

## **ВЛИЯНИЕ УТОЧНЕНИЯ МОДЕЛИ ЛАБИРИНТНОГО УПЛОТНЕНИЯ НА РАСЧЕТНОЕ ТЕРМОНАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Худенко Н.Д., Лазарев А.П.  
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», г. Москва  
[ndkhuneko@ciam.ru](mailto:ndkhuneko@ciam.ru)

*Ключевые слова: термомеханическая модель, лабиринтное уплотнение, радиальный зазор, вторичные потоки, утечка*

Одним из ключевых элементов электронного макета двигателя является термомеханическая модель его конструктивно-силовой схемы, предназначенная для определения теплового и напряженно-деформированного состояния основных деталей корпусов и роторов по полетному циклу с учетом теплообмена с потоками воздуха в проточной части и тракте охлаждения. Термомеханическая модель ГТД состоит из двухмерной (осесимметричной) конечно-элементной модели конструкции и одномерной модели течения воздуха в тракте охлаждения с итерационным уточнением граничных условий между ними.

Целью настоящего исследования являлось уточнение модели течения воздуха в лабиринтных уплотнениях тракта охлаждения и анализ чувствительности термомеханической модели к сделанным уточнениям. Рассмотрено два направления:

- повышение уровня достоверности одномерной модели лабиринтного уплотнения за счет ее модификации по результатам предварительных двумерных расчетов;
- учет изменения радиальных зазоров в лабиринтном уплотнении при моделировании полетного цикла, т.е. формирование обратной связи между моделями расчета гидравлики, теплового и напряженно-деформированного состояния с передачей не только тепловых, но и кинематических граничных условий.

В рамках реализации первого направления проведена серия двумерных расчетов течения воздуха в косозубом лабиринтном уплотнении думисной полости за КВД и прямозубом лабиринтном уплотнении перед ТВД. Расчеты выполнены в стационарной сжимаемой постановке в диапазоне рабочих условий, соответствующих рассматриваемому полетному циклу. В результате рассчитаны значения поправочных коэффициентов, которые далее использовались в модели гидравлической сети.

В рамках второго направления совместно (итерационно) решались гидравлическая, тепловая и структурная задачи, и в конце каждой итерации определялись изменения зазоров в лабиринтных уплотнениях по времени и передавались в модель гидравлической сети для расчета следующего цикла. Расчеты проводились в двух постановках: изменение зазора только в одном или нескольких лабиринтах - и продолжались до установления.

Показано влияние указанных выше модификаций на распределение расходов в системе вторичных потоков и тепловое состояние деталей газогенератора типового ГТД.

### **Список литературы**

1. Азметов Х.Х., Булчинский Я.С., Темис Ю.М., Харьковский С.В. Численное моделирование процессов изменения теплового и напряженного состояния и кинетики зазоров в турбине ГТД на нестационарных режимах // Вопросы авиационной науки и техники. Сер. Авиационное двигателестроение. ЦИАМ. – 2001. – Вып. 1 (1320). – С. 51-61

2. Темис Ю.М., Селиванов А.В., Юрченко Г.Г. Моделирование термонапряженного состояния ротора компрессора высокого давления с учетом вторичных течений в полостях // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. №6 (30) 2011 г. С. 148-156

### **Сведения об авторах**

Лазарев Александр Петрович, научный сотрудник. Область научных интересов: прикладная газовая динамика.

Худенко Никита Дмитриевич, инженер, аспирант. Область научных интересов: междисциплинарное математическое моделирование, прикладная газовая динамика.

## **THE EFFECT OF THE REFINEMENT OF THE LABYRINTH SEAL MODEL ON THE CALCULATED THE THERMOSTRESSED STATE OF AN AIRCRAFT ENGINE**

Khudenko N.D., Lazarev A.P.  
CIAM, Moscow, Russia, [ndkhuneko@ciam.ru](mailto:ndkhuneko@ciam.ru)

*Keywords: thermomechanical analysis, labyrinth seal, radial clearance, secondary air flows, air leakage*

The purpose of this study was to refine the model of air flow in the labyrinth seal of the cooling tract of an aircraft engine. It also provides an analysis of the sensitivity of the thermomechanical model to these refinements.