

(РВП), где подогревается теплом уходящих газов основного ГТД и подаётся в турбину. Избыток мощности турбины вращает электрогенератор.

Во втором варианте атмосферный воздух, сжатый компрессором, подогревается до некоторой оптимальной с точки зрения габаритов (РПВ) температуры и используется в качестве активного потока в эжекторе, из которого воздушно-газовая смесь используется в процессе расширения в турбине.

В докладе представлены результаты анализа параметров термодинамического расчёта на режимах эксплуатации при изменении температуры окружающей среды t_n от

-30°C до $+15^{\circ}\text{C}$ и выбраны оптимальные параметры термодинамического цикла этих двух вариантов.

Выполнен тепловой расчёт РВП, газодинамический расчёт эжектора и определены основные конструктивные размеры компрессора, турбины, РВП, и эжектора.

Для проектирования определён наиболее приемлемый вариант конструкции ВТД с рекуперативным воздухоподогревателем и эжектором (вариант 2), у которого поверхность теплообмена в РПВ снижается более чем на 30%.

УДК 678.8

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИНФУЗИОННОГО ФОРМОВАНИЯ НИЗКОПОРИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

©2016 Е.А. Вешкин, В.И. Постнов, Р.А. Сатдинов, Е.В. Крашенинникова

Ульяновский научно-технологический центр
Всероссийского института авиационных материалов

FEATURES OF INFUSION FORMING TECHNOLOGY FOR LOW POROSITY PCM USED IN AIRCRAFT STRUCTURES

Veshkin E.A., Postnov V.I., Satdinov R.A., Krashenninnikova E.V. (Ulyanovsk Science and Technology Center of the All-Russian Institute of Aviation Materials, Ulyanovsk, Russian Federation)

During the development process of aircraft structures, experimental design bureaus have started to use polymeric composite materials (PCM) with an increasing frequency. Currently the most widely used technology is a non-autoclave molding technology. To perform this, FGUP VIAM has developed high-deformation heat-resistant binder VST-1210. On the basis of this has been made a carbon fiber brand VKU - 48 with high level temperatures up to 200 °C (briefly up to 230 °C), high elastic, strength and operating properties. Has been also developed a manufacturing technology for the helicopter engine hood covered out by carbon fiber.

В настоящее время благодаря накопленному производственному и эксплуатационному опыту применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) в конструкциях летательных аппаратов (ЛА), конструкторские бюро все активнее внедряют их при проектировании перспективной авиационной техники (АТ). Двигатель и его системы не стали исключением, поэтому проектирование большого количества элементов, связанных с перспективными их разработками, ведётся с применением ПКМ. Однако жёсткие условия работы материалов в конструкции элементов двигателя и его систем ограничивают конструктора в выборе ПКМ. Кроме того,

малые серии выпуска некоторых марок АТ затрудняют выбор технологии переработки ПКМ в изделие, т.к. традиционно применяемые технологии с применением вакуум-автоклавного способа их формования требуют от производителей приобретения дорогостоящего (из-за дополнительной операции пропитки) полуфабриката – препрега, который к тому же имеет короткий срок годности, и особых условий его хранения. В этой связи широкое применение находят безавтоклавные технологии формования ПКМ.

В ФГУП «ВИАМ» разработаны углепластик марки ВКУ-48 с рабочей температурой до 200°C (кратковременно до

230°C) и инфузионная технология его изготовления, которая позволяет исключить применение препрега. Пропитка заготовки детали, состоящей из слоёв «сухого» наполнителя, полимерным связующим в этом случае проводится в технологическом пакете, собранном на формообразующей оснастке. Подобранные с учётом

имеющегося научно-технологического подхода температурно- и манометрически-временные параметры режима отверждения позволили изготовить плиты углепластика, обеспечивающие низкую пористость и следующий уровень основных свойств в сравнении с аналогами (табл. 1).

Таблица 1 - Сравнительные характеристики углепластика ВКУ-48 и его аналогов

Наименование свойства	Марка материала			Квоты превосходства ВКУ-48	
	ВКУ-48	ВКУ-35	RTM-6/Twill 2x2 HTA	ВКУ-35, %	RTM-6/Twill 2x2 HTA, %
Предел прочности при растяжении $\sigma_{в}$, МПа, по основе, 20°C	950 940-970 $K_v = 8\%$	750	830	25	13
Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж.}$, МПа, по основе, 20°C	830 780-870 $K_v = 8\%$	555	750	41	10
Предел прочности при изгибе $\sigma_{и.}$, МПа, по основе, 20°C	1010 940-1100 $K_v = 8\%$	880	-	20	-
Плотность, г/см ³	1,50-1,60	1,55-1,58	-	-	-
Пористость, %	≤ 1,5	-	-	-	-
Температура стеклования, °C	256	208	180	23	42
Рабочая температура, °C	200	180	150	10	25

Показано, что углепластик ВКУ-48, полученный по разработанной технологии на основе связующего ВСТ-1210 и равнопрочной углеродной ткани саржевого плетения, по основным показателям находится на уровне зарубежных аналогов и превосходит по всем показателям отечественные углепластики (предел прочности при статическом изгибе на 40 %, предел прочности при сжатии на 25 %, рабочая температура на 20°C).

Разработанный углепластик ВКУ-48 был испытан в объёме паспорта и показал высокий уровень свойств для ПКМ, изготовленного безавтоклавным способом формования. По результатам проведённых исследований на углепластик ВКУ-48 оформлен паспорт № 1916, содержащий

полный комплекс сведений о материале, необходимых для выбора материала на стадии проектирования и модернизации изделий, устанавливающий возможность использования в конструкции авиационной и специальной техники и преимущества перед ранее разработанными материалами с указанием условий и областей применения.

Разработана технология изготовления крышки капота двигателя вертолётa (рис. 1) из углепластика марки ВКУ-48 способом вакуумной инфузии (VARTM), позволяющей осуществлять пропитку и одновременное формование детали с закладными элементами из вспененного материала для создания профиля рёбер жёсткости конструкции.



Рис. 1. Изготовленная крышка капота двигателя



вертолётa марки «Ка»

По разработанной технологии изготовлена крышка капота двигателя из углепластика ВКУ-48 и проведено

исследование методом неразрушающего контроля, которое не выявило дефектов конструкции.

УДК 621.438

ГАЗОДИНАМИЧЕСКАЯ ДОВОДКА ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА

©2016 А.В. Коновал, А.В. Михайлютенко

Акционерное общество "МОТОР СИЧ", Запорожье, Украина

CENTRIFUGAL COMPRESSOR GASDYNAMIC FINAL ADJUSTMENT

Konoval A.V., Mykhaylyutenko A.V. (Joint-stock company "MOTOR SICH", Zaporozhye, Ukraine)

New engines are generally developed on the edge of the existing capabilities in unit efficiency, material strength, weight parameters, and often even with the scope of its enhancement. Thus obtaining target performance parameters is quite a challenging task. In practice even optimally designed engine requires long performance development. This paper is devoted to performance development of one of the engine units, particularly - centrifugal compressor. This study reviews the analysis of ways and methods to improve aerodynamic performance. The most effective measures for modifications of the existing design are presented and experimental evaluation of its effectiveness is carried out. Special attention is given to definition of vaned diffuser configuration and its hidden reserves. Instrumentation and number of measures required for qualitative estimation of the data obtained are reviewed. Possibility of achieving compromises between pressure rise, efficiency and stability margin.

В данной работе представлены материалы по газодинамической доводке центробежного компрессора двигателя МС-500В.

На предприятии АО «МОТОР СИЧ» разработан, изготовлен и испытан высоконапорный 11:1 центробежный компрессор. В период с 2009 по 2012 в составе газогенератора проведены доводочные испытания [1] компрессора.

В процессе газодинамической доводки [2] применены основные доводочные мероприятия по определению оптимальных:

- облика входного канала;
- величин монтажных радиальных зазоров;
- количества венцов лопаточного диффузора;
- величин горла решётки лопаточного диффузора [3].

Эффективность всех вводимых мероприятий по улучшению газодинамических параметров определялась путём снятия дроссельных и напорных характеристик компрессора.

После реализации и экспериментальной проверки доводочных мероприятий была определена окончательная компоновка компрессора т.е. определена типовая

конструкция.

В ходе доводочных испытаний был достигнут КПД, равный 78% на расчётной частоте вращения. Определены запасы газодинамической устойчивости. Минимальный запас составляет 15% на относительной частоте вращения 85%.

В 2012 году проведены сертификационные испытания по определению характеристик и располагаемых запасов газодинамической устойчивости (ГДУ) компрессора.

Выполнены обработка экспериментальных данных и анализ соответствия компрессора требованиям АП33 [4] в части достаточности запасов ГДУ.

Библиографический список

1. Григорьев В.А., Кузнецов С.П., Гишваров А.С., Белоусов А.Н., Бочкарев С.К., Ильинский С.А., Шепель В.Т. Испытания авиационных двигателей. – М.: Машиностроение, 2009.
2. Григорьев В.А., Кузнецов С.П., Белоусов А.Н. Основы доводки авиационных ГТД. – М.: Машиностроение, 2012.
3. Батурин О.В., Колмакова Д.А., Матвеев В.Н. Исследование рабочего процесса центробежного компрессора с помощью числен-