

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕНА В РАЗГРУЗОЧНОЙ ПОЛОСТИ ВЕНТИЛЯТОРА

Ненашев Д.А.¹, Тисарев А.Ю.^{1,2}

¹ПАО «ОДК–Кузнецов», г. Самара, crashandflash@yandex.ru

²Самарский университет, г. Самара

Ключевые слова: разгрузочная полость, конвективный теплообмен.

Методика гидравлического анализа пневмосистем, базируемая на полуэмпирических моделях, широко используется при оценке потокораспределения и определения граничных условий конвективного теплообмена во внутренних полостях авиационных двигателей. Несмотря на свою простоту и эффективность, она имеет ряд ограничений, которые в некоторых случаях не позволяют достоверно описать теплогидравлические процессы в воздушных полостях. Одним из ограничений является моделирование процессов теплообмена в полостях большого объёма с разветвлением потоков.

В работе рассматривается воздушная полость за вентилятором. Данная полость выполняет две функции. С одной стороны, в полости создаётся повышенное давление с целью разгрузки радиально-упорного подшипника вентилятора. С другой стороны, полость выполняет функцию магистрали подвода воздуха на противообледенительную систему кока. Значительная часть подводимого воздуха в полость сбрасывается в осевой зазор за рабочей лопаткой через каскад уплотнений, в то время как другая часть идёт на обогрев кока (рис. 1, а). В связи с этим выполнялись следующие задачи: определение границ теплообмена для каждого из потоков; определение критериальных уравнений конвективного теплообмена для границ.

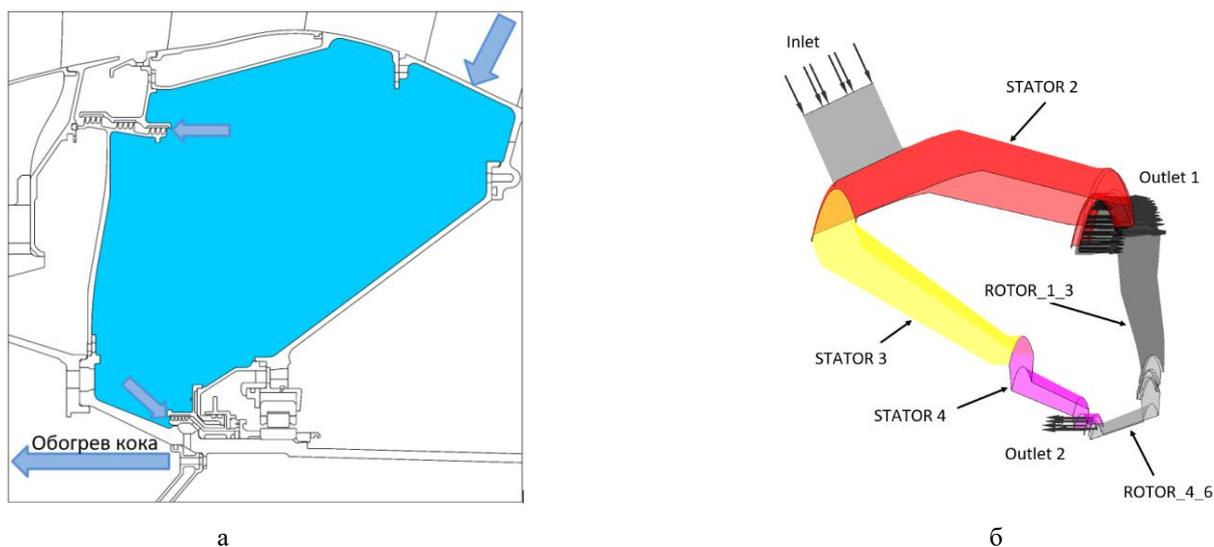


Рис. 1 – Схема течения воздуха в разгрузочной полости КНД:
а – потокораспределение; б – границы теплообмена

В программе NX 12 была создана объёмная секторная модель с углом 60° , которая импортировалась в программу ANSYS ICEM CFD, где была построена неструктурированная тетраэдрическая сетка. Сеточные модели импортировались в программу ANSYS CFX. В качестве рабочего тела использовался воздух на основе модели идеального газа. Вязкость, теплоёмкость и теплопроводность воздуха вычислялись как функции статической температуры по основным полиномиальным зависимостям.

Определение границ теплообмена для каждого из воздушных потоков выполнялось по следующему алгоритму:

1) на основании полученных в расчёте расходов и температур на каждом из двух выходов рассчитывался тепловой поток

$$Q = C_{p \text{ вх.}} \cdot G_{\text{вых}} \cdot (T_{\text{вх}} - T_{\text{вых}}), \quad (1)$$

где $C_{p \text{ вх.}}$ – удельная теплоемкость воздуха на входе; $G_{\text{вых}}$ – массовый расход воздуха на выходе; $T_{\text{вх}}$ и $T_{\text{вых}}$ – температура воздуха на входе и выходе соответственно;

2) рассчитывался тепловой поток для каждой границы в соответствии с рис. 1, б

$$Q = q_w \cdot F, \quad (2)$$

где q_w – удельный тепловой поток на границе; F – площадь поверхности теплообмена;

3) суммирование тепловых потоков для границ выполнялось таким образом, чтобы определить набор границ, сумма тепловых потоков которых соответствовала тепловым потокам, полученным для выходов в (1).

В итоге было определено, что теплообмен воздуха, сбрасываемого в осевой зазор, вероятно происходит с границами STATOR_2 и ROTOR_1_3 и ROTOR_4_6, а теплообмен воздуха на ПОС происходит с границами STATOR_3 и STATOR_4 (рис. 1, б).

В рамках работы также выполнялось формирование критериальных уравнений теплообмена для каждой из границ для внесения их в программу гидравлического анализа. Для получения зависимостей числа Нуссельта (Nu) от числа Рейнольдса (Re_ϕ), числа Прандтля (Pr) и критерия, представляющего собой отношение окружной скорости диска к радиальной скорости потока (K_v) была проведена серия газодинамических расчётов полости. В конечном виде для каждой границы полученные зависимости имели следующий вид

$$Nu = C \cdot Re_\phi^k \cdot K_v^p \cdot Pr^n, \quad (3)$$

где C, k, m, n, p – некоторые постоянные величины.

В результате полученные сведения о потокообразовании в полости и полученные критериальные зависимости теплообмена для границ были использованы для корректировки гидравлической модели пневмосистемы, а также позволили уточнить изменение температуры среды, идущей на противообледенительную систему кока.

Сведения об авторах

Ненашев Дмитрий Александрович, инженер-конструктор. Область научных интересов: сопряжённый теплообмен в охлаждаемых лопатках турбин.

Тисарев Андрей Юрьевич, начальник отдела, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: процессы в пневмосистемах; теплогидравлический и термомеханический анализ ГТД.

SIMULATION OF FLOW AND HEAT TRANSFER IN THE INTERNAL CAVITY OF THE FAN

Nenashev D.A., Tisarev A.Yu.

PJSC «UEC-Kuznetsov», Samara, Russia, crashandflash@yandex.ru

Keywords: discharge cavity, convective heat transfer.

The paper considers the air cavity behind the fan. This cavity performs two functions. On the one hand, an increased pressure is created in the cavity in order to unload the angular contact bearing of the fan. On the other hand, the cavity performs the function of an air supply line to the de-icing system of the coca.