

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМО-НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ РОТОРА КВД С УЧЕТОМ ВТОРИЧНЫХ ТЕЧЕНИЙ В ПОЛОСТЯХ

Темис Ю.М., Селиванов А.В., Юрченко Г.Г.

Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова, г. Москва

NUMERICAL SIMULATIONS OF THERMAL-STRESS STATE OF HPC ROTOR WITH SECONDARY FLOW CONSIDERATION

Temis J.M., Selivanov A.V., Yurchenko G.G. For determination thermal-stress state of a rotor of high-pressure compressor (HPC) are built one-dimensional flow models of channels, seals and cavities in secondary flow path of HPC. Additional two-dimensional axisymmetric calculations are made to take into account flow in HPC cavities. On basis of calculation flow in secondary flow path are obtained thermal boundary conditions and thereafter thermal-stress state of the HPC rotor is calculated.

При проектировании компрессоров высокого давления (КВД) одной из ключевых задач является достоверное определение его термо-напряженного состояния с учетом нестационарных тепловых эффектов и влияния вторичных течений в каналах и междисковых полостях.

Наличие радиального градиента температур между ободом и ступицей диска ведет к появлению температурных напряжений, которые достигают значительной величины на последних ступенях КВД и должны учитываться при проведении прочностных расчетов. Кроме того, разность в тепловой инерции дисков и статорных оболочек, наряду с действием инерционных нагрузок, ведет к изменению радиальных зазоров над лопатками. Оценка кинетики зазоров по полетному циклу, необходимая для выбора параметров системы управления радиальными зазорами, также основана на определении термо-напряженного состояния статора и ротора КВД.

Основной проблемой при расчете термо-напряженного состояния ротора КВД, является определение параметров теплообмена (коэффициента теплоотдачи и температуры газа) на границах обдуваемых деталей. В основном газодинамическом тракте эти параметры вычисляются достаточно точно. Однако во вторичном тракте и, особенно, в междисковых полостях задача их определения по-прежнему остается актуальной.

Для решения этой задачи была построена гидравлическая сеть вторичных течений газа в КВД, в которой все типовые элементы (кольцевые и радиальные каналы, полости, лабиринтные уплотнения, элементарные сопротивления и др.) были заменены их одномерными моделями. При этом каждый типовой элемент являлся ветвью сети, а точки их соединения – узлами. Подобный подход был предложен в работах [1, 2].

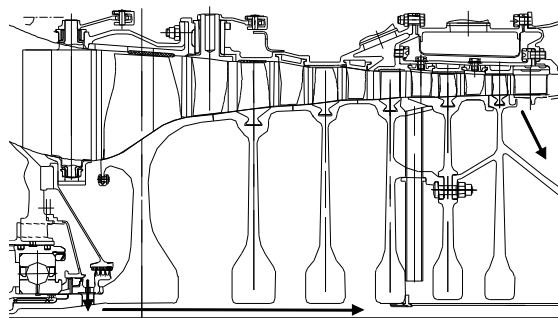


Рис. 1. Общий вид КВД

Для построения математической модели лабиринтного уплотнения применена модель двух контрольных объемов и эмпирические данные работы [3]. Модели остальных элементов основаны на уравнениях сохранения массы, импульса и энергии и эмпирических выражениях коэффициентов трения и теплоотдачи через критерии Рейнольдса и Нуссельта.

Одномерные модели типовых элементов верифицированы при помощи экспериментальных данных, а также на основе

сравнения с результатами двумерных расчетов, проведенных в программном комплексе Fluent ANSYS. По результатам сравнения подтверждена адекватность выбранных математических моделей.

Расчет построенной гидравлической сети позволил определить параметры газа во вторичном тракте КВД и получить распределения коэффициентов теплоотдачи и температуры потока на поверхностях ротора. Однако по результатам одномерных расчетов невозможно определить параметры газа внутри междисковых полостей, которые имеют сложную, отличающуюся от типовой, геометрию. Течение газа в этих полостях моделировалось отдельно на основе двумерных осесимметричных моделей, с последующим обобщением полученных результатов.

Расчитанные поля температур и распределения коэффициентов теплоотдачи по каналам и полостям использовались как граничные условия при определении теплового и напряженно-деформированного состояния ротора КВД в двумерной осесимметричной постановке. Для расчета последовательности квазистационарных состояний ротора было

организовано информационное взаимодействие между программами; при этом учитывалось изменение зазоров во вторичном тракте вследствие изменения размеров деталей.

Полученные результаты позволили уточнить термонапряженное состояние ротора КВД с учетом течения газа в междисковых полостях. Разработанные модели могут служить основой для расчета кинетики зазоров в КВД.

Библиографический список

1. Копелев С.З., Слитенко А.Ф. Конструкция и расчет систем охлаждения ГТД. Х.: "Основа", 1994. - 239 с.
2. Костеж В.К., Харьковский С.В. Расчетное определение параметров среды в разветвленной системе воздухоподвода турбины и граничных условий теплообмена на поверхности диска // Труды ЦИАМ № 1269, М.: ЦИАМ, 1990. - С. 116-128.
3. Childs D.W. Turbomachinery Rotor-dynamics: phenomena, modeling, and analysis. John Wiley&Sons Inc., 1993. - 476 p.

УДК 629.7.036.22

ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛИ КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗДУШНО – РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ КАМЕРОЙ СГОРАНИЯ

Солодовников А.В., Вышегородцев Е.Н., Голубятник В.В.

Серпуховской военной институт ракетных войск

TESTING OF COMBINED AIR-ROCKET ENGINE MAK-UP WITH PULSING COMBUSTION CHAMBER

Solodovnikov A.V., Vishegorodcev E.N., Golubyatnik V.V. This paper describes the test results of combined air-rocket engine mak-up at air ($V = \text{const}$) and rocket modes ($p = \text{const}$), the main technical characteristics have been obtained.

При выполнении исследований по освоению околоземного пространства возникла необходимость решения научно - технической проблемы по созданию комбинированного воздушно – ракетного двигателя (КВРД), работающего как в атмосфере, так и

в космосе. На современном этапе решение этой задачи является ключевой в технологии создания многофазового воздушно – космического самолета (ВКС) горизонтального старта.