

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ШТЫРЬКОВОЙ ВИХРЕВОЙ МАТРИЦЫ СОПЛОВЫХ ЛОПАТОК ГАЗОВЫХ ТУРБИН

Овсейчук Н.А., Попов Д.А., Швалев С.О.

АО «ОДК-Авиадвигатель», г. Пермь, ovseychuk-na@yandex.ru

Ключевые слова: газовая турбина, сопловая лопатка, штырьковая вихревая матрица.

Следствием непрерывного совершенствования и усложнения систем охлаждения является повышение конкурентоспособности конструкции турбин, в которой при увеличении температуры газа перед турбиной расход воздуха на охлаждение не будет перекрывать выигрыш в удельных параметрах двигателя, а ресурс деталей турбины будет соответствовать заданным требованиям. С точки зрения общей эффективности турбины, в двигателе необходимо проектировать систему охлаждения, во-первых, с минимальным расходом охлаждающего воздуха, а во-вторых, с использованием по мере возможности отбора воздуха из-за промежуточных ступеней компрессора [1].

Одним из способов уменьшения расхода воздуха на охлаждение турбины является увеличение эффективности системы охлаждения лопаток. В наиболее напряжённых условиях работы находятся лопатки соплового аппарата и рабочего колеса первой ступени турбины высокого давления, поэтому основным направлением в улучшении их теплового состояния является использование различного рода конструкций, повышающих эффективность охлаждения с помощью увеличения конвективного теплообмена между охлаждающим воздухом и внутренней поверхностью лопатки [2].

Основной способ интенсификации конвективного теплообмена – установка различного рода турбулизаторов потока на теплопередающей поверхности [3].

Существует несколько основных видов конструкций турбулизаторов потока: турбулизирующие рёбра, штырьковая вихревая матрица, луночные турбулизаторы и вихревая матрица.

Наиболее часто в конструкциях сопловых и рабочих лопаток турбины высокого давления применяются штырьковые вихревые матрицы, которые расположены в области их выходных кромок. Однако, штырьковые элементы традиционных форм и вариантов их размещения в канале не всегда обладают высоким показателем конвективного теплообмена, что может привести к негативным последствиям на этапе проведения испытаний нового газотурбинного двигателя [4].

С целью увеличения эффективности системы охлаждения и избегания негативных последствий потенциально возможной и перспективной является оптимизация основных геометрических параметров штырьковой вихревой матрицы, основанная на результатах проведения трёхмерных газодинамических расчётов теплового состояния моделей вихревых матриц и сопловой лопатки в целом [5].

При постоянной внешней температуре стенок и постоянной температуре охладителя на входе эффективность конвективного теплообмена может быть выражена в виде коэффициента подогрева охладителя, определяемой формулой (1):

$$\theta = \frac{T_{\text{ВЫХ}}^* - T_{\text{ВХ}}^*}{T_{\text{ВХ}}^*}, \quad (1)$$

где $T_{\text{ВЫХ}}^*$ и $T_{\text{ВХ}}^*$ – осреднённые по расходу полные температуры охладителя на выходе и входе в расчётную область соответственно.

Проведено трёхмерное сопряжённое газодинамическое моделирование в стационарной постановке, в результате которого установлено, что при изменении геометрии канала штырьковой вихревой матрицы (форма штырьков, густота матрицы) различным получается и коэффициент подогрева охладителя.

На рисунке 1 представлен график зависимости коэффициента подогрева охладителя от густоты штырьков (количества рядов вдоль осей x и y). Из графика видно, что увеличение густоты приводит к росту коэффициента подогрева охладителя.

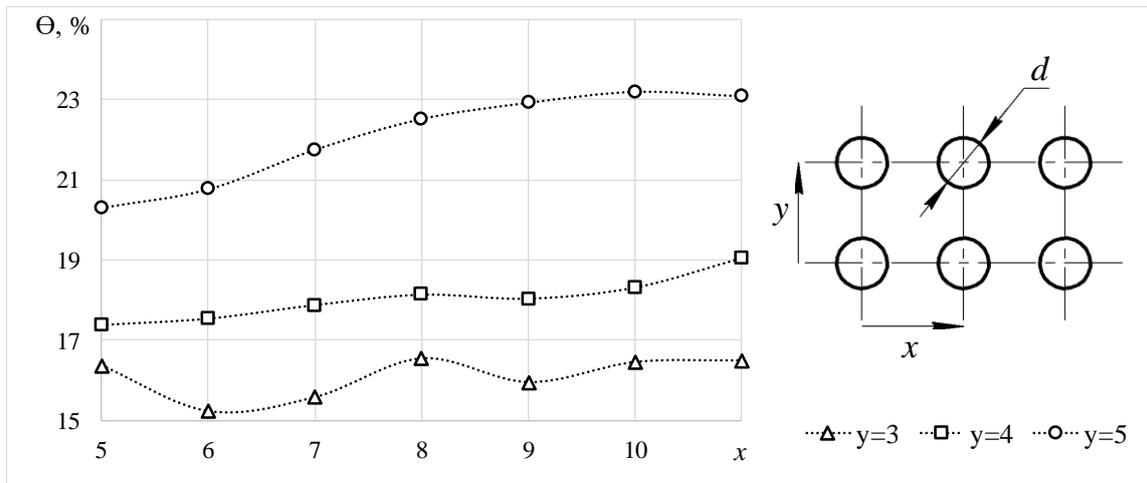


Рисунок 1 – Зависимость подогрева от густоты

Список литературы

1. Иноземцев, А.А. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок / А.А. Иноземцев, М.А. Нихамкин, В.Л. Сандрацкий. – Изд. 1. – Москва: Машиностроение, 2008. – Т. 2. – 368 с.
2. Karthik, Krishnaswamy External and Internal Cooling Techniques in a Gas Turbine Blade – An Overview / Krishnaswamy Karthik, Salyan Srikanth. – Текст: непосредственный // International Journal of Engineering Research & Technology. – 2021. – № 8. – С. 85-95.
3. Разработка и численное исследование штырьковых турбулизаторов потока, размещенных в конфузorno-диффузорных каналах / В.О. Киндра, С.К. Осипов, А.Н. Вегера [и др.]. – Текст: непосредственный // Труды седьмой российской национальной конференции по теплообмену. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2018. – С. 364-367.
4. Enhanced thermal performance of a pin-fin cooling channel for gas turbine blade by density-based topology optimization / Yeranee Kirttayoth, Rao Yu, Yang Li, Li Hao. – Текст: непосредственный // International Journal of Thermal Sciences. – 2022. – № 181.
5. Numerical study of unsteady flow and cooling characteristics of turbine blade cutback trailing edges integrated with pin fins and film holes / Li Yuefeng, Xu Huazhao, Wang Jianhua [и др.]. – Текст: непосредственный // Aerospace Science and Technology. – 2022. – № 126.

Сведения об авторах

Овсейчук Н.А., стажёр отделения турбин.

Попов Д.А., инженер-конструктор-расчётчик отделения турбин.

Швалев С.О., инженер-конструктор-расчётчик отделения турбин.

OPTIMIZATION OF PIN-FIN ARRAY DESIGN OF GAS TURBINE NOZZLE GUIDE BLADES

Ovseychuk N.A., Popov D.A., Shvalev S.O.

JSC «UEC-Aviadvigatel», Perm, Russia, ovseychuk-na@yandex.ru

Keywords: gas turbine, nozzle guide blades, pin-fin array.

The use of various pin-fin array design can significantly increase cooling system efficiency of turbine nozzle guide blades. The optimal pin-fin array design is obtained by 3D CHT CFD. It is possible to use optimization software tools to find better solutions.