

кий, Е.Р. Голубовский // «Авиационная космическая техника и технология», 2006, №9 [35]. - С. 117-125.

5. Onyszko A., Bogdanowicz W., Kubiak K. and Sieniawski. X-ray topography and crystal orientation study of a nickel-based CMSX-4 superalloy single crystal.- Cryst. Res. Technol, 2001, 45, №12, p. 1326-1332.

6. Гецов, Л.Б. Критерии разрушения поликристаллических и монокристаллических материалов при термоциклическом нагруже-

нии / Л.Б. Гецов, А.С. Семенов // Прочность материалов и ресурс элементов энергооборудования. Труды ЦКТИ, вып. 296, СПб, 2009. - С.83-91

7. Гецов, Л.Б. Особенности термоусталостного разрушения монокристаллического жаропрочного сплава / Л.Б. Гецов, А.И. Рыбников, Н.И. Добина.- Тяжелое машиностроение, 2007, №8, с.12-15.

УДК 621.452.3

ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ И КОНСТРУКЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО МОЩНОСТНОГО РЯДА ГТД РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Шарова Н.А.

ОАО «Климов», г. Санкт-Петербург

FEATURES OF OPTIMIZATION OF THE VERSATILE GAS GENERATOR PARAMETERS AND DESIGN FOR DEVELOPMENT OF A BROAD POWER RANGE LINE OF THE ADVANCED GAS TURBINE ENGINES OF DIFFERENT APPLICATION

Sharova N.A. The article considers a possibility of application of the versatile gas generator in designing of the gas turbine engine of a broad power range. The most optimal design of the gas generator has been found. A possibility of development of the 6000-hp engine on the basis of the gas generator of VK-2500 engine has been considered.

В настоящее время при проектировании газотурбинного двигателя (ГТД) основное внимание уделяется стоимости жизненного цикла. Снижение расхода топлива важно, но не должно происходить за счет увеличения стоимости обслуживания.

Большую часть стоимости разработки ГТД (от 40 до 70% - в зависимости от конструктивной схемы) составляет стоимость разработки газогенератора. В работе была поставлена задача исследования возможности создания газогенератора, позволяющего получить двигателя с увеличением мощности в несколько раз относительно мощности ГТД, имеющего газогенератор, путем введения в конструкцию контура низкого давления. Определенный в работах [4,5] диапазон располагаемой мощности позволяет, с учетом сегодняшнего уровня развития материалов и технологий, рассчитывать на увеличение мощности двигателя приблизительно в 3...3,5 раза.

Создана математическая модель газогенератора для исследования его работы в составе малоразмерных ГТД различных типов

[3,5]. Проведенные расчеты, определили охватываемый диапазон мощности с учетом ограничений. Осуществлена оптимизация параметров с использованием глобальной цели оптимизации системы [5].

Идея создания универсального газогенератора (УГГ) подразумевает применение его для двигателей достаточно большого диапазона мощности без существенных доработок. Это требует тщательной проработки его конструкции, которая должна быть максимально простой и состоять из минимального количества деталей.

Учитывая все вышесказанное, можно сделать вывод по особенностям конструкции узлов УГГ:

- компрессор универсального газогенератора должен быть выполнен центробежным,
- камера сгорания – кольцевой, противоточной,
- турбина - осевой, одноступенчатой.

Ротор должен иметь минимальное количество опор и обеспечивать проведение

внутреннего вала низкого давления или свободной турбины назначенной мощности.

Проектирование ГТД на базе УГГ малой размерности осуществляется методом подстановки в математическую модель ГТД математической модели газогенератора со всеми его характеристиками и особенностями регулирования параметров рабочего процесса по рабочей линии характеристики каждого узла.

Проведенный материаловедческий анализ показывает, что с прочностной точки зрения газогенератор должен допускать увеличение рабочей температуры газа до 40% и окружной скорости до 20% для вышеобозначенного диапазона мощности. На сегодняшний день разработаны новые классы материалов, как металлических, так и неметаллических, направленных на обеспечение работоспособности и холодной (компрессорной) и горячей части ГТД. К металлическим относятся интерметаллидные соединения: алюминиды, титаниды и др. К неметаллическим – угле- и стеклопластики (до 400°C), композиции на керамических и углеродных матрицах (до 1600°C), смешанные композиты. Применение в дальнейшем этих материалов позволит значительно увеличить диапазон охватываемого УГГ мощностного ряда двигателей. Высокотемпературные композиционные материалы имеют уникальные конструкционные характеристики. Эти материалы характеризуются превосходящей металлические сплавы жаропрочностью и низким удельным весом, поэтому использование их в высокотемпературных турбинах особенно привлекательно. Предельная жаростойкость керамических материалов должна позволить поднять температуру деталей турбины, не прибегая к охлаждению. Однако, пока это будущее.

С применением принципов построения УГГ [2] был спроектирован турбовальный двигатель Ne = 6000 л.с. на базе газогенератора двигателя ВК-2500 (модификации ТВ3-117).

Цель разработки – форсировать двигатель ВК-2500 в 2,5 раза без геометрических изменений в конструкции газогенераторной части путем введения дополнительных схемно-конструкторских элементов, обеспечивающих указанное форсирование на основе теории подобия газовых потоков [1].

Значительный рост давления и температуры воздуха на входе в камеру сгорания обязывает провести исследование процессов

горения, поджига на рабочих высотах, прочности корпусной системы и соответствия применяемых материалов новым условиям работы.

Турбина компрессора требует наибольшего внимания и расчетных исследований, т.к. желание сохранить геометрию всех деталей турбины при работе на более высоких давлениях и температуре газа на входе принуждает конструктора обратиться к новым металлургическим разработкам и применить пока еще экзотические интерметаллидные материалы во всех лопаточных венцах статора и ротора.

В данном конкретном случае видно, что газогенератор двигателя ТВ3-117 с параметрической точки зрения идеально подходит для реализации на его базе более мощного двигателя, однако имеет несовременную конструктивную схему, вследствие чего, для реализации на его базе более мощного ГТД, необходим достаточно большой объем расчетно-конструкторских исследований, в том числе и по УГГ.

Библиографический список

1. Кириллов, И.И. «Теория турбомашин». - Л., Машиностроение. 1972. - 530 с.
2. Рассохин, В.А. Принципы построения универсального газогенератора для малоразмерных газотурбинных двигателей / В.А. Рассохин, Н.А. Шарова // Материалы Всерос. межвуз. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. 26.09-1.12.07. Ч. II, Санкт-Петербург. Изд-во Политехнического университета, 2008. - С. 97.
3. Шарова, Н.А. Многорежимная оптимизация универсального газогенератора для малоразмерных газотурбинных двигателей / Н.А. Шарова // Сб. «Наука и технология», секция 2: «Аэрогидродинамика и теплообмен». Екатеринбург, УрОРАН, 2008. - С. 44-48.
4. Шарова, Н.А. Пути создания универсального газогенератора для малоразмерных газотурбинных двигателей / Н.А. Шарова // Наука и технологии. Итоги диссертационных исследований. Том 1. Избранные труды Российской школы. – М.: РАН, 2009.
5. Рассохин, В.А. Проектирование ГТД на базе универсального газогенератора малой размерности / В.А. Рассохин, Н.А. Шарова // Вестник Самар. гос. аэрокосм. ун-та. - Самара, СГАУ, №3(19), Ч. 3, 2009. – С. 241-248.