

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.09

**Соискатель:** Волков Антон Николаевич

**Тема диссертации:** Моделирование и расчет сложных трехслойных конструкций с дискретным заполнителем

**Специальность:** 2.5.14. «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

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

На заседании 19 декабря 2023 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация полностью удовлетворяет пунктам 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Волкову Антону Николаевичу ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:**, д.т.н., проф. В.Н. Евдокименков, к.т.н. Д.Ю. Стрелец, д.т.н., проф. О.М. Алифанов, д.т.н. И.Г. Башкиров, д.т.н., доц. А.Г. Викулов, д.т.н. Л.М. Гавва, д.т.н., проф. В.Г. Дмитриев, д.т.н., проф. А.А. Дудченко, д.т.н., доц. В.М. Краев, д.ф.-м.н. А.Л. Медведский, д.т.н., доц. А.М. Молчанов, д.т.н., проф. А.В. Ненарокомов, д.т.н., проф. С.Г. Парафесь, д.ф.-м.н., проф. Л.Н. Рабинский, д.т.н., проф. М.В. Силуянова, д.ф.-м.н., доц. Г.В. Федотенков, д.т.н., проф. В.В. Фирсанов.

Ученый секретарь диссертационного совета

24.2.327.09, к.т.н.



Д.Ю. Стрелец

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.09**  
созданного на базе Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования «Московский  
авиационный институт (национальный исследовательский университет)»  
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации  
(МАИ)

**по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 19.12.2023 г., протокол № 25

О присуждении **Волкову Антону Николаевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Моделирование и расчет сложных трехслойных конструкций с дискретным заполнителем» по специальности 2.5.14. – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» принята к защите 13 октября 2023, протокол заседания № 20, диссертационным советом 24.2.327.09, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт), 125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4, приказ Минобрнауки России о создании совета № 1738/нк от 13.12.2022 г., приказ о внесении изменений в состав совета №1326/нк от 22.06.2023 г., приказ о внесении изменений №1986/нк от 18.10.2023 г.

**Соискатель** Волков Антон Николаевич, 01 июня 1995 года рождения.

В 2019 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», магистратура по направлению подготовки 24.04.01 – «Ракетные комплексы и космонавтика» (диплом специалиста № 107718 1127723, регистрационный номер 2019/6О-220Д от 06 июля 2019 года). В 2023 году окончил обучение в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 24.06.01 – «Авиационная и ракетно-космическая техника» (диплом об окончании аспирантуры 107733 0004149, регистрационный номер 2023/6А-470Д от 06 июля 2023 года).

В период подготовки диссертации соискатель Волков Антон Николаевич работал: в ПАО «Туполев» в должности инженера – конструктора третьей категории, инженера - конструктора второй категории; в федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт машиноведения им.

А.А. Благонравова» Российской академии наук (ИМАШ РАН) в должности инженера, младшего научного сотрудника; в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», на кафедре 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» в должности ассистента. В настоящее время работает в должности ассистента кафедры 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» МАИ.

Диссертация выполнена в МАИ на кафедре 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» Института №6 «Аэрокосмический».

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Зотов Анатолий Александрович.

**Официальные оппоненты:**

1. **Сухомлинов Лев Георгиевич** – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Комплекса прочности АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», АО «ЦНИИмаш».

2. **Азаров Андрей Валерьевич** - гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, главный научный сотрудник АО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», АО «ЦНИИСМ».

Все оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт прикладной механики Российской академии наук» в своем положительном отзыве, обсужденном на заседании научного семинара отдела механики адаптивных и композиционных материалов, подписанном главным научным сотрудником отдела механики адаптивных и композиционных материалов, доктором физико-математических наук Данилиным А.Н. и утвержденным директором ФГБУН «Институт прикладной механики РАН» доктором технических наук Власовым А.Н. указала, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор – Волков Антон Николаевич, заслуживает присуждения этой учёной степени по специальности 2.5.14. – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 12 опубликованных работ, включающих 5 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации и в отечественных изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования, 2 статьи в журналах и изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus, 2 патента на изобретения. Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

**Статьи в рецензируемых журналах перечня ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, и в отечественных изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования:**

1. Зотов А. А., Волков А.Н. Приближенный метод расчета на изгиб трехслойных панелей с дискретным наполнителем // Деформация и разрушение материалов. – 2023 – №. 7 – С. 12-16.

Личный вклад соискателя состоит: в проведении серии расчетов и сравнении результатов; в получении решения в двойных тригонометрических рядах для уравнений прогиба трехслойной пластины с наполнителем; в выполнении серии верификационных конечно-элементных расчетов.

2. Зотов А. А., Нагорнов А.Ю., Волков А.Н., Попов В.О. Анализ динамических характеристик трехслойных оболочек с дискретным наполнителем // Труды МАИ. – 2021. – №. 121. – С. 1 -22.

Личный вклад соискателя состоит: в проведении серии конечно-элементных расчетов, обработке и сравнении полученных данных.

3. Зотов А. А., Долгов О. С., Колпаков А.М., Волков А.Н., Особенности местной потери устойчивости элементов трехслойных систем с дискретной структурой наполнителя // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. – 2020. – №. 3. – С. 25-29.

Личный вклад соискателя состоит: в проведении серии конечно-элементных расчетов, направленных на определение критической нагрузки местной потери устойчивости несущего слоя; в обработке и структурировании результатов, в установлении влияния геометрических параметров типовой ячейки наполнителя на критическую нагрузку потери устойчивости.

4. Зотов А. А., Долгов О. С., Колпаков А.М., Волков А.Н. Основные аспекты технологического проектирования закрывка с управлением пограничным слоем // Вестник Московского авиационного института. – 2020. – Т. 27. – №. 1. – С. 88-99.

Личный вклад соискателя состоит: в подготовке исходных данных для проведения численного моделирования задачи и выполнении серии КЭ расчетов.

5. Зотов А. А., Волков А.Н., Бойков А. А. Проектирование и изготовление по технологии 3D-печати трехслойной сферической оболочки с дискретным наполнителем // Вестник машиностроения. – 2020. – №. 8. – С. 41-44.

Личный вклад соискателя состоит: разработке алгоритма по проектированию с использованием технологии 3D-печати трехслойной сферической оболочки с дискретным наполнителем.

**Научные статьи в научных журналах и изданиях, включенных в международную систему цитирования Scopus:**

1. Zotov A. A. Volkov A.N., Kokurov A. M. Determination of Rational Structural Parameters for Sandwich Panels with a Cone-Shaped Filler's Cells // Key Engineering Materials. – 2022. – V. 910. – PP. 826-833.

Личный вклад соискателя состоит: в выполнении серии конечно-элементных расчетов, установлении зависимости влияния геометрических параметров типовой ячейки конусообразного дискретного наполнителя на напряженно-деформированное состояние несущего слоя при воздействии нормального давления.

2. Zotov A. A. Pashkov O. A., Volkov A.N. Concept of an Active Thermal Protection System with a Three-Layer Design–Force Scheme and a Discrete Filler for a Hypersonic Aircraft // Russian Metallurgy (Metally). – 2022. – V. 2022. – №. 10. – PP. 1130-1136.

Личный вклад соискателя состоит: в подготовке исходных данных для проведения моделирования, включая создание геометрии расчетной модели, в анализе, обработке и структурировании полученных результатов.

**Изобретения и полезные модели:**

1. Зотов А.А., Волков А.Н.; Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) Многослойная конструкция с синусоидальным наполнителем. Патент № RU2797868C1, МПК6 В32В 7/00 (2006.01); Заявл. 14.07.2022 № 2022119341; Оpubл. 09.06.2023; Бюл. № 16

2. Зотов А.А., Волков А.Н.; Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) Емкость высокого давления для хранения и транспортировки взрывоопасных газов и жидкостей. Патент № RU2792316C1, МПК6 F17С 13/00 (2006.01), В65D 81/18 (2006.01); Заявл. 09.08.2022 № 2022121582; Оpubл. 21.03.2023 Бюл. № 9

**В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.**

**На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:**

**1. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт прикладной механики Российской академии наук» (ФГБУН ИПРИМ РАН),** ведущая организация. **Отзыв положительный.** Подписан главным научным сотрудником отдела механики адаптивных и композиционных материалов, доктором физико-математических наук Данилиным А.Н. и утвержден директором ФГБУН «Институт прикладной механики РАН» доктором технических наук Власовым А.Н.

К работе имеются следующие замечания:

- В Главе 3 не вполне адекватно записано выражение для приведенного модуля упругости в трансверсальном направлении, при этом отсутствует описание соответствующих конечно-элементных моделей. В каждом случае следовало, как минимум, указать, рассматривается ли пластина, набор пластин или несущие пластины и приведенный объемный элемент.

- В п. 3.3 Главы 3 сравнение результатов, полученных на базе различных моделей пластины, с результатами численного решения задачи на базе конечно-элементной модели отсутствует краткое описание моделей, разрешающие уравнения и краевые условия хотя бы в общем виде, что не позволяет построить оценки области применимости каждой из них; приведены только ссылки на литературные источники. Следует заметить, что, например, описание модели А. Lebee и К. Sab (источник [47]), отсутствует и в обзорной главе диссертационной работы. Излишне лаконичное описание затрудняет оценку класса задач, в котором авторский метод обеспечивает преимущество перед иными методами.

- Не рассмотрено соединение конусообразного заполнителя и несущих слоев, тогда как характер соединения может влиять на приведенные характеристики пластины.

- Отсутствует сквозная нумерация формул, что усложняет чтение работы. Кроме того, в тексте диссертации имеется ряд опечаток

**2. Сухомлинов Лев Георгиевич,** официальный оппонент, доктор технических наук. **Отзыв положительный,** заверен главным ученым секретарем АО «ЦНИИмаш» Ключниковой В.Ю.

К работе имеются следующие замечания:

- В тексте диссертации имеется ряд описок и опечаток (например, на стр. 14,17,31,71,121 и др., в ссылке на публикацию №62), на что было указано автору.

- Следовало бы в тексте диссертации дать более подробное описание конечно-элементных моделей, используемых для подтверждения получаемых расчетных значений.

- В экспериментальных исследованиях получено расхождение результатов до 23% по сравнению с расчетными величинами максимальных

прогибов трехслойной панели с шарнирным опиранием, но в сопутствующем тексте не приводятся пояснения возможных причин получаемых отклонений.

- В диссертации подробно не рассмотрено — соединение конусообразного заполнителя и несущих слоев. Желательно провести дополнительные исследования, что позволило бы дополнить практическую значимость работы.

**3. Азаров Андрей Валерьевич**, официальный оппонент, доктор технических наук. **Отзыв положительный**, заверен секретарем НТС АО «ЦНИИСМ» Красновой Г.В.

К работе имеются следующие замечания:

- В разделе 3.3 рассмотрено определение переменной цилиндрической жесткости заполнителя, хотя ранее в разделе 2.2 автор указывает на нерациональность подхода к расчету пластины с применением уравнений изгиба пластин переменной жесткости, так как это приводит к значительным вычислительным трудностям и не позволяет учесть эффекты поперечного сдвига.

- В работе имеется ряд неточностей и редакционных недостатков, из-за чего ее достаточно сложно читать, в частности:

1. В разделе 2.1 при описании геометрических параметров заполнителя был бы уместен рисунок.
2. В разделе 2.1.5 указано, что в таблице 2.5 приведены результаты для различного радиуса кривизны пластины  $R$ , но фактически представлены данные в зависимости от кривизны  $k$  — обратной к  $R$  величины.
3. В разделе 3.2.1 имеется ссылка на подраздел второй главы «Приближенный метод», однако такого раздела в второй главе нет и здесь имеется в виду раздел 3.2.1, посвященный определению приведенной толщины пластины.
4. В разделе 3.3 при сравнении результатов расчета при помощи различных методов отсутствуют ссылки на разделы в работе, где описаны данные методы, или на формулы, согласно которым проводились расчеты. Имеются только ссылки на источники в списке литературы, но для результата с номером 2, соответствующего методу Григолюка-Чулкова, указана ссылка [47], хотя этот метод описан не в этой работе, а в [96].

- В ходе проведенных испытаний пластин определялись только жесткостные характеристики, а вопросы несущей способности остались незатронутыми. В частности, не проводилось экспериментальное исследование поведения пластины при характерных для дискретного заполнителя формах разрушения, таких как местная потеря устойчивости и отрыв заполнителя от обшивки.

**4. ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», отзыв на автореферат. Отзыв положительный,** подписан доцентом кафедры «Прикладная механика», кандидатом технических наук Малининым Г.В., утвержден начальником управления кадров Назаровой О.В.

К работе имеются следующие замечания: не рассмотрены другие виды закрепления пластины: жесткое, скользящая заделка, комбинированное; не исследовано локальное нагружение полученной ортотропной пластины сосредоточенными силами и моментами; не учтены упругопластические свойства материала.

**5. АО «Корпорация «Московский институт теплотехники» (МИТ), отзыв на автореферат. Отзыв положительный,** подписан ведущим научным сотрудником, кандидатом технических наук Недбай А.Я., заместителем начальника отделения, кандидатом технических наук Волковым Е.Н., заместителем генерального конструктора, кандидатом технических наук Петрусовым В.И., утверждён первым заместителем генерального директора и генерального конструктора Дорофеевым А.А.

К работе имеются замечания:

1. При верификации предложенного метода расчета путем сравнения с результатами расчета по методикам других авторов не дана цифровая невязка их расхождения и не сделаны выводы по влиянию размеров ячейки заполнителя на напряженно-деформированное состояние исследуемой модели.
2. Не показано весовое совершенство трехслойных конструкций с дискретным заполнителем по сравнению с конструкциями, изготовленными с другими типами заполнителя при одинаковых случаях нагружения.

**6. АО «УЗГА», отзыв на автореферат. Отзыв положительный,** подписан главным специалистом по прочности Позвонковым Д.В., начальником отдела статической прочности, кандидатом технических наук Кравченко Е.Е., утверждён директором дивизиона пилотируемой авиации – генеральным конструктором – заместителем генерального директора Мининым О.П.

По работе сделаны следующие замечания: кроме определения жёсткостных характеристик конусообразного заполнителя является актуальным численное определение приведённых прочностных характеристик при растяжении, сжатии и сдвиге. Эксперимент на сжатие можно было использовать не только для сравнения эквивалентного модуля упругости, но и прочности заполнителя.



**7. ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации», отзыв на автореферат. Отзыв положительный,** подписан доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры аэродинамики, конструкции и прочности летательных аппаратов Ефимовым В.В., заверен начальником отдела по работе с персоналом Васиной Г.Ф.

К работе имеется замечание: в автореферате в таблице 1 и далее в формулах не раскрыты обозначения, что затрудняет понимание материала.

**8. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» Российской академии наук, отзыв на автореферат. Отзыв положительный,** подписан ведущим научным сотрудником лаборатории механики разрушения и живучести Одинцевым И.Н., заверен заместителем начальника отдела кадров Демидовой С.И.

К работе имеется замечание, что исследованию стоило бы более подробно рассмотреть закритическое поведение трехслойной пластины с дискретным наполнителем при потере устойчивости.

**9. ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», отзыв на автореферат. Отзыв положительный,** подписан директором Научного центра неразрушающего контроля ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», доктором технических наук Смотровой С.А., заверен заместителем генерального директора по производству Манегиным С.Ю.

К работе имеются замечания, связанные с отсутствием доказательств, что сдвиговая прочность предлагаемых автором слоистых конструкций имеет более высокое значение по сравнению с аналогичными трёхслойными конструкциями, содержащими наполнитель другой формы.

**10. ПАО ОАК «ОКБ им. А.И. Микояна», отзыв на автореферат. Отзыв положительный,** подписан начальником отдела аэроупругости, кандидатом технических наук Дубовицким Е.И., начальником отдела прочности кандидатом технических наук Макаровым В.А., утвержден заместителем Управляющего директора ОКБ ОТА – Директором ОКБ им. А.И. Микояна – Главным конструктором ОКБ Недосекиным А.О.

К работе имеются следующие замечания:

- В главе 2 автореферата не приведено описание КЭМ, используемой для расчета трехслойной панели.

На рис. 8 не приведена расшифровка легенды, что затрудняет сравнение экспериментальных данных с результатами расчетов.

**11. ФАУ «ЦАГИ» отзыв на автореферат. Отзыв положительный,** подписан научным сотрудником отделения «Статическая и тепловая прочность

ЛА» Балуновым К.А., заместителем начальника отделения «Статическая и тепловая прочность ЛА», кандидатом технических наук Лимониным М.В., утвержден заместителем Генерального директора ФАУ «ЦАГИ» Зиченковым М.С.

К работе имеются следующие замечания:

- Не приведены ссылки на публикации зарубежных исследователей, например, на «Справочник по сэндвич-конструкциям» под редакцией Дена Зенкерта.
- Известно, что трехслойные конструкции в процессе эксплуатации подвергаются, в том числе сдвиговым нагрузкам, однако эти случаи пока не рассмотрены автором.

**12. ФАУ «Сибирский научно-исследовательский институт авиации им. С. А. Чаплыгина» (СибНИА) отзыв на автореферат. Отзыв положительный,** подписан заместителем начальника отделения усталостной и статической прочности, доктором технических наук, старшим научным сотрудником Железновым Л.П.

К работе имеются следующие замечания:

- В приведенных материалах автореферата зачастую не даются определения соответствующих параметров в таблицах и на рисунках.
- Экспериментальное определение модуля Юнга ( $E_{33}$ ) получены из линейных соображений, в то время как задача пластическая.
- Практически отсутствуют материалы по расчету местной потери устойчивости несущих слоев трехслойных панелей.
- Автор не затрагивает вопросов общей потери устойчивости таких панелей.

**13. АО «Туполев» отзыв на автореферат. Отзыв положительный,** подписан начальником бригады проектно-конструкторского центра «Прочность», кандидатом технических наук Абдуллиным М.Р., заверен ИО начальника отдела кадрового учета Дубовой А.С.

К работе имеются следующие замечания:

- В автореферате не представлено подробное описание расчётной модели, которая применялась при выполнении верификационного расчета в Главе 3.
- Не приведено обоснование выбора точечного нагружения образца при проведении испытаний в четвертой главе диссертации.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью, имеющимся у них большим опытом проведения расчетов и

исследований в области прочности композитных конструкций и конструкций с легкими заполнителями, в том числе, в области соответствующей паспорту специальности 2.5.14. – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

**ФГБУН ИПРИМ РАН** - ведущий институт Российской академии наук, в котором проводятся исследования механики структурированных и гетерогенных сред, механики конструкций из композиционных материалов. Заключение по диссертационной работе обсуждено и подписано учеными, которые непосредственно занимаются проблемами в области механики конструкций из композиционных материалов.

**Сухомлинов Лев Георгиевич** – ведущий специалист в области прочности композитных конструкций ракетной и космической техники, обладает значительным количеством трудов в данной сфере.

**Азаров Андрей Валерьевич** – специалист в области расчета и оптимизации интегральных сетчатых композитных конструкций, что также подтверждается многочисленными публикациями

**Диссертационный совет** отмечает, что диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, на основании выполненных соискателем исследований разработаны аналитические и численные методы моделирования и расчета сложных трехслойных конструкций с конусообразным дискретным заполнителем.

**Новизна полученных результатов заключается в том, что:**

- Предложены методы анализа напряженно-деформированного состояния при изгибе трехслойных панелей, не исследованных ранее, с оригинальным дискретным заполнителем конусообразной формы.

- Разработаны модифицированные математические модели на основе теорий Григолюка-Чулкова и Миндлина-Рейснера в континуальной постановке для исследования напряженно-деформированного состояния и расчёта на прочность сложных трехслойных конструкций с конусообразным дискретным заполнителем. К особенностям расчёта относятся: учёт деформаций поперечного сдвига заполнителя, связь между поперечным сдвигом заполнителя и распределением напряжений в несущих слоях.

- Впервые разработаны методы определения приведенных или эквивалентных упругих характеристик и геометрических параметров трехслойной конструкции с дискретным конусообразным заполнителем. Рассмотрены особенности представления ячеистого заполнителя как математической функции.

- Построено новое аналитическое выражение для функции

цилиндрической жесткости конусообразного дискретного заполнителя.

- Обоснованы допустимые граничные геометрические параметры типовой ячейки трехслойной конструкции с дискретным заполнителем конусообразной формы.

- Установлены особенности и предложены методы расчета местной потери устойчивости несущих слоев трехслойной конструкции с учетом конусообразной формы дискретного заполнителя.

- Представлены результаты сравнительного анализа подходов, в том числе – конечно-элементного, к моделированию сложных трехслойных конструкций с конусообразным дискретным заполнителем.

- Предложена и реализована методика эксперимента со специальной оснасткой для верификации моделирования и расчета сложных трехслойных конструкций с конусообразным дискретным заполнителем.

**Теоретическая значимость диссертации** заключается:

- в разработке математического аппарата для исследования напряжённо-деформированного состояния и расчёта на прочность сложных трехслойных конструкций с конусообразным дискретным заполнителем;

- в разработке и реализации метода прогнозирования приведенных упругих свойств конусообразного дискретного заполнителя на основе физических параметров исходного материала и геометрии типовой ячейки,

- в моделировании и уточнённом расчете ранее не рассматривавшихся сложных трехслойных конструкций с дискретным конусообразным заполнителем.

**Практическая значимость диссертации**

Изложенные в работе методы позволяют эффективно учитывать конусообразную структуру заполнителя при определении эквивалентных упругих свойств и цилиндрической жёсткости, необходимых для анализа напряжённо - деформированного состояния трёхслойной конструкции, расчета панелей на прочность и местную потерю устойчивости несущих слоев.

Сложные трёхслойные панели с дискретным заполнителем конусообразной формы предполагается внедрить в конструкции перспективных летательных аппаратов в среднесрочной перспективе. Результаты диссертационной работы на основе решения задачи моделирования и расчёта панелей с учётом конусообразной структуры дискретного заполнителя необходимы при проектировании современных образцов авиационной техники.

Тема, цель, задачи, новые научные результаты диссертации отвечают интересам авиационной промышленности.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что разработаны и внедрены в учебный процесс МАИ образовательные технологии (получен акт внедрения в учебный процесс

МАИ), по результатам исследования зарегистрировано 2 патента («Многослойная конструкция с синусоидальным наполнителем», «Емкость высокого давления для хранения и транспортировки взрывоопасных газов и жидкостей»).

**Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию** в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, связанных с исследованием, расчетом на прочность и проектированием конструкций, содержащих дискретный наполнитель конусообразной формы.

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила согласованность результатов теоретических исследований диссертационной работы с результатами, полученными автором экспериментально.

**Личный вклад автора состоит** в непосредственной реализации всех этапов исследовательского процесса, состоит в формировании метода определения приведенных упругих характеристик наполнителя, а также приведенных геометрических и упругих параметров трехслойной конструкции с конусообразным дискретным наполнителем; определении допустимых геометрических параметров конусообразного дискретного наполнителя; в получении, обработке теоретических и экспериментальных результатов диссертационной работы.

**В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний**, которые ставили бы под сомнение обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизну.

**В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник.** Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 19 декабря 2023 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и принял решение за **новые научно-обоснованные технические решения**, имеющие существенное значение для развития авиационной отрасли страны в части моделирования и расчета сложных трехслойных конструкций с дискретным наполнителем, присудить Волкову Антону Николаевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.5.14. – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 22

человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17 против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя  
диссертационного совета  
24.2.327.09, д.т.н., профессор  
Евдокименков Вениамин Николаевич



Ученый секретарь диссертационного совета  
24.2.327.09, к.т.н.  
Стрелец Дмитрий Юрьевич



«19» декабря 2023 г.

Начальник отдела УДС МАИ

Т.А.

