

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ V-ОБРАЗНЫХ РЕБЕР В ЛОПАТКАХ ТУРБИНЫ С ДВУСТОРОННИМ ВЫПУСКОМ ВОЗДУХА

Чжэн Гуанхуа<sup>1</sup>, Сунь Ицян<sup>1</sup>, Чжан Бовэнь<sup>1</sup>, Саетгараев Аскар<sup>1</sup>, Лю Цзюньцзе<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт двигателей и энергетики, Северо-западный политехнический Университет, Сиань, Китай zhengguanghua@nwpu.edu.cn

<sup>2</sup>Самарский университет, Самара, Россия

*Ключевые слова:* Лопатка турбины, двойной воздуховыпуск, V-образное ребро, численная оптимизация.

Современные лопатки газовых турбин обычно охлаждаются путем отбора охлаждающего воздуха из компрессора, который обычно делится на две схемы: внутреннее охлаждение и внешнее охлаждение [1]. Внутреннее охлаждение начинается с внутреннего потока лопатки турбины, главным образом за счет усиления внутренней конвекции и теплопередачи. Для достижения этой цели охлаждающий воздух, всасываемый из компрессора, поступает в охлаждающий канал в лопатке и обменивается им со стенкой для снижения температуры лопатки. Распространенным методом внутреннего охлаждения является охлаждение спойлера. Охлаждение с помощью спойлера обычно усиливает возмущение газа за счет размещения спойлеров в охлаждающем канале, тем самым усиливая эффект конвекции и теплопередачи. Спойлеры бывают разных форм: ребра жесткости колонны спойлера и новые конструкции, появившиеся в последние годы, такие как впадины, перегородки и т.д. После того, как поступающий воздух пройдет через ребра, он вызовет явление разделения потока и повторного присоединения, увеличивая турбулентность газа вблизи стенки внутреннего канала охлаждения, тем самым усиливая теплообмен между газом и стенкой [2]. На рис. 1 показано разделение и повторное присоединение воздушного потока после прохождения через ребра. Явление разделения и повторного присоединения воздушного потока может усилить турбулентность воздушного потока вблизи ребристой стенки, тем самым улучшая характеристики теплопередачи канала.

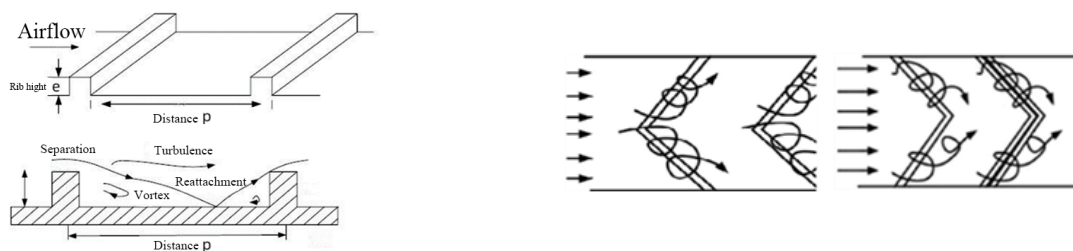


Рисунок 1 – Принципиальная схема отделения и повторного присоединения после прохождения воздушного потока через ребра

На основе ребер e0.75P12a45V исследовано влияние изменения высоты ребер на число Нуссельта и суммарного коэффициента теплопередачи прижимной поверхности канала задней кромки. При условии, что другие параметры типа ребер остаются неизменными, разработано в общей сложности 10 комплектов моделей ребер различной высоты с высотой ребер от 0,3 мм до 1,65 мм и расстоянием друг от друга 0,15 мм. На рис. 2 показана динамика среднего числа Нуссельта прижимной поверхности и суммарного коэффициента теплопередачи канала задней кромки при постепенном увеличении высоты ребер. Из рисунка видно, что по мере увеличения высоты ребер среднее число Нуссельта прижимной поверхности и общий коэффициент теплопередачи остаются примерно одинаковыми. Когда высота ребер увеличивается с 0,3 мм до 0,45 мм, среднее число Нуссельта прижимной поверхности и общий коэффициент теплопередачи медленно увеличиваются, а когда высота ребер увеличивается с 0,6 мм до 1,2 мм, тенденция роста становится больше. При увеличении высоты ребер с 1,35 мм до 1,5 мм среднее число Нуссельта прижимной поверхности и общий коэффициент

теплопередачи медленно увеличиваются. Темпы роста числа Нуссельта и суммарного коэффициента теплопередачи постепенно выровнялись. В итоге среднее число Нуссельта прижимной поверхности увеличилось с 61,64 до 88,52, увеличившись на 43,61%, а суммарный коэффициент теплопередачи увеличился с 0,364 до 0,523, увеличившись на 43,68%. Численно видно, что влияние высоты ребер на число Нуссельта прижимной поверхности и общий коэффициент теплопередачи в основном одинаковы. Аналогичным образом, при условии, что другие параметры типа ребер остаются неизменными, устанавливается в общей сложности 13 комплектов различных моделей с расстоянием между ребрами от 6 мм до 18 мм и на расстоянии 1 мм друг от друга. Как показано на рис. 3, при увеличении расстояния между ребрами с 6 мм до 18 мм среднее число Нуссельта на прижимной поверхности уменьшается с 82,06 до 66,99, что на 18,36% меньше, а общий коэффициент теплопередачи уменьшается с 0,487 до 0,401, что на 17,66% меньше.

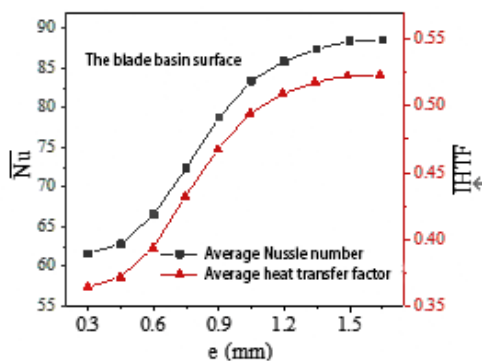


Рисунок 2 – Среднее число Нуссельта и суммарный коэффициент теплопередачи для различных по высоте ребер и поверхностей прижимной силы

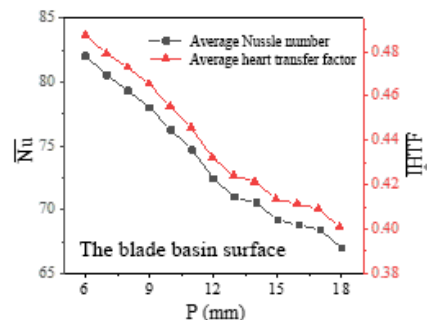


Рисунок 3 – Среднее число Нуссельта и суммарный коэффициент теплопередачи прижимной поверхности при различном межреберном шаге

### Список использованной литературы

1. Han J.C. Turbine Blade Cooing Studies at Texas A and M University 1980-2004. journal of Thermophysics and Heat Transfer. 2006. 20(2): 161-187.
2. Han J.C. Glicksman LR. Rohsenow WM. An Investigation of Heat Transfer and friction for Rib-Roughened Surfaces, International Journal of Heat and Mass Transfer ,1978. 21; 114-1156.
3. Han J.C. Heat Transfer and friction in Channels with Two Opposite Rib-Roughened Walls. Journal of Hear Transfer, Transactions of the ASME. 1984, 106(4): 774-781.

### Сведения об авторах

Чжэн Гуанхуа, область научных интересов: газотурбинные двигатели.

Сунь Ицянь, область научных интересов: газотурбинные двигатели.

Чжан Бовэнь, область научных интересов: газотурбинные двигатели.

Саэтгараев Аскар, область научных интересов: газотурбинные двигатели.

Лю Цзюньцзе, аспирант. Область научных интересов: газотурбинные двигатели.

### EFFECT OF V-SHAPED RIBS ON THE HEAT TRANSFER CHARACTERISTICS OF THE TRAILING EDGE CHANNEL OF THE DUAL OUTLET TURBINE BLADE

Zheng Guanghua <sup>1</sup>, Sun Yiqian <sup>1</sup>, Zhang Bowen <sup>1</sup>, Saetgaraev Askar <sup>1</sup>, Liu Junjie <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Power and Energy, Northwestern Polytechnic University, China

zhengguanghua@nwpu.edu.cn

<sup>2</sup>Samara University, Samara, Russia

*Keywords: Turbine blade, double air outlet, V-shaped rib, numerical optimization.*

This article studies the flow and heat transfer characteristics of V-shaped ribs in the trailing edge channel of the dual outlet blade and optimizes the fin structure based on numerical simulation methods.