

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.10

Соискатель: Гавва Любовь Михайловна

Тема диссертации: Методы анализа статической прочности и устойчивости конструктивно-анизотропных панелей летательных аппаратов из композиционных материалов на основе уточнённой теории с учётом технологии изготовления

Специальность: 05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 12 мая 2022 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 Гавва Любови Михайловне ученую степень доктора технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета, д.т.н. проф. Денискин Ю.И.; заместитель председателя, д.т.н. проф. Бойцов Б.В.; ученый секретарь диссертационного совета, к.т.н., доц. Денискина А.Р.; д.т.н., доц. Долгов О.С.; д.т.н., проф. Дудченко А.А.; д.т.н., проф. Комков В.А.; д.т.н., проф. Куприков М.Ю.; д.т.н., проф. Лисейцев Н.К.; 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. Сироткин О.С.; д.т.н., проф. Туркин И.К.; д.т.н., проф. Ушаков А.Е., д.т.н., проф. Фирсанов В.В.; д.т.н., проф. Шайдаков В.И.

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

Ю.И. Денискин

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

А.Р. Денискина

Начальник отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина



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  
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 12 мая 2022 г. протокол № 13

О присуждении **Гавва Любови Михайловне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Методы анализа статической прочности и устойчивости конструктивно-анизотропных панелей летательных аппаратов из композиционных материалов на основе уточнённой теории с учётом технологии изготовления» по специальности 05.07.03 «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» принята к защите 07.02.2022 г. (протокол заседания № 1) диссертационным советом Д 212.125.10, созданным 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, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ о создании диссертационного совета Д 212.125.10 – №714/НК от 02.11.2012 г.

Соискатель Гавва Любовь Михайловна, 29 августа 1955 года рождения.

Диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук защитила в 1984 г. в диссертационном совете Д 212.125.10, созданном на базе Московского авиационного института (протокол № 3 от 28.03.1984 г., диплом кандидата наук ТН № 074927 от 26.09.1984 года). С 01.09.1989 г. по 31.08.1992 г. проходила обучение в очной докторантуре МАИ на кафедре 603 «Строительная механика и прочность летательных аппаратов».

Работает в должности старшего научного сотрудника научно-исследовательского отдела кафедры 101 (НИО-101) «Проектирование и сертификация авиационной техники» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования РФ.

**Диссертация выполнена** на кафедре 101 «Проектирование и сертификация авиационной техники» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования РФ.

**Научный консультант:** доктор технических наук, профессор **Фирсанов Валерий Васильевич**, профессор кафедры 914 «Проектирование сложных технических систем» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

**Официальные оппоненты:**

**Белов Пётр Анатольевич** – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории неклассических моделей механики композиционных материалов федерального государственного бюджетного учреждения науки Института прикладной механики Российской академии наук, г. Москва,

**Гришин Вячеслав Иванович** – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отделения статической и тепловой прочности федерального автономного учреждения «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», Московская область, г. Жуковский,

**Морозов Евгений Михайлович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Физика прочности» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
г. Москва,

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт машиноведения имени А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН)**, г. Москва, в своём положительном отзыве, подписанном доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником ИМАШ РАН Азиковым Н.С., кандидатом технических наук, научным сотрудником, учёным секретарём научно-технического совета ИМАШ РАН Скворцовым П.А., указала, что представленная к защите диссертационная работа соответствует требованиям пп. 9 – 14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, с изменениями, которые установлены Постановлением Правительства РФ от 20.03.2021 № 426, а её автор, Гавва Любовь Михайловна, заслуживает присуждения ей учёной степени доктора технических наук по специальности 05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Соискатель имеет 49 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 29 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 15 работ.

Научные публикации соискателя посвящены методам анализа статической прочности и устойчивости конструктивно-анизотропных панелей летательных аппаратов из композиционных материалов на основе уточнённой теории с учётом технологии изготовления.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах.

Наиболее значительные работы:

1. Гавва Л.М., Фирсанов В.В. Математические модели и методы расчета напряженно-деформированного состояния панелей летательных

аппаратов из композиционных материалов с учетом технологии изготовления // Известия РАН. МТТ. – 2020. - №3.- С. 122-133.

Версия: Gavva L.M., Firsanov V.V. Mathematical Models and Methods for Calculating the Stress-Strain State of Aircraft Panels from Composite Materials Taking into Account the Production Technology // Mechanics of Solids (Springer). – 2020. - № 3.- PP. 603-612

2. Бойцов Б.В., Гавва Л.М., Ендогур А.И., Фирсанов В.В. Напряженно-деформированное состояние и устойчивость конструктивно-анизотропных панелей летательных аппаратов из композиционных материалов с учетом технологии изготовления // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. – 2018. - №4. – С. 20-27  
Версия: Boitsov B.V., Gavva L.M., Endogur A.I., Firsanov V.V. Stress-Strain State and Buckling Problem of Structurally-Anisotropic Aircraft Panels Made of Composite Materials in view of Production Technology // Russian Aeronautics. – 2018. – Vol. 61. - № 4. – PP. 524-532
3. Boitsov B.V., Gavva L.M., Pugachev Y.N. The Stress-Strain State of Structurally Anisotropic Panels from Composite Materials under force and process temperature exposure // Polymer Science. Series D. – 2019. – Vol. 12. - № 1. – PP. 85-90
4. Фирсанов В.В., Гавва Л.М. Анализ краевых эффектов и основного напряжённо-деформированного состояния конструктивно-анизотропных панелей летательных аппаратов с применением композиционных материалов по уточнённой теории // Конструкции из композиционных материалов. – 2021. - № 1. – С. 3-9
5. Гавва Л.М. Экспериментальные исследования устойчивости конструктивно-анизотропных панелей с применением композиционных материалов для верификации уточненных математических моделей // Конструкции из композиционных материалов. – 2021. - № 1. – С. 10-15

6. Фирсанов В.В., Гавва Л.М. Параметрический анализ докритического напряжённо-деформированного состояния конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов // Механика композиционных материалов и конструкций. ИПРИМ РАН.– 2019. – Т. 25. – № 2. – С. 145-153
7. Фирсанов В.В., Гавва Л.М. Исследование устойчивости конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов с учетом докритического напряженного состояния // Конструкции из композиционных материалов. – 2019. - № 4 (156). – С. 17-24
8. Гавва Л.М., Лурье С.А. Метод расчета напряженно-деформированного состояния конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов с учетом технологии изготовления и граничных условий общего вида // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. – 2018. - №7. – С. 14-23
9. Бойцов Б.В., Гавва Л.М., Пугачев Ю.Н. Напряженно-деформированное состояние конструктивно-анизотропных панелей из композитных материалов, находящихся в условиях силового и технологического температурного воздействия // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2018. - №7. – С. 16-23
10. Гавва Л.М. Параметрический анализ в операционной среде MATLAB напряжённо-деформированного состояния конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов с учетом технологии изготовления // Труды МАИ. – 2017. - № 93. – С. 27
11. Фирсанов В.В., Гавва Л.М. Исследование изгибной формы потери устойчивости конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов в операционной среде MATLAB // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2017. - № 4. – С. 66-76

12. Фирсанов В.В., Гавва Л.М. Исследование в операционной среде MATLAB крутильной формы потери устойчивости конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. - № 2. – С. 226-237
13. Бойцов Б.В., Гавва Л.М. Параметрический анализ напряженно-деформированного состояния конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов. Математическая модель // Качество и жизнь. – 2017. – № 2 (14). - С. 84-89
14. Бойцов Б.В., Гавва Л.М. Параметрический анализ напряженно-деформированного состояния конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов. Решение краевых задач // Качество и жизнь. – 2017. – № 3 (15). - С. 19-24
15. Gavva L.M., Firsanov V.V., Korochkov A.N. Buckling Problem Statement and Approaches to Buckling Problem Investigation of Structurally-Anisotropic Aircraft Panels Made from Composite Materials // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 714(1), 012007 (2020)
16. Gavva L.M. New Model and Analytical Review of Approaches to Buckling Problem Investigation of Structurally-Anisotropic Aircraft Panels Made from Composite Materials // Lecture Notes in Electrical Engineering 622. – 2020. - С. 163-175
17. Gavva L.M., Firsanov V.V. Analytical Review of Account Methods and Experimental Approaches to Stress-Strain State Investigation of Structurally-Anisotropic Aircraft Panels Made from Composite Materials // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 927(1), 012067 (2020)
18. Gavva L.M. Buckling problems of structurally-anisotropic composite panels of aircraft with influence of production technology // 5th International Conference on Mechanical Structures and Smart Materials. ICMSSM

2019. Xian. China. 27 May – 28 May 2019. – Materials Science Forum. – Vol. 971 MSF/ - 2019. – PP. 45-50 (237059)

19. Gavva L.M., Endogur A.I. Statics and Buckling Problems of Aircraft Structurally-Anisotropic Composite Panels with the influence of Production Technology // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering in Aeronautics (MEA2017). – 2018. – 312 (1). - С. 012009

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы.** В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационной работы, дан краткий обзор работы, указаны степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность, новизна и значимость, а также представлено заключение о соответствии диссертации критериям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям. Все отзывы положительные.

**Отзыв на диссертацию ведущей организации – федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт машиноведения имени А.А. Благонравова Российской академии наук ИМАШ, г. Москва.**

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В общей характеристике отмечено: «Главные проекты – ближне-среднемагистральный пассажирский самолёт МС-21 и другие, где применение композиционных материалов является ключевым аспектом». Однако, разработанная автором новая обобщённая универсальная математическая модель для исследования прочности и устойчивости конструктивно-анизотропных панелей несущих поверхностей ЛА из композиционных материалов пригодна для тонкостенных конструкций. Там, где толщина обшивки существенно увеличена, необходимо принимать во внимание и вводить в уравнения касательные напряжения поперечного сдвига и нормальные напряжения обжатия нормали.

2. Автором диссертации в соответствии с темой исследования и целью диссертационной работы разработаны и усовершенствованы методы анализа статической прочности и устойчивости конструктивно-анизотропных



панелей ЛА из композиционных материалов на основе уточнённой теории с учётом технологии изготовления. Методы анализа динамической прочности конструктивно-анизотропных панелей ЛА из композиционных материалов на основе уточнённой теории представляют несомненный интерес.

3. Во введении на Рисунке 9 приведена блок-схема с наглядной демонстрацией научных школ и направлений исследований проблем прочности и устойчивости конструктивно-анизотропных панелей из ПКМ отечественных авторов. Блок-схема с наглядной демонстрацией научных школ и направлений исследований зарубежных авторов отсутствует. Представленный в первой главе детальный обзор российских и зарубежных публикаций даёт возможность оценить современное состояние вопроса, очерчивает область дальнейших научных разработок.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Белова Петра Анатольевича** – доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории неклассических моделей механики композиционных материалов федерального государственного бюджетного учреждения науки Института прикладной механики Российской академии наук ИПРИМ РАН, г. Москва.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Эффекты обжатия нормали и деформации поперечного сдвига целесообразно иметь в виду при разработке сложных математических моделей для несущих поверхностей летательных аппаратов, изготовленных из композиционных материалов.

Было бы желательно, как минимум, заменить гипотезы Кирхгоффа гипотезами Тимошенко для композиционных пластин.

2. Термин «с учетом технологии изготовления» сводится к единственной технологии – выкладке лентой с регулируемым натягом.

3. Основные технологии – автоклавное формование для высоконагруженных элементов и пропитывание для вторичных не упоминается даже вкратце.

4. При выводе разрешающего уравнения восемнадцатого порядка относительно скалярного потенциала было бы желательно представить этот оператор в виде произведения операторов второго порядка и дать трактовку физического смысла каждого из этих операторов и трактовку соответствующих обобщенных жесткостей в них.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Гришина Вячеслава Ивановича** – доктора технических наук, профессора, главного научного сотрудника отделения статической и тепловой прочности федерального автономного учреждения «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского» ЦАГИ, МО, г. Жуковский.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В рамках развития теории тонкостенных упругих стержней В.З. Власова применительно к общей контактной задаче для обшивки и ребра соискателем учтены сдвиговые деформации и напряжения при закручивании элементов продольно-поперечного набора в плоскости панели. Однако, значительный интерес представляет учёт деформаций поперечного сдвига применительно к обшивкам средней и большой толщины в зоне крепления крыла к фюзеляжу для современных образцов авиационной техники из ПКМ.

2. На стр. 7 автор пишет, что «Опыт эксплуатации ПКМ .....снижает массу конструкции на 30-50%». Однако в реальной эксплуатации влияния климата и эксплуатационных повреждений снижают эту величину до 10-15%.

3. В блок схемах метода последовательных приближений для определения критических сил при сжатии панели (рис. 28 и 29) отсутствует ошибка вычисления детерминанта, управляющая итерационным процессом.

4. Вывод автора из анализа рис. 22 на стр. 192 не соответствует содержанию рисунка. На рисунке отсутствуют размерности обозначений.

5. Сноска на стр. 254. Не понятно, почему диссертация на степень к.ф.-м. наук по специальности 01.02.04. называется зарубежным исследованием.

6. Имеется ряд описок на стр. 62, 153 158. На стр. 49, 170-172 оставлены непонятные знаки вопросов. Содержание табл.№10 повторяет содержание

табл.№1. По всему тексту работы отсутствуют точки, обозначающие окончания предложений.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Морозова Евгения Михайловича** – доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Физика прочности» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» НИЯУ МИФИ, г. Москва.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Не принято во внимание возможное наличие узлов крепления плоскостей к центроплану, которые могут составлять единое целое с лонжеронами и плоскостями.

2. Было бы желательно привести формы потери устойчивости рассмотренных панелей.

3. Используемый в тексте диссертации термин «конструктивная...» не вполне корректен со смысловой с точки зрения, на наш взгляд, следует использовать термин «конструкционная...».

**Отзыв на автореферат диссертации Сахина Валерия Ханановича** – начальника НИО прочности – заместителя главного конструктора по прочности филиала ПАО «Корпорация Иркут» «Региональные самолёты».

Отзыв положительный. Замечаний нет.

**Отзыв на автореферат диссертации Ефимова Вадима Викторовича** – доктора технических наук, доцента, профессора кафедры аэродинамики, конструкции и прочности летательных аппаратов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации».

Отзыв положительный. Имеется замечание:

Автореферат имеет излишне большой объём, который можно было бы сократить за счёт удаления материалов, не имеющих прямое отношение к теме исследования, например, фотографий на рисунках 1 и 2, повторяющихся

частей некоторых рисунков (например, на рисунках 4 и 5), перечисления всех литературных источников, рассмотренных автором.

**Отзыв на автореферат диссертации Яшутина Андрея Григорьевича** – начальника отделения – заместителя главного конструктора по прочности ПАО «Корпорация «Иркут».

Отзыв положительный. Имеется замечание:

Отсутствие рекомендаций в отношении МС-21 – инновационного самолёта с композитным крылом, где применение композиционных материалов является ключевым аспектом. При этом следует отметить имеющиеся в заключении диссертации конкретные данные по использованию основных научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе.

**Отзыв на автореферат диссертации Кондратенко Леонида Анатольевича** – доктора технических наук, старшего научного сотрудника, старшего научного сотрудника акционерного общества «Научно-производственное объединение «ЦНИИТМАШ».

Отзыв положительный. Имеется замечание:

На рисунке 11 (стр. 34) изображена схема нагружения тестовой модели из алюминиевого сплава для определения перемещений и напряжений в прямоугольных изотропных алюминиевых панелях с эксцентричным продольным набором. Полученные результаты расчётов представлены в таблице 2. В поясняющем тексте не указана марка алюминиевого сплава.

**Отзыв на автореферат диссертации Калиша Александра Георгиевича** – заместителя главного конструктора по прочности и ресурсу публичного акционерного общества «Авиационный комплекс имени С.В. Ильюшина» и **Говоруна Максима Валерьевича** – кандидата технических наук, начальника отдела публичного акционерного общества «Авиационный комплекс имени С.В. Ильюшина».

Отзыв положительный. Имеется замечание:

Материалы проведенных экспериментальных исследований, подтверждающие достоверность теоретических зависимостей, результатов, выводов и рекомендаций, приведены в автореферате недостаточно подробно.

**Отзыв на автореферат диссертации Кручинина Михаила Михайловича** – кандидата технических наук, технического руководителя КБ-4.3 «Внешние нагрузки, аэроупругость и земной резонанс» акционерного общества «Национальный центр вертолётостроения имени М.Л. Миля и Н.И. Камова».

Отзыв положительный. Имеется замечание:

Отсутствие в автореферате результатов экспериментальных исследований на сжатие до потери устойчивости подкреплённых стрингерных металлических панелей, содержащих ПКМ, которые подтверждали бы достоверность теоретических зависимостей, выводов и рекомендаций так же, как и приведенные результаты аналогичных испытаний композитных панелей.

**Отзыв на автореферат диссертации Магжанова Раиса Мухтясибовича** – заместителя генерального конструктора, руководителя научно-технического центра публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» НТЦ ПАО «РКК «Энергия», **Безмозгового Иосифа Менделевича** – кандидата технических наук, начальника отдела публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» и **Копыла Николая Ивановича** – кандидата технических наук, начальника отдела публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия».

Отзыв положительный. Имеется замечание:

В автореферате кратко, вероятно, в связи с ограниченностью объёма представлены материалы проведенных экспериментальных исследований, подтверждающие достоверность теоретических зависимостей, результатов, выводов и рекомендаций.

**Отзыв на автореферат диссертации Сажина Александра Николаевича** – кандидата технических наук, доцента, заместителя начальника 72 кафедры авиационных комплексов и конструкции летательных аппаратов Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» ВУНЦ ВВС «ВВА» и **Попова Алексея**

**Владимировича** – доктора технических наук, доцента, профессора 75 кафедры восстановления авиационной техники Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина».

Отзыв положительный. Имеется замечание.

При в целом положительной оценке выполненной автором работы по созданию универсальной теории расчёта широкого класса конструктивно-анизотропных панелей (в том числе эксцентрично подкреплённых в продольно-поперечном отношении) представляется целесообразным решение оптимизационной задачи по обоснованию конструктивного облика панелей несущих поверхностей самолёта минимальной массы с учётом имеющихся ограничений по видам, величине и повторяемости действующих нагрузок с учётом применяемой технологии их изготовления. Такая задача в работе не решена.

**Отзыв на автореферат диссертации Сафина Альберта Мирсалимовича** – кандидата технических наук, доцента, начальника 75 кафедры восстановления авиационной техники Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» и **Попова Алексея Владимировича** – доктора технических наук, доцента, профессора 75 кафедры восстановления авиационной техники Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина».

Отзыв положительный. Имеется замечание:

Новые математические модели построены в диссертации по уточнённой теории на макро-уровне слоя композиционного материала. При оценке влияния предварительного натяжения армирующих волокон на уровень остаточных температурных напряжений, возникающих при охлаждении после завершения процесса отверждения, автор не рассматривает напряжённо-деформированное состояние на микро-уровне волокна и матрицы. В автореферате не отмечено принятое допущение о натяжении волокон, в то время как препрег деформируется полностью.

**Отзыв на автореферат диссертации Халиулина Валентина Илдаровича** – доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой производства летательных аппаратов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева».

Отзыв положительный. Замечаний нет.

**Отзыв на автореферат диссертации Купреева Сергея Алексеевича** - доктора технических наук, профессора департамента механики и процессов управления инженерной академии Российского университета дружбы народов и **Алленова Дмитрия Геннадьевича** – кандидата технических наук, доцента кафедры машиностроительных технологий инженерной академии Российского университета дружбы народов.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Было бы желательно привести формы потери устойчивости рассмотренных панелей.

2. В автореферате недостаточно полно проанализированы экспериментальные исследования, подтверждающие теоретические результаты работы.

3. Из автореферата не ясно, что значит «Разработана проблема исследования напряжённо-деформированного состояния».

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** тем, что официальные оппоненты являются ведущими учёными по заявленной научной специальности, имеющими значительное количество публикаций, близких к теме диссертации, а ведущая организация имеет достижения в области эффективности применения композитных элементов в силовых конструкциях крыла самолёта, в вопросах рационального проектирования авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов, анализа корректности моделирования напряжённо-деформированного состояния и устойчивости слоистых композитных конструкций, экспериментальной механики композитов, о чём

свидетельствуют имеющиеся научные труды и публикации сотрудников ведущей организации.

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

**разработаны** и усовершенствованы методы анализа статической прочности и устойчивости конструктивно-анизотропных панелей летательных аппаратов из композиционных материалов на основе уточнённой теории с учётом технологии изготовления;

**предложена** новая обобщённая универсальная математическая модель для исследования на основе уточнённой теории статической прочности и устойчивости конструктивно-анизотропных панелей летательных аппаратов, находящихся в условиях силового и температурного воздействия, с учётом технологии изготовления;

**проведены** серии испытаний разработанных экспериментальных моделей;

**разработан** комплекс программ в операционной среде MATLAB, который используется в системе автоматизации проектирования при решении задачи проектирования изделия под заданную стоимость;

**доказана** перспективность идей, изложенных в диссертации, и исследований по проектированию композитных конструкций летательных аппаратов с учётом технологии изготовления, когда технологический процесс принимается во внимание на этапе разработки изделия;

**новые понятия и термины** не вводились.

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

**разработана** новая обобщённая универсальная математическая модель для исследования прочности и устойчивости конструктивно-анизотропных композитных панелей летательных аппаратов, находящихся в условиях силового и температурного воздействия;



**раскрыто** существенное влияние важности учёта технологического процесса на этапе разработки изделия из полимерных композиционных материалов;

**выполнено** дальнейшее развитие теории тонкостенных упругих стержней В.З. Власова применительно к общей контактной задаче для композитной обшивки и композитного ребра жёсткости с учётом деформации сдвига при закручивании;

**выполнено** обобщение комплексной системы новых уточнённых расчётных моделей для класса конструктивно-анизотропных панелей несущих поверхностей летательных аппаратов, изготовленных из композиционных, металлических и комбинированных материалов;

**проведена модернизация** приёмов исследования различных краевых бигармонических задач (вариантов метода однородных решений) в части распространения их на интегрирование дифференциального уравнения восьмого порядка при расчёте конструктивно-анизотропных панелей с реальными условиями закрепления контура в составе проектируемой конструкции;

**произведена** оценка влияния технологии изготовления на статику и устойчивость конструктивно-анизотропных панелей из полимерных композиционных материалов, выполненная в рамках решения краевых задач для дифференциального уравнения восьмого порядка в частных производных.

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

**разработан** в операционной среде MATLAB пакет прикладных программ, в котором реализован процесс компьютерной многокритериальной оптимизации с учётом технологии изготовления конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов, находящихся в условиях механического, внешнего температурного и технологического температурного воздействия;

**разработаны** алгоритмы решения на основе точных аналитических методов с минимальным временем расчёта, что представляет практический интерес для проектирования с использованием параметрического анализа;

**представлены** результаты расчётов на прочность и устойчивость с учётом технологических факторов, дающие возможность снижения и оптимизации весовых характеристик конструкции при проектировании авиационной техники;

**представлены** предложения по дальнейшему совершенствованию методов анализа статической прочности и устойчивости конструктивно-анизотропных панелей летательных аппаратов из композиционных материалов на основе уточнённой теории с учётом технологии изготовления на этапе разработки изделия.

Практическая значимость диссертации подтверждается поддержкой грантов Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FSFF-2020-0013) и КИАС РФФИ (проект № 17-08-00849/17).

#### **Результаты исследования внедрены:**

1. В ОКБ Сухого, где использованы в исследовательских и опытно-конструкторских работах по перспективным направлениям развития самолётостроения при анализе поведения композиционной панели крыла самолёта и беспилотного летательного аппарата.

2. В учебный процесс федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» при реализации основных образовательных программ высшего образования: магистратуры по направлению подготовки 24.04.04 – Авиастроение, профиль подготовки – Проектирование агрегатов из полимерных композиционных материалов; бакалавриата по направлению подготовки 15.03.03 – Прикладная механика, профиль подготовки – Динамика, прочность машин и конструкций.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**теория** построена с использованием корректного математического анализа расчётных моделей, точных аналитических решений, построенных в форме конечных выражений или бесконечных рядов, позволяющих получать результаты с любой степенью точности;

**достоверность** теоретического исследования обеспечена обоснованностью применения гипотез, полнотой расчётных моделей и корректностью математической обработки;

**выполнены** сравнения полученных теоретических результатов с результатами проведённых натуральных экспериментов, с имеющимися аналогами;

**использованы** сравнения авторских данных и результатов с другими известными решениями.

**Личный вклад соискателя состоит:** в разработке математической постановки проблемы, математических моделей, аналитических методов, подходов и алгоритмов, создании программных комплексов, многокритериальных параметрических расчётов, обработке и анализе результатов.

**В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:**

1. Не приведена статистическая оценка сходимости результатов проведенных экспериментов и результатов выполненных теоретических исследований.

2. Необходимо доказать, обеспечивает ли предложенная уточнённая математическая модель при расчёте на прочность панелей заданные запасы прочности.

3. Необходимо пояснить термин «точные аналитические решения».

Соискатель Гавва Л.М. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию:

1. Статистическая оценка сходимости полученных экспериментальных данных и результатов теоретических исследований не представляется возможной при ограниченном количестве экспериментов. Если статистическая оценка характеризуется одним числом, она называется точечной.

2. При расчёте на прочность конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов возможно снижение нормативного коэффициента безопасности при обеспечении заданного запаса прочности, так как учёт деформации сдвига в рамках теории тонкостенных упругих стержней приводит к снижению компонентов напряжённо-деформированного состояния в среднем на 17% по сравнению с «чистым» кручением.

3. Аналитические решения построены с точностью до сумм быстро сходящихся рядов при решении краевых задач в одинарных тригонометрических рядах, а также при разложении разрешающей функции в ряд по однородным собственным функциям при реализации метода однородных решений.

Соискатель указала, что все высказанные замечания будут учтены в ходе проведения дальнейших исследований.

На заседании 12 мая 2022 года диссертационный совет принял решение: за разработку методов анализа статической прочности и устойчивости конструктивно-анизотропных панелей летательных аппаратов из композиционных материалов с учётом технологии изготовления, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение, с изложением новых научно обоснованных технических и технологических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие авиационной промышленности, присудить Гавва Любови Михайловне учёную степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов 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 – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель  
диссертационного совета

Денискин Юрий Иванович

Учёный секретарь  
диссертационного совета

Денискина Антонина Робертовна

12 мая 2022 года

Начальник отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина

