

ОТЗЫВ

официального оппонента Кондратова Дмитрия Вячеславовича
на диссертационную работу 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»

Актуальность работы

Поиск материалов, способных снизить вес самолета ведется на протяжении всей истории развития самолетостроения. Гонка производителей авиационной техники по снижению весовых характеристик с сохранением требуемых прочностных свойств привела к появлению новых, перспективных классов материалов таких как GLARE (Glass laminate aluminum reinforced epoxy). Материал данного типа представляет собой алюмостеклопластик, образованный чередующимся набором тонких слоев алюминиевого сплава и слоев стеклопластика. Аналогом GLARE в России является СИАЛ. Такой материал, был признан одним из лучших аэрокосмических материалов будущего. GLARE обеспечивает значительную экономию веса (15-30 процентов) по сравнению с обычными алюминиевыми сплавами. Алюмостеклопластики данного типа обладают хорошей устойчивостью к повреждениям, высоким значениям усталостной прочности, трещиностойкости, огнестойкости и коррозионной стойкости. Однако вопрос исследования межслоевой прочности толстых структур металлополимерного композита данного типа, для силовых элементов летательных аппаратов, работающих в условиях изгиба, по-прежнему является **актуальной** задачей, рассмотренной соискателем в настоящей работе, а полученные результаты обладают **научной новизной и практической ценностью.**

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«25» 11 2021 г.

Краткий анализ содержания работы

Работа включает в себя 128 страниц печатного текста, состоит из введения, четырех глав, отражающих основное содержание исследования, заключения, списка используемой литературы в количестве 93-х ссылок.

Во введении отмечается актуальность темы диссертационного исследования, дается краткое описание содержания работы по главам, формируются цели и задачи исследования, положения, выносимые на защиту, оценивается личный вклад соискателя, дается заключение об апробации работы, обсуждается теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

Первая глава носит обзорно-аналитический характер, обсуждаются достигнутые результаты в области исследования и отмечаются текущие проблемы.

Вторая глава, являющаяся в работе наиболее объемной, содержит в себе результаты исследования механических свойств алюмокомпозитов имеющих в своей структуре 5 и 17 слоев. Эффективный модуль упругости, предел прочности и предел текучести 5-ти слойных образцов GLARE получены на основании модифицированной модели слоистого композита сопоставленной с результатами испытания на осевое сжатие. Получены экспериментальные значения межслоевой прочности на 17 слойных образцах с надрезами при осевом сжатии. Упругие характеристики, механизмы разрушения и межслоевая прочность образцов, состоящих из 17 слоев исследованы в испытании на изгиб по методу «короткой балки». Приводятся результаты численного конечноэлементного моделирования испытания в Comsol Multiphysics с учетом нелинейных межслоевых деформаций. Дополнительно, для исследования деформированного состояния алюмокомпозитов с продольной и поперечной ориентацией волокон в слоях стеклопластика применен метод корреляции цифровых изображений.

В третьей главе аналитическим, экспериментальным и численными методами получены значения собственных частот и коэффициентов демпфирования тонких пятислойных образцов GLARE.

В четвертой главе приводятся результаты исследования динамических характеристик трехслойных балок с внешними слоями из GLARE.

В заключении соискателем приводятся основные результаты диссертационного исследования.

Теоретическая и практическая значимость

– проведено комплексное расчетно-экспериментальное исследование механических свойств GLARE

– достаточно полно изучены механизмы разрушения алюмокомпозитов на образцах различного удлинения

– применение конечноэлементного моделирования позволило учесть эффекты нелинейных сдвиговых деформаций в композитных слоях. Кроме того, на основании численного моделирования, возможно прогнозирование эффективных упругих и прочностных характеристик пакета с любым количеством слоев

– с помощью применения метода корреляции цифровых изображений удалось наглядно продемонстрировать значительную концентрацию сдвиговых деформаций в центральных слоях композитов для образцов как с продольной, так и с поперечной ориентацией волокон

– представлены результаты исследования динамических характеристик трехслойных балок с несущими слоями из GLARE

Обоснованность и достоверность

Обоснованность и достоверность результатов, полученных в диссертации при разработке аналитических и численных методов расчета, определяется примененными строгими методами механики деформируемого твердого тела, механики композиционных материалов. Достоверность полученных результатов обосновывается сравнением полученных

аналитических и численных результатов с результатами экспериментов. Достоверность численных расчетов оценивалась путём подбора типов и размеров конечных элементов, а также путем анализа полученных результатов в рамках упрощенных аналитических моделей.

Замечания по диссертации и автореферату

- Для оценки влияния эффектов межслоевого сдвига на динамические характеристики GLARE, было бы неплохо провести динамические испытания образцов алюминия тех же геометрических размеров, однако в диссертации такого исследования не проводилось;
- В тексте автореферата, для уравнения 12, стоило привести вид общего решения дифференциального уравнения;
- В диссертации присутствует незначительное количество орфографических опечаток.

Заключение

Приведенные замечания не снижают общей ценности работы. Представленная к защите диссертация является законченной, актуальной научно-квалификационной работой, а ее тема работы соответствует заявленной специальности. Полученные в диссертации результаты исследования обладают научной новизной, представляют, как научный, так и практический интерес. Выносимые на защиту положения прошли достаточную апробацию. По материалам диссертации было сделано 6 докладов на научно-технических конференциях и опубликованы 4 статьи, три из которых включены в перечень рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК и одна статья в журнале, индексируемом в Scopus. Автореферат достаточно полно отражает основные результаты, полученные в диссертации.

Считаю, что диссертация «Расчетно-экспериментальный метод исследования деформирования многослойных металлополимерных композитов с учетом эффектов межслоевого сдвига» полностью **соответствует** квалификационным требованиям, предъявляемым ВАК к диссертационным

