

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФГБУН Института прикладной
механики Российской академии наук,
д.т.н. Власов Александр Николаевич



17 ноября 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБУН «Институт прикладной механики Российской академии наук» (ИПРИМ РАН) на диссертацию **Прокудина** Олега Александровича на тему «Расчетно-экспериментальный метод исследования деформирования многослойных металлополимерных композитов с учетом эффектов межслоевого сдвига», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **01.02.06** – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

Диссертационная работа **Прокудина** Олега Александровича посвящена изучению деформирования многослойных металлополимерных композиционных материалов с целью создания новых расчетных и экспериментальных методов исследования сложных по структуре композиционных материалов.

Исследуемый в настоящей диссертационной работе многослойный композиционный материал, называемый в зарубежных публикациях GLARE, имеет отечественный аналог – СИАЛ. Это слоистый материал, структура которого представляет собой повторно чередующиеся тонкие слои (порядка 0,3 мм) листового алюминиевого сплава и стеклопластика, армированного однонаправленным высокомодульным волокном. Материал GLARE нашел применение в нескольких конструктивно важных компонентах пассажирского самолета Airbus A-380. К ним относятся: обшивки верхней части фюзеляжа, стыковые лямки фюзеляжа, передние кромки горизонтальных и вертикальных стабилизаторов, панели пола и противопожарные перегородки. Высокие параметры усталостной прочности, стойкости к ударным воздействиям, огнестойкости и

Отдел документационного
обеспечения МАИ

23 11 2021 г.

трещиностойкости – это лишь некоторые достоинства этого материала. В настоящее время достаточно хорошо изучены механические характеристики тонких (около 2 мм) структур GLARE. Тем не менее, для дальнейшего развития применения материалов этого типа, в особенности в элементах конструкций, работающих в условиях воздействия значительных нагрузок, становится актуальной проблема исследования как механических, так и динамических свойств пакета, гораздо большей толщины. Исходя из этого, приведенные в настоящей диссертационной работе расчетно-экспериментальные методы исследования деформирования многослойных GLARE (порядка 5,5 мм), а также определение динамических характеристик трехслойных балок с несущими слоями из GLARE, являются **актуальными** и обладают **практической значимостью**.

Целями диссертационного исследования являются:

- определение механических и динамических характеристик пятислойного алюмокомпозита;
- исследование деформирования семнадцатислойного алюмокомпозита, включающего: определение упругих свойств материала, изучение механизмов разрушения в зависимости от удлинения балочных образцов прямоугольного поперечного сечения, оценку значения межслоевой прочности с учетом деформаций межслоевого сдвига;
- анализ распределения интенсивности сдвиговых деформаций по толщине образцов с использованием метода корреляции цифровых изображений;
- определение динамических характеристик трехслойных балок с внешними слоями и алюмокомпозита.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- исследовано деформирование толстых образцов алюмокомпозита структурой 9/8, актуальной для применения материала в силовых конструкциях летательных аппаратов
- оценен и уточнен, по сравнению с работами других авторов, диапазон удлинения образцов, при котором реализуется чистое

межслоевое разрушение, за счет выбора толщины структуры алюмопестклопластика;

– впервые применен метод корреляции цифровых изображений для исследования распределения интенсивности межслоевых деформаций по толщине образца;

– получены значения собственных частот и коэффициентов демпфирования трехслойных сэндвич-балок с несущими слоями из алюмопестклопластика.

Достоверность полученных в работе результатов определяется применением строгих математических методов механики композиционных материалов, теории дифференциальных уравнений. Численное моделирование проведено с использованием известного и верифицированного программного комплекса Comsol Multiphysics. Аналитические и численные решения показали хорошую согласованность с экспериментальными результатами.

Практическая значимость. Разработанные в диссертационной работе расчетно-экспериментальные методы исследования деформированного состояния многослойных металлополимерных композитов актуальны и практически востребованы в практике проектирования элементов авиационной и иной техники.

Апробация результатов работы проведена в процессе участия на российских и международных конференциях:

1. Прокудин О.А., Добрянский В.Н. Исследование межслоевой прочности композиционных материалов на основе алюмопестклопластика. Материалы международной молодежной научной конференции «XLV Гагаринские чтения» Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского (ИПМех РАН), 17 апреля 2019 г. С. 971

2. Прокудин О.А., Бабайцев А.В. Определение характеристик межслоевой жесткости и прочности образцов алюмопестклопластика в испытаниях на изгиб. Материалы всероссийской научной конференции с международным участием «Механика композиционных материалов и

конструкций, сложных и гетерогенных сред» им. И.Ф. Образцова и Ю.Г. Яновского, посвященная 30-летию ИПРИМ РАН, 20 ноября 201г. С. 76.

3. Прокудин О.А., Соляев Ю.О., Добрянский В.Н. Определение межслоевых характеристик жесткости и прочности алюмокомпозитов. Материалы XXVI международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» имени А. Г. Горшкова. Вятчи, 16-20 марта 2020 г, том 1. С. 188-189

4. Прокудин О.А., Соляев Ю.О., Бабайцев А.В. Исследование эффектов межслоевого сдвига в металлополимерных композитах методом корреляции цифровых изображений. Материалы международной конференции «Космические системы». 27 апреля 2021 года. Москва. Тезисы. – М.: Издательство «Перо», 2021. С. 50.

5. Прокудин О.А., Соляев Ю.О., Рабинский Л.Н. Чан Куэт Тханг. Динамические испытания сэндвич балок с несущими слоями из СИАЛ. Материалы XXVII международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» имени А. Г. Горшкова. Вятчи, 17-21 мая 2021 г, том 1. С. 190

6. Solyaev, Yury; Prokudin, Oleg; Babaytsev, Arseniy. On the interlaminar shear deformations in the thick GLARE laminates. 24th International Conference on Composite Structures. Faculty of Engineering, University of Porto, Portugal, 14-16 June 2021, Pg 106.

Результаты настоящего диссертационного исследования отражены также в 4 публикациях, в том числе, в 3 публикациях, включенных в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК РФ и 1 публикации в журнале, индексируемом Scopus.

Структура работы

Диссертация содержит 128 страниц основного текста, включающего в себя введение, 4 главы, содержащие основные результаты исследования, заключение, список используемых сокращений и обозначений, нормативные ссылки и список литературы, состоящий из 93 ссылок.

Во введении обсуждается вопрос актуальности темы исследования, кратко приводится структура диссертации, ставятся цели и задачи исследования, формулируются положения, выносимые на защиту,

оценивается личный вклад соискателя, делается акцент на научной новизне работы, обосновывается степень достоверности и приводятся сведения об апробации исследования, выделяется теоретическая и практическая значимость результатов диссертационной работы.

В первой главе соискатель проводит обзор известных работ, связанных с тематикой исследования, кратко излагается структура работы по главам.

Вторая глава посвящена разработке численно-аналитической модели для определения механических характеристик пятислойного алюмопестклопластика. Результаты математического моделирования сопоставлены с результатами экспериментальных исследований образцов на одноосное растяжение. Приводятся также результаты оценки значения межслоевой прочности семнадцатислойного алюмопестклопластика, исследуются механизмы разрушения материала, показывается эффективность применения метода корреляции цифровых изображений при исследовании зон концентрации сдвиговых деформаций в слоях пестклопластика при изгибе.

В третьей главе диссертации проводится исследование собственных частот и коэффициентов демпфирования алюмопестклопластика на образцах различных геометрических размеров. Приводятся как экспериментальные, так и аналитические результаты, сопоставление которых показало хорошую сходимость.

Четвертая глава содержит экспериментальные результаты определения динамических характеристик трехслойных образцов с наружными слоями из алюмопестклопластика и вспененным наполнителем внутри.

В заключении перечисляются основные результаты работы.

Замечания по диссертации и автореферату

1. Следовало бы дать пояснения к графикам разброса на рис. 3.4 и 3.5 диссертации. На графиках разброса коэффициентов демпфирования наблюдается достаточно сильный разброс.

2. Из текста диссертации на стр. 95 не ясно, как находились собственные частоты ω ?

3. Чем обусловлен переход к уравнению (3.10)? Предложение «Для вычисления динамических характеристик слоистой балки, представленной на рисунке 3.1.» не закончено.

4. Чем обусловлен характерный излом диаграммы деформирования на рис. 3.3?

5. По тексту диссертации и автореферата имеются опечатки и стилистические неточности.

6. На рисунке 12, приведенном в тексте автореферата, плохо видна нумерация слоев структуры материала, в связи с чем, не совсем ясно, в каких именно слоях композита реализовались максимальные значения сдвиговых деформаций.

Автореферат соответствует тексту диссертационной работы.


Заключение по работе

Приведенные замечания не снижают общей ценности полученных результатов. Работа представляет собой законченное научное исследование и соответствует квалификационным требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертационным работам, в том числе соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842, а автор работы, Прокудин Олег Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

Настоящий отзыв рассмотрен и одобрен «17» ноября 2021 г. на научно-методическом семинаре «Отдела механики адаптивных композиционных материалов и систем».

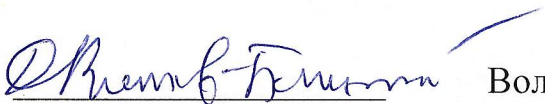
Отзыв составили:

Доктор технических наук, директор ФГБУН Института прикладной механики Российской академии наук (ИПРИМ РАН),


М.П.

Власов Александр Николаевич

Кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник
ИПРИМ РАН



Волков-Богородский Дмитрий Борисович

Подписи Власова А.Н. и Волкова-Богородского Д.Б. удостоверяю.
Ученый секретарь ИПРИМ РАН, к.ф.-м.н.


М.П.

Карнет Ю. Н.

Контактные данные организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной механики Российской академии наук.

Адрес: 125040, Россия, г. Москва, Ленинградский проспект д. 7.

Телефон: +7 495 946-18-06

E-mail: iam@iam.ras.ru

Официальный сайт: <https://iam.ras.ru/>