

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕРФОРАЦИИ ПЛЕНОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОПАТКИ ТУРБИНЫ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ

Волков А.А., Сулейманов А.Р., Кудряшов И.А., Попов Г.М.
Самарский университет, г. Самара, artur.suleimanov1997@gmail.com

Ключевые слова: сопловой аппарат, охлаждаемая лопатка турбины, плёночное охлаждение, конвективное охлаждение, коэффициент эффективности охлаждения

В данной работе выполнена апробация подхода к отдельному моделированию пленочного и конвективного охлаждения для определения теплового состояния соплового аппарата, а также проведено исследование влияния геометрических параметров отверстий пленочного охлаждения на изменение эффективности конвективного охлаждения.

Моделирование теплового состояния соплового аппарата можно выполнить разными методами: в виде полной сопряженной постановки или в виде псевдосопряженного моделирования. Как альтернатива предлагается рассмотренный в данной работе способ определения теплового состояния с помощью отдельного моделирования пленочного и конвективного охлаждения. При этом выдвигается предположение о том, что в некотором диапазоне изменение геометрических параметров отверстий выдува не окажет большого влияния на конвективную составляющую охлаждения и она будет постоянна. На основе этого будет возможным проведение расчетов отдельно для пленочного охлаждения и конвективного охлаждения, а после – определение суммарной эффективности охлаждения.

Исходя из вышесказанного, данная работа преследует следующую цель: подтвердить возможность отдельного расчета эффективности пленочного и конвективного охлаждения для определения температуры лопатки, а также оценить возможность сохранения эффективности конвективного охлаждения постоянной при изменении эффективности пленочного охлаждения.

В качестве предмета исследования выбран экспериментальный сопловой аппарат (СА), изготовленный на предприятии ПАО «ОДК-Кузнецов», для которого известны результаты термометрирования для пленочного и конвективного охлаждения. Данный СА обладает системой конвективно-пленочного охлаждения [1]. Пленка создается десятью рядами отверстий, а за конвективную составляющую отвечает вихревая матрица.

Конечно-объемная модель создавалась в программном пакете ANSYS MESHING со следующими параметрами: функция задания размера элемента Proximity and curvature, глобальный размер элемента 2 мм. Параметры пристеночного слоя: размер первого элемента 0,001 мм, количество слоев 20, коэффициент роста 1,2. Количество элементов для сопряженной модели с полной системой охлаждения составляет 63 млн элементов.

Численная модель создавалась в программном пакете ANSYS CFX. Модель турбулентности: SST с функцией Fully Turbulent. На входе задавались полное давление и температура, на выходе – статическое давление. Для охлаждающего воздуха пленочного и конвективного охлаждения на входе задавались расход и температура. Рабочее тело: идеальный газ, для которого удельная теплоемкость и динамическая вязкость задавались в зависимости от температуры, материал лопатки ЖС6У.

В процессе работы верифицированы модели по пленочному и конвективному охлаждению в сопряженной и адиабатической постановке, среднее расхождение с экспериментом составляет 5-10%. Создана комплексная модель конвективно-пленочного охлаждения. Проведено сравнение расчетов пленочного охлаждения и всей системы охлаждения СА в адиабатической постановке, в результате различие составляет менее 1%. Это дает возможность сделать вывод о том, что нет необходимости учитывать воздух, участвующий только в конвективном теплообмене в адиабатических расчетах.

Проведена апробация подхода к раздельному моделированию пленочного и конвективного охлаждения для определения теплового состояния СА. В целом получаемые результаты сопоставимы как численно, так и характерно. Наибольшее расхождение составляет 10-15% и наблюдается в области вторичных течений, на корытце вблизи выдува охладителя.

Проведено исследование влияния геометрических характеристик перфорации в СА на эффективность конвективного охлаждения. В результате можно отметить, что при уменьшении количества отверстий распределение эффективности конвективного охлаждения в целом остается прежним, наибольшие отличия наблюдаются в зоне изменения перфорации и составляют 5-8%. При исследовании влияния диаметров было выявлено, что оказываемый эффект меньше, чем от изменения количества отверстий. Наибольшее расхождение наблюдаются в тех же местах и составляет 3-5%.

Список литературы

1. Проектирование авиационных газотурбинных двигателей / В.П. Данильченко [и др.]. Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2008. 620 с.

Сведения об авторах

Волков Андрей Александрович, младший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Сулейманов Артур Робертович, инженер. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, численное моделирование лопаточных машин.

Кудряшов Иван Александрович, инженер. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Попов Григорий Михайлович, канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE PERFORATION PARAMETERS OF THE FILM COOLING OF THE TURBINE VANE ON THE RESULTS OF CALCULATION OF THE COOLING EFFICIENCY

Volkov A.A., Suleimanov A.R., Kudryashov I.A., Popov G.M.

Samara National Research University, Samara, Russia, artur.suleimanov1997@gmail.com

Keywords: stator vane, cooled turbine vane, film cooling, convective cooling, cooling efficiency factor.

In this work, the approach to the separate modeling of film and convective cooling is tested to determine the thermal state of the nozzle apparatus, and the influence of the geometric parameters of the film cooling holes on the change in the convective cooling efficiency is studied.