

## Библиографический список

1. Пиралишвили, Ш. А. Аэродинамика закрученного потока в вихревых горелках [Текст] / Ш.А. Пиралишвили, А.И. Гурьянов, Ахмед Мамо Демена, С.М. Хасанов// Авиа-космическое приборостроение.-2007.-№9-С.3-8.
2. Piralishvili Sh. A. Development and investigation of a vortex burner [Text]/ Sh.A. Pira-

lishvili, A.I. Gyryanov, F. Ali // Nonequilibrium Processes. Vol. 1. Combustion and Detonation. Edited by G. D. Roy, S.M. Frolov, A.M. Starik.-Moscow: Torus Press Ltd., 2005.-P 132-139.

3. Edmonds, G. Ultra-Low NO<sub>x</sub> Advanced Vortex Combustor Ryan [Text] / G. Edmonds, Robert C. Steele, Joseph T. Williams, Douglas L. Straub, Kent H. Casleton, and AvtarBining.

УДК 621.452.3+621.076.5

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА ЗА КОМПРЕССОРОМ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ОТРЫВНОГО ДИФFUЗОРА КАМЕРЫ СГОРАНИЯ

Гурьянова М.М., Пиралишвили Ш.А.

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П. А. Соловьева

#### EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TURBULENCE OF INFLUENCE OF THE COMPRESSOR'S OUT FLOW PARAMETERS ON THE HYDRAULICS PARAMETERS RESISTANCE OF SEPARATION DIFFUSER OF COMBUSTION CHAMBER

*Guryanova M.M., Piralishvili Sh.A. It is presented the results of investigation of combustion chamber's gasdynamics. It's obtained criteria equations to perform an optimization of its parameters relatively to minimal hydraulically losses on the stage of diffusion's designing.*

Тенденции совершенствования авиационных двигателей и наземных энергоустановок связаны с повышением степени сжатия рабочего тела в компрессоре и температуры газа перед турбиной. При этом перед конструктором встает задача проектирования конструкции двигателя с минимальными линейными размерами и массогабаритными характеристиками, определяющими удельную тягу и удельный расход топлива. Камера сгорания во многом ограничивает возможность сокращения длины. Она должна обеспечивать полное сжигания топлива на всех режимах работы при минимальных потерях полного давления, равномерное поле температуры выходящих продуктов сгорания и низкий уровень эмиссии токсичных выбросов.

Аэродинамические процессы при проектировании КС ГТД в конечном итоге определяют достижение ими заданных характеристик, так как параметры течения и величины потерь давления в газозвдуш-

ном тракте двигателя существенно влияют на его эффективность.

Особенно актуальной задачей является снижение потерь в проточной части, в том числе в расширяющихся каналах (диффузорах) между компрессором и КС. Гидравлические потери возрастают с увеличением скорости и наличием локальных возмущений потока, вызванных влиянием в проточной части силовых стоек. Диффузор КС значительно снижает осевую скорость потока, но возрастающая при этом доля гидрпотерь приводит к увеличению гидравлического сопротивления всей КС. Основными требованиями к диффузорным каналам являются безотрывное течение в широком диапазоне скорости потока на входе и равномерность распределения параметров потока на выходе, которые достигаются при малых углах раскрытия, но приводит к увеличению длины канала, и как следствие к увеличению материалоемкости и веса конструкции. Опыт создания двигателей диктует требования со-

кращения осевой длины диффузоров КС и как следствие увеличения угла раскрытия канала, что сопровождается чрезмерным ростом доли гидравлических потерь, вызванных отрывом потока. Если в наземных двигателях применение плавных диффузоров оправдано, то в авиационных ГТД стремление уменьшить длину и вес требует либо существенно увеличить угол раскрытия диффузора до  $40^\circ$  и более, либо перейти к срывным диффузорам. Поэтому задача конструктора при проектировании диффузоров КС - выбрать оптимальную конструкцию на основе технико-экономического компромисса между минимально возможной длиной и максимально допустимым углом раскрытия, которая бы обеспечивала требуемое снижение скорости на выбранной длине при приемлемом уровне потерь давления, равномерных полях параметров и устойчивом течении на выходе из диффузора.

В виду ограниченности экспериментальных данных по продувкам кольцевых диффузорных каналов с большими углами раскрытия в условиях неравномерного нестационарного потока на входе, обуславливает необходимость проведения экспериментальных исследований, направленных на подробное изучение структуры потока в отрывном диффузоре, с целью определения влияния газодинамических параметров течения на эффективность диффузоров для возможного их использования при разработке новых методик расчета в широком диапазоне скоростей потока и начальных условий на входе в диффузор.

Для уточнения области экспериментального поиска выполнено двухмерное численное моделирование течения в отрывном диффузоре на различных режимах. Основное внимание уделялось влиянию несимметричности профиля скорости на входе в преддиффузор кольцевой КС и начальной интенсивности турбулентности на величину гидравлических потерь. Анализ результатов численного моделирования аэродинамических характеристик и структуры потока для нескольких вариантов геометрии проточной части диффузора позволил выявить необходимые для дальнейших исследований конструктивные исполнения входного участка, обеспечивающие несимметричный относительно

оси канала профиль скорости на входе в диффузор (рис. 1).

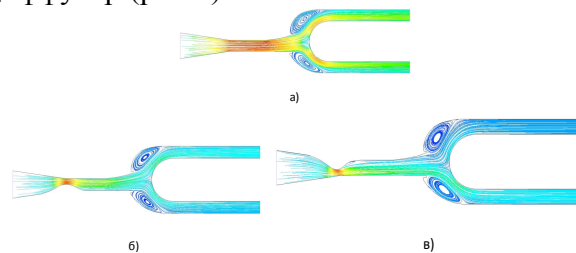


Рис. 1. Поля скоростей в диффузоре, при: а)  $K \approx 1,02$  (симметричный профиль скорости) б)  $K_n \approx 2,4$ ; в)  $K_g \approx 6,1$

На плоской модели, соответствующей развертке 450 сектора кольцевой КС проведено экспериментальное исследование влияния начальных условий на рабочий процесс отрывного диффузора. Геометрические размеры установки и условия проведения эксперимента приведены в работе [2]. Экспериментально получены зависимости влияния несимметричности профиля скорости и интенсивности турбулентности на входе в диффузор на величину гидравлических потерь в нем.

Анализ проведенных исследований показал, что форма входного профиля скорости в преддиффузоре оказывает существенное влияние на аэродинамические характеристики диффузора КС, а именно на равномерность распределения статического давления по контуру ЖТ и расхода воздуха между кольцевыми каналами. Увеличение коэффициента несимметричности профиля скорости приводит к увеличению нижнего или верхнего вихрей в зависимости от расположения относительно оси канала максимума эпюры скорости, в результате чего происходит перераспределение потерь между кольцевыми каналами и общее увеличение потерь в диффузоре [2]. Увеличение входной интенсивности турбулентности потока в диффузоре также приводит к росту гидравлических потерь. Минимум гидравлических потерь имеет место, когда профиль скорости симметричен относительно оси канала, а интенсивность турбулентности не превышает 2,3 % [2].

### Библиографический список

1. Пиралишвили, Ш.А. Экспериментальное исследование отрывного диффузора камеры сгорания ГТД / Ш.А. Пиралишвили, С.В. Веретенников, Фасил Али Гугсса // Вестник Воронежского гос. техн. ун-та. 2007. Т. 3. № 6. - С. 135 – 140.

2. Гурьянова, М.М. Аэродинамика камеры сгорания с отрывным диффузором / М.М. Гурьянова, Ш.А. Пиралишвили, С.В.

Веретенников // Авиакосмическое приборостроение. 2009. № 11. - С. 1-7.

УДК 533.17:621.431.75

## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТИВОТОЧНОГО ГОРЕЛОЧНОГО МОДУЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНИЗОТРОПНЫХ МОДЕЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Гурьянов А.И., Пиралишвили Ш.А., Бадерников А.В.

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П.А. Соловьева

### NUMERICAL STUDY OF GASDYNAMIC CHARACTERISTICS COUNTERFLOW BURNER WITH USE OF ANISOTROPIC MODELS OF TURBULENCE

*Guryanov A.I., Piralishvily S.A., Badernikov A.V. Results of numerical simulation of viscous compressible gas in counterflow burner unit, taking into account characteristic features of flow in bounded swirling flow diaphragm walls. The calculations are performed using models of turbulence: SST, k- $\epsilon$ , RNG k- $\epsilon$ , EARSM, RSM BSL. It is shown that in the case of the Reynolds stress transport model structure of the flow has the features do not appear when using the standard two-parameter models of turbulence, but observed during the experiments.*

Общие подходы к проектированию противоточных горелочных модулей [1], разработанные на основе балансных соотношений переноса энергии, вещества, импульса позволяют определить интегральные параметры течения. Вместе с тем возникает необходимость численного моделирования закрученных потоков с целью расчетов полей термогазодинамических параметров и характеристик течения. При этом результаты расчётов с использованием осреднённых по Рейнольдсу уравнений Навье–Стокса (RANS) чувствительны к выбору замыкающей полуэмпирической модели турбулентности [2], поэтому актуальной задачей является исследование влияния различных моделей турбулентности на характеристики вихревого противоточного горелочного модуля.

Результаты расчётов показали, что интегральные характеристики горелочного модуля слабо зависят от выбранной модели турбулентности – наибольшее отклонение массового расхода от средней величины отмечено для модели EARSM (+12%) и k- $\epsilon$  (-7%). Для остальных моделей турбулентности это отклонение не превышает 4.5%.

Анализ структуры течения показал: для моделей SST, k- $\epsilon$ , RNG k- $\epsilon$ , EARSM картина течения практически совпадает – закрученный периферийный поток отрывается от стенок в расширяющейся части вихревой камеры. При этом образуется система из двух тороидальных вихрей, один из которых является замкнутым, а во втором закрученный периферийный поток разворачивается на 180° с формированием приосевого вынужденного течения.

Картина течения, полученная с помощью модели RSM BSL, отличается от других рассмотренных вариантов – при движении периферийного потока в объёме горелочного модуля, в цилиндрической части образуется винтообразный тороидальный вихрь, наблюдаемый в эксперименте [3], но который не показали другие модели. Как и для других моделей, поток отрывается от стенок в расширяющейся части вихревой трубы, но структура течения в камере смешения различается – в центральной части камеры смешения образуются система радиально распределённых тороидальных вихрей. Это приводит к увеличению радиальной компоненты скорости при развороте потока на