

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОПАТОК ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ

Бенедюк М.А.<sup>1</sup>, Филинов Е.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, [benedyuk00@bk.ru](mailto:benedyuk00@bk.ru)

*Ключевые слова:* лопатки газовой турбины, охлаждение, теплоотдача, метод.

В современных газотурбинных двигателях температура газа перед турбиной близка к точке плавления материала лопаток. Это требует интенсивного охлаждения первых трёх венцов турбины.

Мы рассматриваем охлаждаемую (диабатическую) лопатку турбины, в которой происходит теплоотдача между материалом турбины и охлаждающим воздухом. Схема подобной лопатки турбины приведена на Рис. 1. Для того, чтобы защитить лопатки от высоких тепловых напряжений, должно отводиться большое количество тепла от этих лопаток. Один из методов охлаждения, используемый в настоящее время, обеспечивает охлаждение путём подвода воздуха, отбираемого от компрессора, в полости охлаждения турбины. Часть охлаждающего воздуха попадает в полость охлаждения лопатки и проходит по нескольким каналам. В этих каналах происходит интенсивный отбор тепла от материала лопаток к охлаждающему воздуху, в результате чего значительно падает температура поверхности лопаток. Для эффективной теплоотдачи в полости охлаждения лопатки выполнены игольчатые ребра и турбулизаторы, которые увеличивают местную турбулентность потока. Это увеличивает отбор тепла от материала лопаток. Охлаждающий воздух может выходить через щель в выходной кромке. Этот метод охлаждения называется конвективным охлаждением. Так же охлаждающий воздух может выходить через массив отверстий, выполненный на поверхности лопатки включая отверстия, выполненные на ее кромке, обеспечивая наличие охлаждающей плёнки, омывающей поверхность лопатки. Плёнка формирует промежуточный слой между горячим газом и материалом лопатки. Данный метод охлаждения называется конвективно-плёночным.

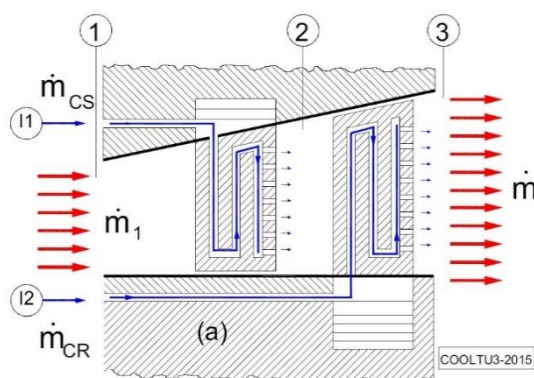


Рис. 1 – Схема лопаток с конвективным охлаждением

Наиболее перспективным является метод пористого охлаждения. Лопатка с охлаждением таким методом выполнена из несущего стержня с профильными ребрами и пористого материала, образующего оболочку. Оболочка выполнена из материала, способного пропускать через себя хладагент (в данном случае охлаждающий воздух, отбираемый от компрессора). Сама оболочка повторяет профилированные ребра, тем самым образуя необходимую геометрию лопатки. Главное отличие пористого охлаждения от остальных состоит в том, что отверстия для прохода воздуха выполнены с меньшим диаметром и в большем количестве, следовательно хладагент отбирает больше тепла от материала, после чего выходит через поры и образует защитную

плёнку на поверхности лопатки. По сравнению с конвективно-пленочным охлаждением, данный метод позволяет повысить температуру газа перед турбиной до 1700...1900 К.

До практического применения данный метод еще не дошел. Это обусловлено прежде всего малым количеством сведений о прочностных характеристиках данного материала, а также трудностью производства. На данный момент подобную лопатку представляется возможным изготовить при помощи аддитивных технологий.

Для изучения прочностных характеристик необходимо создать подобную 3D-модель и провести расчеты. Такая модель будет выполнена методом мелкозернистой структуры. Она представляет собой массив сфер, эмитирующих гранулы. Однако, большое количество мелких элементов является ограничением по мощности вычислительной техники. Для этого будет взят произвольный объем меньшего размера по сравнению с самой лопаткой. В результате чего представляется возможным изучение прочности данной модели и ее пропускной способности, характеризующей расход хладагента через поры.

### Список литературы

1. Сайтов Э.Н., Николаева Я.О., Бикбулатов А.М. Эффективность различных систем воздушного охлаждения лопаток газотурбинной установки, г. Уфа
2. Березин В. В., Акбиров З. Р., Фатхиева Р. А., Смолкин Р. М., Байгалиев Б. Е., Акимов А. В., Зарипов И. Р. Создание пористой системы охлаждения лопаток // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 17. – С. 464–466. – URL: <http://e-koncept.ru/2016/46268.htm>

Сведения об авторах

Бенедюк Максим Андреевич, студент. Область научных интересов: рабочие процессы газотурбинных двигателей.

Филинов Евгений Павлович, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: рабочие процессы газотурбинных двигателей.

## COMPARISON OF USED AND PROSPECTIVE METHODS FOR COOLING GAS TURBINE BLADES

Benedyuk M.A.<sup>1</sup>, Filinov E.P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Samara National Research University, Samara, Russia, [benedyuk00@bk.ru](mailto:benedyuk00@bk.ru)

*Keywords: gas turbine blades, cooling, heat transfer, method.*

This paper studies a promising method for cooling gas turbine blades in order to improve the efficiency and economy of fuel. The most promising method is porous cooling. A blade with cooling by this method is made of a carrier rod with profiled ribs and a porous material that forms a shell.