

ОТЗЫВ

**официального оппонента о диссертационной работе
Котовича Ильи Всеволодовича
на тему «Метод расчета напряженно-деформированного состояния
трёхслойных панелей с нерегулярной сотовой структурой для
обеспечения прочности несущих поверхностей объектов авиационной
техники»
представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 2.5.14
«Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»**

Актуальность темы исследования. Работа посвящена актуальной цели – разработке, отработке, оцифровке и автоматизации методов расчета напряженно-деформированного состояния сотовых панелей, а также экспериментального подтверждения полученных результатов. Подобные панели очень распространены в авиации, поскольку позволяют сэкономить массу и увеличить грузоподъемность летательного аппарата. Одна из основных особенностей работы заключается в том, что проводится расчет не только панелей с равномерным сотовым заполнителем, но и панелей, с так называемым градиентными сотами, изменяющими свой размер в зависимости от условий нагружения. Работа носит ярко выраженный поисковый характер, поскольку в мировой практике градиентные сотовые заполнители для летательных аппаратов встречаются редко, что связано с гораздо более сложной, чем для равномерных структур технологией производства, но об этом в работе не говорится. Таким образом, тема работы является оригинальной, актуальной, своевременной и научно обоснованной.

Научная новизна.

Как было сказано выше, новизна работы в большей степени связана с тем, что автор исследует градиентные, нерегулярные сотовые заполнители. Для работы с ними потребовалось модифицировать имеющиеся расчетные методы, разработать численно-аналитическую методику расчёта НДС и создать программный комплекс для анализа панелей с произвольной конфигурацией ячеек.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в возможности с помощью созданной программы на ранних стадиях

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«8» 12 2025 г.

проектирования проводить экспресс-оценку НДС трёхслойных панелей с градиентной структурой не задействуя «тяжелые» конечно-элементные программные комплексы. Элементы разработанной программы могут быть интегрированы в CAD/CAE-системы.

Достоверность научных положений и выводов диссертационной работы подтверждается тем, что предлагаемая автором методика прошла всестороннюю верификацию: её результаты сопоставлялись с экспериментами и с численными решениями, выполненными методом конечных элементов. Основные положения диссертации обсуждались на международных и всероссийских научных конференциях и семинарах, а ключевые результаты опубликованы в рецензируемых научных журналах.

Характеристика основного содержания диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы (180 наименований), содержит 228 страниц, 169 рисунков и 23 таблицы.

Глава 1 посвящена весьма подробной классификации слоистых панелей и заполнителей, также в ней приведен очень оригинальный обзор современного состояния исследований в области трёхслойных конструкций, с акцентом на сотовые заполнители. Показаны эффекты, достигаемые за счет применения сотовых панелей. Определено место исследования автора: в цитируемых работах исследуются панели с сотовым заполнителем с регулярной структурой, автор же учитывает градиентные жёсткостные характеристики заполнителя.

Во второй Главе показана аналитико-численная модель, основанная на теории Рейсснера и методе малых возмущений. Особое внимание уделено корректному определению эффективных характеристик сотового заполнителя с переменной геометрией ячеек. Модель реализована в виде итерационного алгоритма, позволяющего учитывать неоднородность структуры и обеспечивать совместимость с классическими граничными условиями.

В Главе 3 продемонстрировано хорошее совпадение результатов расчета по авторской методике с результатами конечно-элементного моделирования, а также результатами экспериментальных исследований, что доказывает работоспособность разработанной автором методики и программы.

В Главе 4 описана практическая реализация разработанных подходов. Приведены результаты испытаний панелей из титанового

сплава и полимерных материалов с различными типами обшивок. Показано, что использование нерегулярной структуры позволяет снизить массу конструкции при сохранении несущей способности. Также продемонстрирована возможность оптимизации структуры по критерию равнопрочности, что свидетельствует о высокой инженерной ценности полученных решений.

Замечания по диссертационной работе.

1. В работе рассматриваются только шестигранные ячейки, но соты в заполнителе могут быть и какой угодно другой формы. Что измениться в предлагаемом автором подходе, если ячейки будут другой формы?

2. Показанные в главе 4 образцы для испытаний слабо напоминают панели, это, скорее, балки. Автор никак не заостряет внимания на этом моменте. Предложенный метод расчета годится и для балок?

3. В тексте диссертации встречаются фразы сложные для понимания. Есть орфографические, стилистические и смысловые ошибки и неточности. Путается нумерация. В соседних пунктах одна и та же буква обозначает разные параметры и наоборот одни и те же величины обозначаются разными буквами.

Замечания не носят принципиального характера и не снижают научной ценности диссертации.

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 2.5.14 «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов», в частности пункту 2: «Обеспечение прочности объектов авиационной, ракетной и космической техники на основе современных аналитических и численных методов...». Представленные результаты непосредственно направлены на решение задач прочности несущих элементов, изготавливаемых как традиционными методами, так и аддитивными технологиями.

Автореферат в полной мере отражает основные положения диссертации, содержит корректное изложение целей, задач, методов и выводов. Все утверждения, сделанные в автореферате, подтверждены в основном тексте диссертации.

Таким образом, диссертационная работа Котовича И.В. на тему «Метод расчета напряженно-деформированного состояния трёхслойных панелей с нерегулярной сотовой структурой для обеспечения прочности несущих поверхностей объектов авиационной техники» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую

требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Котович И.В., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Официальный оппонент

Кандидат технических наук (01.02.06),
старший научный сотрудник,
исполняющий обязанности заведующего лабораторией
безопасности и прочности композитных конструкций

18.11.2025

дата

Н.А. Татусь
подпись

Николай Алексеевич Татусь

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской Академии наук

101000, г. Москва, Малый Харитоньевский пер., д. 4

e-mail: nikalet@mail.ru

Тел.: +7(926) 591-03-61

Адрес официального сайта организации в сети «Интернет»:
<http://imash.ru/>

Адрес электронной почты организации: info@imash.ru

Телефон: 8 (495) 628-87-30

Личную подпись Татуса Н.А. заверяю,

д.т.н., И.О. директора ИМАШ РАН



А.В. Рагуткин

С отзывом ознакомлен *08.12.2025г.*
Котович И.В.