

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«Физическая мезомеханика.  
Материалы с многоуровневой иерархически  
организованной структурой и интеллектуальные  
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения  
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН  
**академика Виктора Евгеньевича Панина**

в рамках  
**Международного междисциплинарного симпозиума  
«Иерархические материалы: разработка и приложения  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года  
Томск, Россия**

Томск  
Издательство ТГУ  
2020

**ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТОВ ПРИ НАНЕСЕНИИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ УДАРНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ С ПОНИЖЕНИЕМ И ПОВЫШЕНИЕМ ЭНЕРГИИ**

Красновойкин В.А., Дружинин Н.В.

*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

В настоящее время углепластиковые композиты широко используются в ответственных конструкциях авиакосмической техники. Это обусловлено такими характеристиками, как высокая прочность при сравнительно малом весе, способность работать в достаточно широком диапазоне температур, возможность гашения вибраций в материале. При эксплуатации элементы конструкции из композиционных материалов работают в суровых условиях. Композиты подвергаются различным динамическим нагрузкам в широком диапазоне скоростей и частот. Кроме того, всегда существует риск неоднократного получения изделием ударных повреждений различной энергии. В случае недостаточной стойкости к ударным воздействиям, изделие может преждевременно выйти из строя. Кроме того, полученные повреждения могут изменить заложенные изначально динамические характеристики (собственные формы и частоты, коэффициенты демпфирования) элемента из композита. Особенно важно учитывать стабильность динамического отклика у тонких композитов, так как устойчивость к ударным нагрузкам снижается при уменьшении толщины материала. Так же на динамический отклик влияют такие факторы как состав и внутренняя конфигурация слоев, характерные размеры и форма изделия, вид и интенсивность прикладываемых нагрузок. Таким образом, при проектировании элементов авиакосмической техники для ее эффективной и безопасной работы необходимо учитывать изменение динамических характеристик в зависимости от вышеперечисленных факторов.

Для проведения исследований динамических характеристик композиты различной толщины подвергались периодическому нестационарному воздействию с использованием вибростола (подавался широкополосный сигнал вида sweeper с частотой 50 Гц и модуляцией частоты в диапазоне от 5 Гц до 20 кГц) до и после внесения ударных повреждений. Синхронно с подводом импульсов возбуждения, проводилось поверхностное сканирование образцов композита виброметром Polytec PSV-500-3D-HV. По результатам сканирования установлены частоты первой и второй собственных форм изгиба, определены их коэффициенты демпфирования при серии ударных повреждений энергией 1+2+3+4+5 Дж и 5+4+3+2+1 Дж композитов толщиной 0,5, 1, 2, 3, 5 мм. Установлено, что композит толщиной 0,5 мм в исходном состоянии имеет наиболее высокие демпфирующие характеристики ввиду его малой толщины и способности гасить энергию колебаний за счет больших собственных деформаций на изгиб, чем композиты толщиной 1, 2, 3, 5 мм. Однако, за счет низкой стойкости к ударным повреждениям, по мере нанесения ударов, композит толщиной 0,5 мм продемонстрировал нестабильность демпфирующих свойств. Кроме того, тонкий композит в процессе эксплуатации может получить слишком обширные повреждения, и изделие выйдет из строя. Установлено, что наиболее близкими по демпфирующим характеристикам на первых двух изгибных модах к образцам толщиной 0,5 мм оказались образцы композита толщиной 1 и 2 мм. Так же установлено, что образцы толщиной 3 и 5 мм наиболее предпочтительны, если предполагается колебания в основном на первой изгибной моде. Образцы толщиной 0,5 мм наиболее предпочтительны, если предполагаемые ударные повреждения будут иметь суммарную энергию не более 3-5 Дж.

Результаты модального анализа, а так же установленные зависимости пригодны для выработки практических рекомендаций к проектированию и прогнозированию динамических характеристик частей авиакосмической техники с учетом толщины композитов 0,5-5 мм и в диапазоне ударных повреждений 1-5 Дж при суммарной энергии не более 15 Дж.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект III.23.*