

УДК 629

ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТНД ТРДД С БОЛЬШОЙ СТЕПЕНЬЮ ДВУХКОНТУРНОСТИ

Терегулов А.Р., Валеев М.Р.

Научно-производственное предприятие «Мотор», г. Уфа

THE FEATURES OF AERODYNAMIC PROJECTING OF TURBOJET ENGINE TLP WITH HIGH BYPASS

Teregoulov A.R., Valeev M.R. There are submitted the features of aerodynamic projecting of turbojet engine TLP with high bypass.

В гражданской и транспортной авиации широкое распространение получили турбореактивные двухконтурные двигатели (ТРДД) с большой степенью двухконтурности, характеризующиеся низким удельным расходом топлива и малым вредным воздействием на окружающую среду и планер, требования к которым непрерывно ужесточаются.

В связи с тем, что вклад наружного контура ТРДД с большой степенью двухконтурности в создание тяги велик (~85...87%), параметры каскада низкого давления имеют наибольшую значимость. Так например, коэффициент влияния коэффициента полезного действия (КПД) турбины низкого давления (ТНД) на удельный расход топлива ТРДД с большой степенью двухконтурности составляет 0,85...0,9, а значение КПД ТНД при

требуемом удельном расходе топлива $C_R \leq 0.52$ на крейсерском режиме необходимо обеспечить $\eta_{\text{ТНД}}^* > 0,92$.

Однако, реализация высоких значений КПД ТНД затруднена по следующим причинам:

- недостаток окружной скорости (обусловлено малой окружной скоростью рабочего колеса вентилятора);

- негативное влияние числа Re на потери энергии (особенно в условиях крейсерского режима в разреженной атмосфере);

- высокие требования к массогабаритным и стоимостным характеристикам узла ТНД.

В данной работе приведены основные особенности аэродинамического проектирования ТНД перспективного ТРДД со степенью двухконтурности более 8.

УДК 539.3 : 629.73.02

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОПАТОК ГТД ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рыжов А.А., Галимханов Б.К., Рыжов Н.А., Латыпов Р.К., Иргалин С.Р.

Научно-производственное предприятие «Мотор», г. Уфа

THE PROJECTING OF GAS TURBINE ENGINE COMPOSITE BLADES

Ryzhov A. A., Galimkhanov B. K., Ryzhov N. A., Latypov R.K., Irgalin S. R. The constructions have been developed and the manufacturing technologies of gas turbine engine rotor and stator composite metal base blades are worked out. There are suggested the performance versions of rotor blade from B-Mg with titanium enclosure and guide blade from C-Mg coated by enamel. The necessary experimental checks have been performed; it is shown the serviceability of the developed parts.

Требования, предъявляемые к перспективным двигателям, включают в себя жесткие ограничения по удельным параметрам. Выполнить одни из основных требований –

по удельной массе и прочности – невозможно без применения легких и прочных композиционных материалов (КМ) (титановые сплавы могут не обеспечить работоспособ-

ность рабочих лопаток при повышенных значениях окружных скоростей).

Наибольшие возможности применения КМ на основе легких сплавов – детали относительно холодного узла-компрессора. Это рабочие и направляющие лопатки вентилятора, корпусные и другие статорные детали.

При выборе материала для деталей узлов ГТД исходят из таких факторов, как нагрузка, температурное состояние, агрессивность окружающей среды, технология изготовления детали.

В отечественном двигателестроении в настоящее время ведутся исследования и работы по созданию облегченной широкохордовой лопатки вентилятора и лопаток спрямляющего аппарата ТРДД для магистрального самолета с использованием металлических КМ (МКМ) и полимерного КМ.

В рамках работ по использованию КМ в конструкции авиационных ГТД в «НПП» Мотор» исследуется возможность использования МКМ на основе магниевых сплавов при разработке рабочих и спрямляющих лопаток компрессора с последующей обработкой защиты от коррозии и эрозии. В качестве материала волокон рассматриваются волокна бора и углерода.

Исследования основываются на богатом опыте конструирования и доводки лопаток направляющего аппарата (НА) компрессора из МКМ. Лопатки НА из боралюминия, а в дальнейшем из бормагния, были отработаны по прочностным статическим и усталостным характеристикам и прошли первые испытания в составе двигателя на летающей лаборатории.

В качестве матрицы был принят сплав магния (МЛ-10), позволяющий при использовании технологии литья получить детали сложной конфигурации.

В ходе разработки лопаток компрессора решались следующие задачи:

- проектирование материала с оптимальной структурой, обеспечивающей потребные характеристики;
- изготовление каркаса лопатки из волокон;
- разработка технологии производства, обеспечивающей получение качественных отливок (контроль пористости отливки и состояния поверхности);

- обеспечение эксплуатационных свойств материала.

Свойства КМ в основном зависят от характеристик волокон, их расположения и объемного содержания. Учитывая накопленный опыт проектирования, за основу были приняты характеристики КМ с однонаправленными волокнами. Основные характеристики КМ определяются по выражениям, полученным из условия аддитивности и предположения, что матрица более пластична, обеспечивается совместная деформация волокон и матрицы до разрушения (силы их сцепления достаточны).

Решение задачи по оптимизации структуры связана с анализом НДС и уровня напряжений, действующих в детали. Для расчетного режима определяются соответствующие напряжения, по значениям которых оцениваются их потребные значения, обеспечивающие работоспособность лопаток: пределы прочности σ_B , $\sigma_{см}$, τ_c

Основные требования по выбору покрытия для повышения коррозионной стойкости и износоустойчивости детали:

- 1) покрытие должно являться сплошным, изолирующим сплав от коррозионной среды;
- 2) являться прочным, износоустойчивым и иметь высокую адгезию к сплаву.

На основе изложенного подхода была разработана конструкция рабочей лопатки первой ступени КНД из композиции В-Mg. Для отработки и решения ряда проблем – укладка и объемное наполнение, технология изготовления – вначале был отработан облик модельной лопатки постоянного сечения. Наиболее сложным в конструировании и в обеспечении необходимой прочности оказалась зона перехода пера лопатки в замковую часть. Объемная наполняемость КМ волокнами составляет $v \approx 0,3$.

Для изготовления лопатки использовался метод вакуумно – компрессионной пропитки, позволяющий получить деталь с минимальной пористостью, качественным наполнением армирующего каркаса, высокой адгезионной прочностью и высокой размерной точностью – борные волокна, укладывались в оболочку (штамповку) из титанового сплава.

В ходе работ были исследованы механические характеристики КМ на образцах, работоспособность модели по переходной части перо-хвостовик, характеристики усталостной прочности, эрозионная и коррозионная стойкость.

Лопатка направляющего аппарата ТРДД разрабатывалась из КМ типа С-Mg. Были проведены исследования по обоснованию выбора материала с определением фи-

зико-механических характеристик на образцах в соответствии с ASTM. Образцы изготавливались по технологии производства лопаток. Анализ результатов экспериментального исследования, прочностных расчетов позволил отработать облик лопаток НА из КМ, причем в качестве средства по защите лопатки было принято покрытие поверхности эмалью.

УДК 629.7.036

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ОБЛИК КОМБИНИРОВАННЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА БАЗЕ ГТУ И ТОТЭ

Лоскутников А. А.¹, Горюнов И. М.², Бакиров Ф. Г.²

¹Научно-производственное предприятие «Мотор», г. Уфа

²Уфимский государственный авиационный технический университет

THERMODYNAMIC SHAPE OF THE COMBINED POWER INSTALLATIONS, BASED ON GTU AND SOLID OXIDE FUEL CELLS

Loskutnikov A. A., Gorjunov I. M., Bakirov F. G. The consideration of solid oxide fuel cell's calculation algorithm to raise the possibilities of program complex DVIGwT. The results of testing SOFC's calculation research were compared with experiment's results. Combined power installations; solid oxide fuel cell; steam-water conversion; structural – parameter synthesis and analyses.

Повышение экономичности и удельной мощности энергетических установок (ЭУ) неразрывно связано с применением сложных термодинамических циклов, осуществление которых требует использования помимо газотурбинных (ГТУ), широкого спектра различного оборудования, например, топливных элементов (ТЭ) [5]. Надежность работы таких комбинированных энергоустановок (КЭУ) на базе ГТУ и ТЭ в целом, необходимо обеспечить на стадии проектирования. Полномерная реализация этой задачи возможна лишь при использовании информационных технологий, позволяющих существенно сократить сроки и затраты финансовых средств на математическое моделирование и проектирование ЭУ [1,4].

Широкое внедрение в практику создания КЭУ конкретных систем автоматического проектирования (САПР) позволило решать лишь отдельные тактические задачи создания сложных ЭУ различных тепловых схем [2].

На сегодняшний день особое внимание необходимо уделить модулю расчета ТЭ при создании таких комплексов.

Отмечено, что имеющиеся в настоящее время программные комплексы расчета параметров различных КЭУ на базе ГТД и ТЭ имеют в своей основе основную проблему - отсутствие модуля расчета ТЭ, базирующегося на учете внутренних электрохимических процессов для нахождения параметров твердооксидных ТЭ (ТОТЭ) и КЭУ на их базе. Имеющиеся отдельные программные продукты основаны на применении параметров ТЭ, которые берутся с вольт-амперных характеристик (ВАХ) конкретных ТОТЭ [3], закладываемых гипотетически на этапе проектирования и уточняемых экспериментальным путем.

Отсутствие модуля расчета параметров ТЭ, основанного на учете внутренних химических процессов без обращения к параметрам ВАХ ТЭ, делает затруднительным обес-