

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВТОРИЧНЫХ ТЕЧЕНИЙ В КОЛЬЦЕВОЙ ТУРБИННОЙ РЕШЕТКЕ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ПРОФИЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Вятков В.В., Ремизов И.А., Тощакон А.М., Комова О.В.

ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П. А. Соловьёва», ad@rsatu.ru

*Ключевые слова:* газовая турбина, совмещенный стоечный узел, вторичные течения, потери кинетической энергии.

В конструктивной схеме каскада турбин многовальных ГТД необходимо использовать силовые стойки. Обычно они располагаются в межтурбинных переходных каналах, но в некоторых случаях, например, в трехвальных ТРДД, ТВад и ТВД, а также в малоразмерных ГТД различного назначения, силовую стойку можно интегрировать в лопаточный венец соплового аппарата турбины. В результате возникает совмещенный стоечный узел, который представляет собой кольцевую решетку, состоящую из различных профилей. При этом современные двигатели с совмещенным стоечным узлом имеют малую размерность, что усиливает интенсивность вторичных течений в проточной части. При этом вторичные течения, образовавшиеся на втулке и периферии, начинают взаимодействовать между собой, образуя область высоких потерь внутри межлопаточного канала [1]. При реализации совмещенного стоечного узла в решетке соплового аппарата возникают каналы с различной структурой потока. С целью выявления особенностей аэродинамических характеристик сопловых аппаратов с интегрированным стоечным узлом было проведено численное и экспериментальное исследование модельной кольцевой решетки, которая состояла из тонких и толстых (силовых) профилей. Обнаружено, что установка толстой лопатки (силовой стойки) меняет распределение параметров потока по соседним межлопаточным каналам. При этом в модели реализовывалось смыкание вторичных течений, образующихся на втулке и периферии.

Применение толстого профиля перераспределяет параметры по проточной части в основном во втулочной области. Потери в канале, расположенном со стороны корытца толстого профиля растут, потери при обтекании толстого профиля уменьшились на процесс обтекания тонкого профиля, расположенного со стороны спинки лопатки установка толстого стоечного узла влияния не оказала. То есть неравномерность потока за решеткой сопловых аппаратов увеличилась. Данные результаты объясняются с позиции теории вторичных течений в решетках [1]. Основное влияние на неравномерность потока по межлопаточному каналу оказывает так называемый канальный вихрь, в который преобразуется ветвь входного вихря, пересекающая межлопаточный канал от корытца к спинке, что показано в работе [2]. При этом основное различие в межлопаточных каналах проявляется на втулке. В периферийной области параметры потока различия в потерях незначительны. Ветвь входного вихря, образовавшаяся на толстой входной кромке силовой стойки, имеет больший диаметр [1], и основная его часть движется от корытца толстой лопатки к спинке тонкой. На втулке шаг решетки ниже, поэтому вихрь быстро достигает спинки лопатки, взаимодействуя с пограничным слоем. При этом вторичные потери на втулке увеличиваются вдвое.

Таким образом, определяющее влияние на потери и неравномерность потока в данном случае оказывает втулочный канальный вихрь. В межлопаточном канале, расположенном со стороны корытца толстого профиля, канальный вихрь наиболее интенсивен и расположен выше от торцевой стенки. Объясняется это толстой входной кромкой стоечной лопатки. Входной вихрь на толстой входной кромке имеет больший диаметр и соответственно большую площадь соприкосновения с пограничным слоем на торцевой стенке. Следовательно, подъемная сила, действующая на вихрь при поперечном обтекании, будет больше.

Таким образом, при установке толстого профиля в решетку сопловых аппаратов меняется картина течения с точки зрения неравномерности потока. Данный факт необходимо учитывать при проектировании ступени турбины с совмещенным стоечным узлом. Неравномерность в сопловом аппарате приведет к снижению эффективности работы рабочего колеса. Для снижения данной неравномерности потока необходима разработка специальных конструктивных мероприятий, направленных на изменение траектории или размеров канального вихря, образующегося на толстом профиле совмещенного стоечного узла. На размер канального вихря определяющее влияние будет оказывать форма и размеры входной кромки лопатки. Чем тоньше входная кромка лопатки, тем меньше размер канального вихря.

### **Список литературы**

1. Богомолов Е.Н., Вятков В.В., Ремизов А.Е. Газодинамика лопаточных венцов и переходных каналов турбин современных ГТД. М.: РАН, 2012. 168 с.: ил.
2. Богомолов Е.Н., Вятков В.В., Ремизов А.Е. Влияние вторичных течений на направление потока за турбинной решеткой // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2003. №1. С. 23-26.

### **Сведения об авторах**

Вятков Владимир Вячеславович, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: рабочий процесс газовых турбин.

Ремизов Иван Александрович, аспирант. Область научных интересов: CFD моделирование.

Тошаков Александр Михайлович, канд. техн. наук. Область научных интересов: рабочий процесс газовых турбин.

Комова Ольга Владимировна, студент. Область научных интересов: авиационные двигатели и энергетические установки.

## **STUDY OF THE STRUCTURE OF SECONDARY FLOWS IN AN ANNULAR CASCADE TURBINE BLADES CONSISTING OF PROFILES OF DIFFERENT GEOMETRY**

Vyatkov V.V., Remizov I.A., Toshakov A.M., Komova O.V.  
Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education  
«P. A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University»

*Keywords: gas turbine, combined nozzle, secondary flows, kinetic energy losses.*

The report presents the results of an experimental and numerical study of an annular nozzle cascade with an integrated with an integrated thick profile. Changes in the structure of secondary flows in various channels are shown. The determining effect of the channel vortex on the non-uniformity of the flow behind the nozzle cascade is established.