



ФИЛИАЛ ПУБЛИЧНОГО
АКЦИОНЕРНОГО
ОБЩЕСТВА «ОБЪЕДИНЕННАЯ
АВИАСТРОИТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ»

—
ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКАЯ
АВИАЦИЯ
(Филиал ПАО «ОАК» – ОТА)

Опытно-конструкторское бюро Сухого
(ОКБ Сухого)

Поликарпова ул., д. 23 А, Москва, 125284
тел.: (495) 221-18-21, (495) 780 24 90
факс: (495) 945 68 06
e-mail: info@su.uacrussia.ru

ОГРН 1067759884598, ОКПО 98253307,
ИНН 7708619320, КПП 771443002

19.12.2025 № 08-358-25

На _____ от _____

Ученому _____ секретарю
диссертационного совета 24.2.327.09,
К.Т.Н., доц.

Стрельцу Д.Ю.

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д. 4.
Учёный совет МАИ

О Т З Ы В

на автореферат диссертационной работы
Котовича Ильи Всеволодовича

«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

Диссертационная работа И. В. Котовича выполнена в условиях острого запроса со стороны современного авиационного машиностроения на повышение массозэффективности конструкций планера без снижения их прочностных и жёсткостных характеристик. В условиях интенсивного развития беспилотных летательных аппаратов, а также стремления к снижению удельного расхода топлива и увеличению полезной нагрузки, вопросы рационального проектирования лёгких и прочных сэндвич-структур приобретают стратегическое значение.

Тема диссертации полностью соответствует паспорту специальности 2.5.14, поскольку направлена на обеспечение прочности несущих поверхностей летательных аппаратов путём разработки нового инженерного метода расчёта напряжённо-деформированного состояния (НДС) трёхслойных панелей с учётом реальной, нерегулярной структуры сотового заполнителя.

Актуальность темы не вызывает сомнений. Автор корректно обозначает проблему: традиционные методы расчёта сэндвич-панелей

И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ
22.12.2025 г.

опираются на предположение о регулярной, однородной структуре заполнителя, что вступает в противоречие с реальными условиями эксплуатации и возможностями современных аддитивных технологий, позволяющих проектировать градиентные, нерегулярные структуры. Такой подход открывает возможности снижения массы конструкции на 15–30 % при сохранении прочности — показатель, критически важный для изделий, разрабатываемых в аэрокосмической отрасли.

Научная значимость работы заключается в строгой математической постановке задачи НДС панели с переменными по координате жёсткостными характеристиками заполнителя и в применении метода малых возмущений в сочетании с двойными рядами Фурье — что позволило получить аналитически обоснованное, вычислительно эффективное решение. Практическая ценность подтверждена как верификацией методики с использованием конечно-элементного анализа, так и натурными испытаниями, в ходе которых достигнуто отличное совпадение экспериментальных и расчётных данных по прогибам и критическим касательным напряжениям в заполнителе.

Особое внимание заслуживает разработанный автором итерационный алгоритм определения рациональной геометрии ячеек, ориентированный на выравнивание коэффициента запаса прочности по срезам стенок соты. Такой подход напрямую соответствует требованиям современной философии проектирования по принципу «равнопрочности» и может быть эффективно внедрён на ранних стадиях конструирования в CAD/CAE-системы, используемые в нашем бюро.

Автореферат отличается чёткой логической структурой: от постановки проблемы и систематизации существующих подходов — к формулировке цели и задач, далее к описанию предложенной модели, её верификации и практической реализации. Все разделы органично связаны между собой и направлены на достижение единой цели — создания инженерно-применимой методики расчёта.

Текст оформлен в строгом соответствии с требованиями научного стиля: изложение лаконичное, технически точное, свободное от излишней риторики, сложных речевых оборотов или терминологических неточностей. Математический аппарат представлен последовательно и корректно, без нарушения логики выводов. Особенно отмечу грамотное использование классических теорий (Тимошенко–Рейсснера) в сочетании с современными вычислительными подходами — это свидетельствует о высоком уровне теоретической подготовки автора.

Научная новизна работы аргументирована и выражена в трёх ключевых положениях, выносимых на защиту, и соответствуют критериям научной новизны и отраслевой значимости:

Первое положение решает фундаментальную проблему учёта пространственной неоднородности свойств сотового заполнителя, ранее не решённую в рамках инженерных методик. Второе положение имеет прямое прикладное значение: снижение времени расчёта позволяет использовать метод на ранних этапах проектирования, включая итерационную оптимизацию. Третье положение — программная реализация —

представляет собой законченный инструмент, готовый к интеграции в инженерные процессы.

Все три положения научно обоснованы, подтверждены сравнительным анализом с конечно-элементными моделями и результатами натурных испытаний. Достоверность достигнута за счёт:

- строгого соответствия фундаментальным законам механики деформируемого твёрдого тела;
- многократной верификации: МКЭ → натурный эксперимент → аналитический метод;
- использования сертифицированных материалов и методик;
- применения современных измерительных технологий.

Разница между расчётными и экспериментальными значениями максимальных прогибов не превышает 2–3 %, что подтверждает высокую адекватность модели и пригодность её для инженерного использования.

И.В. Котович демонстрирует высокий уровень публикационной активности, что свидетельствует о зрелости полученных результатов. Им опубликовано 4 научные статьи в изданиях, индексируемых Scopus, а также входящих в Перечень ВАК РФ. Также представлены материалы докладов на ведущих международных и всероссийских конференциях, что подтверждает интерес научного сообщества к теме. Кроме того, зарегистрирована программа для ЭВМ (свидетельство № 2025688357), что подчёркивает практическую направленность работы.

Представленные рекомендации по проектированию градиентных сотовых панелей из титановых сплавов и полимерных композитов имеют прямую применимость, особенно в разработке элементов планера БПЛА и перспективных пилотируемых ЛА.

Диссертационная работа И.В. Котовича представляет собой законченное, достаточно проработанное исследование, сочетающее фундаментальную теоретическую базу с высокой практической ориентацией. Работа выполнена на современном научном уровне, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и вносит существенный вклад в развитие методов расчёта и проектирования лёгких трехслойных конструкций.

Вместе с тем, анализ материала, представленного в автореферате, вызывает следующие вопросы:

- из текста автореферата не ясно, учтено ли в модели влияние клеевого соединения между наполнителем и несущими слоями панели на напряженно-деформированное состояние.
- в автореферате упомянуто использование «метода малых возмущений», но не раскрыта его область применимости (например, ограничение $\varepsilon \ll 1$, т.е. слабая неоднородность). Это создаёт впечатление, что метод может быть применён к произвольно выраженным нерегулярностям, что противоречит самой сути асимптотического подхода. Рекомендуется внести уточнение о границах применимости метода.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и могут быть учтены автором при проведении дальнейших исследований.

Результаты работы актуальны для авиационной промышленности, особенно в контексте освоения аддитивных технологий и перехода к «умным» структурам с адаптивной геометрией. Автореферат составлен грамотно, логично, без нарушения научного стиля и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявленным к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор Котович Илья Всеволодович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 - «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Согласны на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Котовича И.В. и на их дальнейшую обработку.

Главный конструктор по прочности

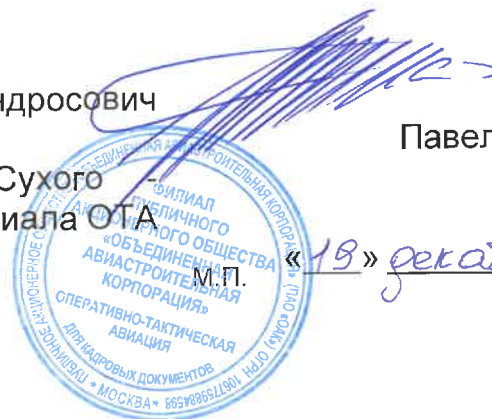
Александр
Васильевич
Шкода

Ведущий конструктор отд. 8,
кандидат технических наук

Ирина Вячеславовна
Андросович

Подписи А.В. Шкоды, И.В. Андросович
удостоверяю
Заместитель директора ОКБ Сухого
директор по организации труда филиала ОТА

Павел Юрьевич
Шепелев



«19» декабря 2025 г.

Исп.: Андросович Ирина Вячеславовна
тел.: (499) 5500106 (до. 58-43)