

разделена на три составляющие. Далее каждый элемент КС был подготовлен с использованием программного продукта MagicsRP. Модели были расположены на платформе построения, где к ним был добавлен материал поддержки и теплоотводы, необходимые для устранения коробления детали во время выращивания, а также для последующего отделения детали от платформы построения. Суммарное время изготовления составило 13,5 часов. После извлечения из 3D машины детали подверглись механической обработке. Для сварки элементов горелки была разработана технология импульсной лазерной сварки, в качестве присадочного материала был использован хромоникелевый сплав. Маршрутно-технологический процесс изготовления КС краткоресурсного двигателя представлен на рис. 1.



Рис. 1. Основные этапы технологического процесса изготовления КС

Совместно с научно-образовательным центром газодинамических исследований были проведены стендовые испытания выращенной КС. В соответствии с разработанной программой изготовленный образец был подвергнут испытаниям в заданном интервале температур и времени. Процесс горения и извлеченная КС после испытаний изображены на рис. 2.

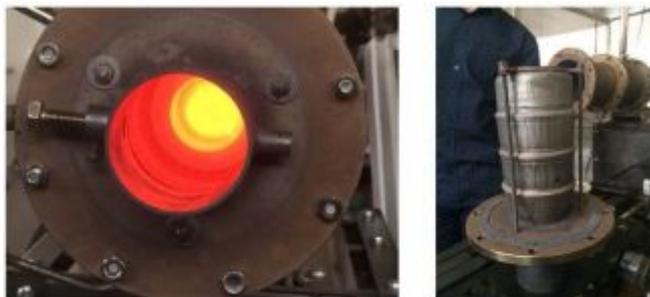


Рис. 2. Стендовые испытания КС краткоресурсного МГТД

Результатом проделанной работы являлась отработка технологии изготовления камеры сгорания МГТД из интерметаллидного сплава ВКНА с использованием метода СЛС.

Библиографический список

1. Базылева О.А., Бондаренко Ю.А., Тимофеева О.Б., Хвацкий К.К. Влияние кристаллографической ориентации на структуру и свойства сплава ВКНА-1В. / *Металлургия машиностроения*, №4, 2012.

УДК 533.697.242

УПРАВЛЕНИЕ ВТОРИЧНЫМИ ТЕЧЕНИЯМИ У ВТУЛКИ РАБОЧИХ КОЛЁС ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2016 А.Н. Черкасов, И.И. Алексеев, Р.Р. Мухамедьяров

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

AN OVERALL FLOW PATTERN ACTIVE CONTROL IN THE ROTOR HUB REGION OF GAS-TURBINE ENGINE AXIAL COMPRESSOR

Cherkasov A.N., Alekseyev I.I., Mukhamedyarov R.R. (VUNTs Air Force «Prof. N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin military and air academy»

The main goal of this work is to analyze the efficiency of flow pattern active control in rotor hub region of gas-turbine engine axial compressor.

Обеспечение безотрывного обтекания рабочих поверхностей проточной части компрессора позволяет увеличить коэффициент полезного действия (КПД), запас газодинами-

ческой устойчивости осевого компрессора и напорность его ступеней.

В межлопаточных каналах осевого компрессора существуют вторичные тече-

ния, которые наиболее развиты вблизи втулочной и периферийной поверхностей. Вторичные течения обуславливают большую долю гидравлических потерь в компрессоре.

Сложные вторичные течения наблюдаются в месте сопряжения спинки лопатки и втулки рабочего колеса. Пограничный слой на спинке лопатки сливается с пограничным слоем, притекающим с втулки; в результате происходит интенсивное набухание пограничного слоя и затем его отрыв. Отрыв не только воздействует на течение у втулки, но и значительно меняет характер обтекания лопаток [1, 2].

В данной работе проведено расчётное исследование особенностей вторичных течений на втулке рабочего колеса и путей уменьшения их влияния на параметры ступени компрессора. Предлагается уменьшить гидравлические потери у втулки рабочего колеса путём направленного вдува рабочего тела с поверхности втулки в область сопряжения её со спинкой лопатки, что позволит предотвратить отрыв пограничного слоя в данной области.

Проведён расчёт математической модели низконапорной ступени осевого компрессора в модуле CFX программного комплекса ANSYS с моделированием вдува рабочего тела на втулке. Пример визуализации течения вдуваемого рабочего тела представлен на рис. 1. Выявлено увеличение КПД рабочего колеса.

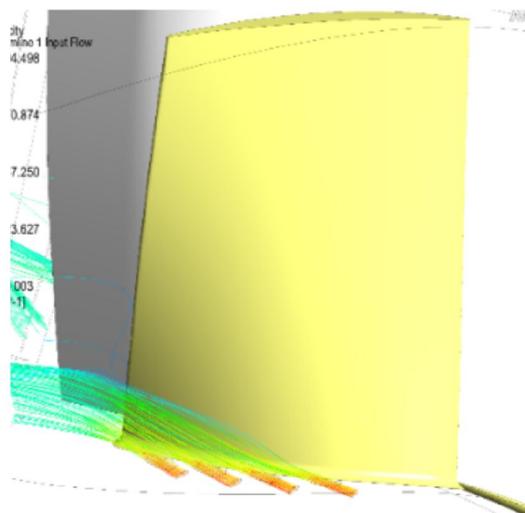


Рис. 1. Визуализация управляющего воздействия на втулке РК

Для анализа возможности стабилизации работы ступени компрессора на срывных режимах работы посредством вдува проведён расчёт ступени на срывном режи-

ме работы без управляющего воздействия и с управляющим воздействием.

На рис. 2 показаны типичные области течения на поверхности спинки рабочей лопатки на различных режимах работы компрессора: 1 – область основного течения, 2 – область отрыва потока, 3 – область радиального течения, 4 – область воздействия вихревого течения, образующая из-за наличия радиального зазора. При работе на срывном режиме происходит увеличение областей 2 и 3, что приводит к загромождению канала и увеличению скорости основного течения.

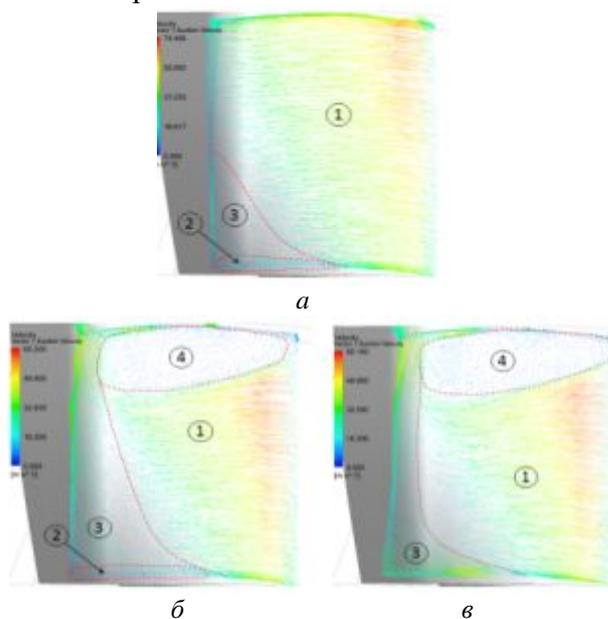


Рис. 2. Векторное поле скоростей на поверхности спинки РК экспериментальной ступени: а) расчётный режим б) срывной режим; в) срывной режим с управляющим воздействием

С применением управляющего воздействия при работе на срывном режиме область отрыва потока исчезает; градиент скорости в области 3, по сравнению со срывным режимом, значительно уменьшается, что благоприятно сказывается на общей картине течения в межлопаточном канале.

В качестве результатов проделанной работы отмечается следующее:

- существует принципиальная возможность активного управления течением в рабочих колёсах осевых компрессоров;
- предложен способ активного управления течением на втулке рабочего колеса, основанный на вдуве рабочего тела;
- эффективность управляющего воздействия зависит от направления, расхода и скорости вдуваемого рабочего тела, а также

от формы, количества и схемы размещения каналов подвода рабочего тела;

- вдув рабочего тела на втулке рабочего колеса, при работе ступени осевого компрессора на срывных режимах, позволяет уменьшить вихреобразование и улучшить параметры ступени.

Библиографический список

1. Дейч М.Е. Техническая газодинамика. Изд. 2-е, переработ. -М.–Л.: Госэнергоиздат, 1961. 434 с.
2. Кампсти Н. Аэродинамика компрессоров: Пер. с англ. – М.: Мир, 2000. 688 с.

УДК 621.452.33-226.001.63«313»

АНАЛИЗ ОПЫТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПУСТОТЕЛОГО ДИСКА ТУРБИНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ И ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

©2016 Б.Е. Васильев¹, А.В. Сальников¹, Л.А. Маггеррамова¹, И.И. Морозов², Е.А. Кишов²

¹Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова», г. Москва,

²ЗАО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» (филиал в ПФО, г. Самара)

DESIGN ANALYSIS OF HOLLOW DISK FOR ADDITIVE MANUFACTURING USING PARAMETRIC AND TOPOLOGICAL OPTIMIZATION

Vasilyev B.E., Salnikov A.V., Magerramova L.A. (Central Institute of Aviation Motors named after P.I. Baranov, Moscow, Russian Federation),
Morozov I.I., Kishov E.A. (CADFEM-CIS, Samara, Russian Federation)

This paper presents the results of the HPT hollow disk design using parametric and topological optimization. Study results show that the disk weight is reduced by 10% compared to the conventional design with the same safety factor level. Optimized hollow disk has been changed to insure possibility of its production by additive manufacturing. We are planning to conduct comprehensive works to study the possibility of using "printed" disks.

В настоящее время бурно развиваются аддитивные технологии (АТ) изготовления деталей. На основе полученного опыта ведущие компании отрасли заявляют о многочисленных преимуществах АТ, таких как: уменьшение расходов и времени производства, сокращения массы и числа деталей, а также возможность производства деталей конструкции, которое не может быть обеспечено традиционными технологиями.

Для максимального выигрыша от использования АТ необходимо при проектировании деталей выходить за рамки имеющего у конструктора опыта и подхода к проектированию. Одной из наметившихся тенденций при проектировании деталей и узлов, в том числе газотурбинных двигателей, является применение методов оптимизации [1].

Наиболее используемым подходом в оптимальном проектировании является использование параметризованной модели, с помощью которой осуществляется варьирование некоторых размеров в заданных пре-

делах для оптимизации конструкции по нескольким критериям (прочность, масса, газодинамическая эффективность и т.д.). В ЦИАМ ведётся обширная работа в данном направлении, в частности, разработана технология автоматизированного многокритериального проектирования[2].

Альтернативой параметрической является структурная оптимизация (в том числе топологическая), с помощью которой можно получить оптимальную форму детали по заданным критериям без параметризации конструкции. Интенсивное развитие методов топологической оптимизации (ТО) совпало с развитием методов АТ [1].

Целью ТО является определение оптимального распределения материала в области проектирования при заданных нагрузках с удовлетворением критериев и ограничений оптимизации [1]. Решением задачи ТО является распределение условной плотности в области проектирования.