

Бирюков С.П., Мурашкин Е.И., Пейчев Г.И., Шерембей Б.С.
ГП "ИВЧЕНКО-ПРОГРЕСС". Украина, Запорожье

ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ТОНКОСТЕННОГО СТЕКЛОПЛАСТИКОВОГО КОНСТРУКЦИОННОГО ЭЛЕМЕНТА ОДИНАРНОЙ КРИВИЗНЫ С ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТЬЮ, ОБРАЗОВАННОЙ ГОФРИРОВАННЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

Анотація

Представлено результати дослідження деяких механічних властивостей легких тонкостінних елементів зі скловолоконного композиту в рамках перспективи замінити ними деякі металеві елементи реверса авіаційного турбореактивного двигуна знизивши при цьому його масу та підвищити ремонтпридатність.

Abstract

There have been presented the results of research of some mechanical properties of the thin-core low-mass elements made of fiberglass composite in the ranks to replace by them some metal-made elements of aviation turbofan engine thrust reverser and to decrease its mass and to increase reparability.

При решении задач, связанных со снижением массы авиационных двигателей, огромную роль играет применение в их конструкции композитных материалов. Как правило, при одинаковых условиях эксплуатации невозможно произвести механическое копирование конструктивного облика типовых деталей или сборочных единиц авиационного двигателя, изготовленных из металла, под композитный материал по ряду причин, обусловленных как технологическими особенностями их изготовления, так и прочностными характеристиками деталей.

Для оценки эффективности внедрения композитного материала в конструкцию реверсивного устройства турбореактивного двигателя, была выбрана специфическая сборочная единица — отклоняющая решетка, состоящая из ряда металлических (алюминиевых) элементов аэродинамического профиля одинарной кривизны, связанных между собой боковыми, передним и задним фланцами (см. рис. 1). Отклоняющая решетка выбрана не случайно. В реверсивном устройстве с ее помощью происходит разворот и организация истечения потока газа в заданном направлении для получения обратной тяги. Собранные на фланцах

наружного контура двигателя отклоняющие решетки формируют корпус реверсивного устройства и составляют 12...16% его массы. В процессе эксплуатации отклоняющие решетки подвержены, в основном, аэродинамическим и вибрационным нагрузкам, возникающим вследствие течения и разворота потока газа наружного контура двигателя.

Поскольку отклоняющая решетка состоит из ряда одинаковых элементов (лопаток), то не изменяя аэродинамической характеристики решетки (то есть оставляя одинаковыми b/t и углы входа и выхода), были выполнены работы по оптимизации массы решетки изменением ее геометрических размеров.

Из анализа различных направлений и конструкторских решений пришли к выводу, что существенного уменьшения массы решетки (на 40...50%) можно ожидать, применив в конструкции решетки пустотелые профили закрытого типа, изготовленные из композитного материала.

Для перехода на изготовление решетки из композитного материала была изменена концепция подхода к проектированию указанной конструкции с сохранением ее функциональных особенностей. Количество композитных элементов, воздействующих непосредственно на поток и подверженных аэродинамической нагрузке, было уменьшено в два раза, а высота их по хорде соответственно увеличена, длина профилей при этом осталась неизменной. В качестве материала был выбран стеклопластик ВПС-7 (стеклоткань марки Т-10-14 и связующее ЭДТ-10П).

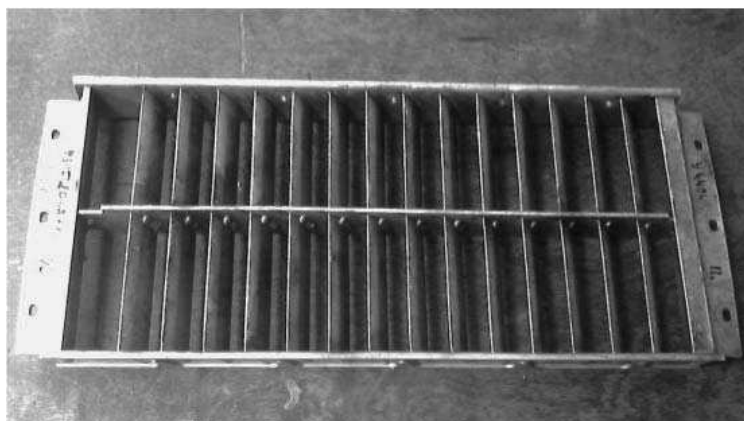


Рис. 1. Серийная металлическая отклоняющая решетка

В целях упрощения формующей технологической оснастки для изготовления композитных образцов элементов конструкции решетки из стеклоткани Т-10-14 на связующем ЭДТ-10П, поперечное сечение их было выполнено, в отличие от каплевидного сечения металлического прототипа, в виде сегмента тонкостенного цилиндра с длиной хорды 55 мм со вписанными в его стенку имитациями входной и выходной кромок (см. рис. 2).

Для испытаний были выбраны два варианта толщины оболочек, — (0,70...0,75) мм и (0,95...1) мм соответственно для двух рядов образцов, условно обозначенных "0,75 мм" и "1,0 мм". Толщина гофрированного элемента, формирующего внутреннюю структуру конструкции, составила (0,23...0,25) мм, а высота "волны" — (0,28...0,30) мм.

Часть отформованных и доведенных слесарным способом и препарированных тензодатчиками образцов длиной 190 мм (длина определялась особенностями перспективы применения в типовой конструкции) была подвергнута виброиспытанию на базе 107 циклов (см. рис. 3). Другая часть образцов (см. рис. 4) была подвергнута испытаниям на разрушающую статическую нагрузку. Нагрузка распределялась по вогнутой стороне образца на той же длинновой базе. Испытание производилось на адаптированном испытательном ложементе с помощью системы блоков, имитирующих распределенную нагрузку через эластичную накладку (см. рис. 5). Нагружающие элементы на рис. 5 условно не показаны.

Результаты испытаний приведены в таблице 1.

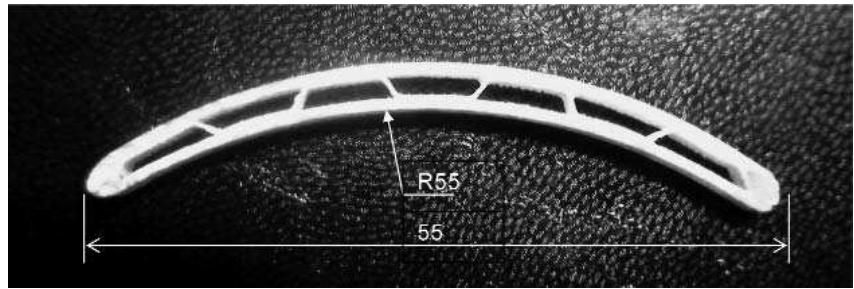


Рис. 2. Сечение экспериментального конструктивного элемента решетки, изготовленного из стеклопластика ВПС-7



Рис. 3. Внешний вид образца, подготовленного к виброиспытаниям



Рис. 4. Внешний вид образцов, подготовленных к испытаниям на статическую распределенную нагрузку

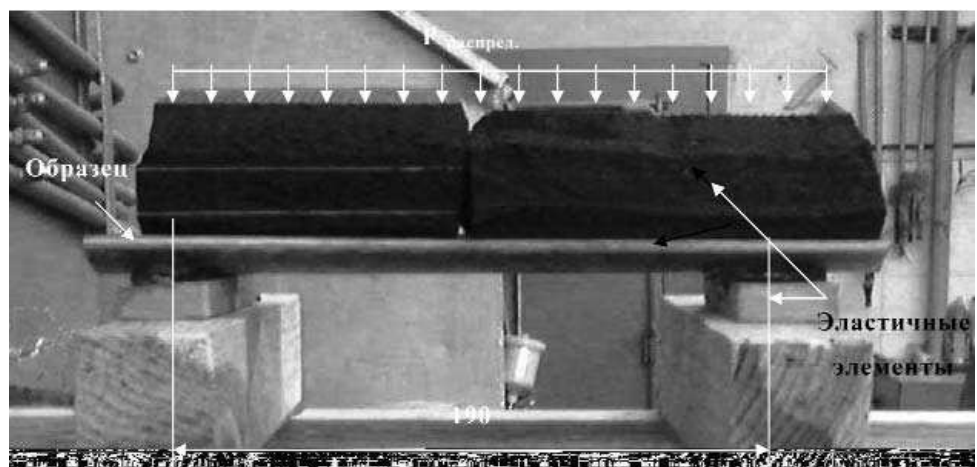


Рис. 5. Схема нагружения при испытании на распределенную нагрузку

Таблица 1

Наименование показателя		Среднее значение показателя для ряда образцов с толщиной оболочки	
		0,75 мм (из трёх монослоёв)	1,0 мм (из четырёх монослоёв)
Интегральная кажущаяся плотность конструкции, г/см ³		0,77...0,79	0,87...0,89
Предел выносливости при виброиспытаниях 10 ⁷ циклов, кГс/мм ²	Рассчитанный по будущим условиям работы элемента, не менее	2,5...3,0	2,5...3,0
	Фактически, по изгибным формам	Первая форма	5,5...6,5
		Вторая форма	≈ 8,5
Разрушающая распределенная нагрузка Р _{распред} по схеме испытаний, приведенной на рис. 4, кГс	Рассчитанная по будущим условиям работы элемента, не менее	33,5	33,5
	Фактически	103,0	181,0

Выводы

1. Образцы элементов решетки (лопатки), изготовленные из стеклопластика ВПС-7 (рис. 2) с толщиной оболочки 0,75 мм (из трёх монослоёв стеклоткани), выдерживают нагрузку в 2,2...3 раза выше расчетной для реальных условий эксплуатации.

2. Предел выносливости на базе 107 циклов образцов элементов решетки с толщиной оболочки 0,75 мм в 1,5 раза выше, чем образцов с толщиной оболочки 1 мм.

3. Прогнозируемое снижение массы конструкции решетки составит 40...45%, что даёт снижение массы узла реверсивного устройства 5,0...6,5%.