.т.н., профессор



Ю.И. Денискин

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.125.10  
к.т.н., доцент



А.Р. Денискина

И.о. начальника отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина

