

УДК 621.45.022.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТД

© Тимофеева К.Р., Гурьянова М.М.

e-mail: crist.timofeewa2011@yandex.ru

*Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация*

На газодинамическую эффективность камеры сгорания (КС) ГТД влияет входной профиль скорости, который может быть несимметричным по сечению канала преддиффузора из-за нестационарного взаимодействия последней ступени компрессора и направляющего аппарата, а также остаточной закрутки потока. Формирование входной несимметричной эпюры скорости снижает эффективность охлаждения жаровой трубы (ЖТ), равномерность распределения воздуха во фронтальном устройстве и качество перемешивания [1].

В современных низкоэмиссионных КС наиболее признанной в мировой практике является схема горения LP (lean, premixed) («бедное» горение) со значением коэффициента избытка воздуха  $\alpha = 1,8 - 2,2$  с предварительно перемешанной топливовоздушной смесью в горелочных модулях. В таких камерах отсутствуют пояса охлаждающих отверстий для предотвращения создания переохлажденных областей вблизи стенок ЖТ, то есть 100% воздуха подается через фронтальное устройство [2].

Выполнено исследование совместного влияния входной несимметричности профиля скорости и локального перераспределения расхода воздуха через пояса охлаждающих отверстий на газодинамику КС и величину гидравлических потерь с верификацией структуры потока экспериментальным методом визуализации.

Проведены численные расчеты на модели проточной части  $15^\circ$  сектора камеры сгорания. Для создания несимметричности разработаны генераторы с геометрией искажающей эпюру скорости на выходе из них, отличающихся коэффициентом несимметричности профиля скорости:

$$K = w^{\text{вер}} / w^{\text{ниж}}, \quad (1)$$

где  $w^{\text{вер}}$ ,  $w^{\text{ниж}}$  – среднерасходная скорость в верхнем и нижнем полуканалах генераторов несимметричности скорости соответственно, м/с.

Минимальное значение коэффициента гидравлических потерь  $\xi$  во всех основных элементах и в камере в целом наблюдается при симметричном профиле скорости. При несимметричном величина  $\xi$  возрастает.

Увеличение относительной доли площади закрытых охлаждающих отверстий приводит к изменению коэффициента гидравлических потерь в КС и во всех основных её элементах. Величина этих потерь минимальна при полностью открытых поясах охлаждающих отверстий. При закрытии первого и последующих поясов  $\xi$  увеличивается.

Для визуализации структуры потока в КС выполнены эксперименты на модели её проточной части проливкой в гидравлическом лотке с использованием системы подкрашенных струй при ламинарном течении.

Исследования показали, что при симметричном профиле входной скорости ( $K = 1$ ) линии тока, формируемые в проточной части, визуализируют равномерный характер течения в преддиффузорном канале (рис. 1). В области внезапного расширения образуется зона обратных токов.

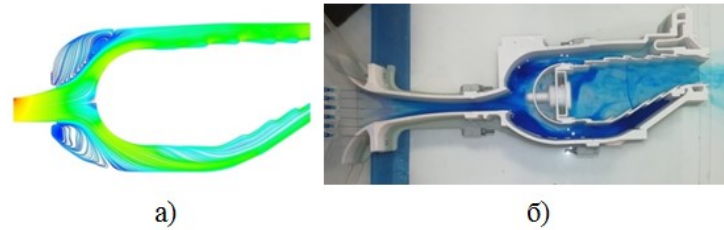


Рис. 1. Структура течения в преддиффузоре ( $K=1$ ): а) – численный расчёт; б) – эксперимент

За фронтальным устройством визуализируется нестационарная структура течения в отличие от результатов численных исследований, выполненных в стационарной постановке, при этом осредненная по времени структура имеет подобный характер как в расчетах, так и в эксперименте (рис. 2).

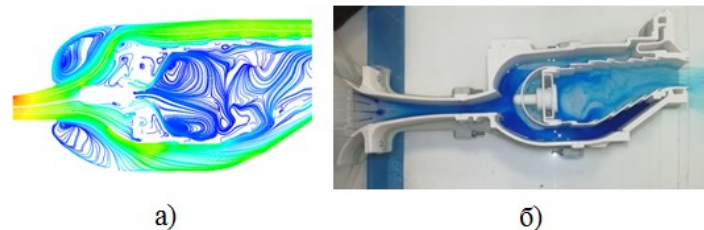


Рис. 2. Структура течения в объеме жаровой трубы ( $K=1$ ): а) – численный расчет; б) – эксперимент

При внесении на вход несимметричной эпюры скорости, например для случая  $K > 1$ , зона обратных токов в преддиффузоре смещает ядро потока в верхний полуканал, прижимая его к стенке. Направление импульса струи, ударяющейся в обтекатель, ориентировано практически по касательной к нему. Это обуславливает наличие высокой скорости во внешнем канале, на который приходится максимум расхода рабочего тела. На выходе из ЖТ неравномерное распределение линий тока, что отрицательно повлияет на работу турбины (рис. 3).

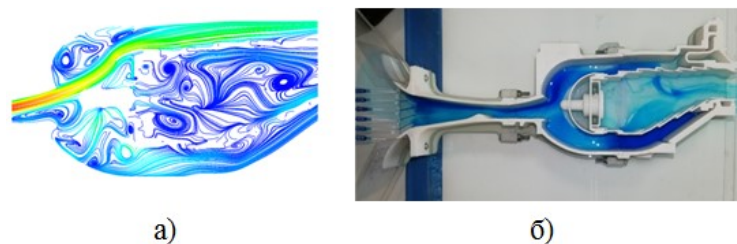


Рис. 3. Структура течения в КС ( $K=1,63$ ): а) – численный расчет; б) – экспериментальное исследование

С точки зрения проектирования камеры важным моментом является сохранение величины несимметричности близкой к 1, что позволяет обеспечить максимально полную величину давления на выходе из КС и минимум гидравлических потерь. Выполненный комплекс расчетно-экспериментальных исследований позволил получить структуру потока в условиях несимметричности профиля скорости на входе в КС и верифицировать численные расчеты результатами экспериментов.

### Библиографический список

1. Gur'yanova M.M., Piralishvili S.A. Joint effect of input asymmetrical velocity profile and initial turbulence intensity on hydraulics of a separated diffuser of GTE combustion chamber // Russian Aeronautics. 2016. Т. 59. № 2. С. 197—205
2. Nafiz Kahraman, Selim Tangöz, S.Orhan Akansu. Numerical analysis of a gas turbine combustor fueled by hydrogen in comparison with jet-A fuel // Fuel. 2018. No. 181, pp. 66-7