

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Казимарданов М.Г.¹

¹АО «ОДК-Авиадвигатель», г. Пермь, kazimardanov@mail.ru

Ключевые слова: камера сгорания, оптимизация.

Оптимизация теплового состояния стенок жаровой трубы (ЖТ) камеры сгорания (КС) является одной из ключевых задач в разработке современных авиационных двигателей.

Оптимизация – задача нахождения экстремума целевой функции в рассматриваемой области. Цель любой оптимизации заключается в достижении предельных значений показателей эффективности при соблюдении заданных ограничений.

Оптимизатор может проводить расчёты по поиску оптимального варианта неограниченно долго, медленно приближаясь к оптимуму. Поэтому близкие к целевому значению результаты в практике моделирования КС, с учётом погрешностей расчётов, могут быть признаны оптимальными для прекращения цикла оптимизации.

Модуль оптимизации, на основании полученных расчётных значений целевых параметров, выполняет анализ множества полученных результатов расчётов и на основе этого анализа и выбранных критериев качества (эффективности) конструкции предлагает для проверки потенциально наиболее оптимальные следующие варианты.

В рассматриваемой КС газотурбинного двигателя необходимо получить при оптимизации диаметры отверстий системы охлаждения, при которых будет оптимальное тепловое состояние жаровой трубы КС. Есть несколько групп отверстий системы охлаждения, например, три на наружной стенке, три на внутренней стенке (рисунок 1).

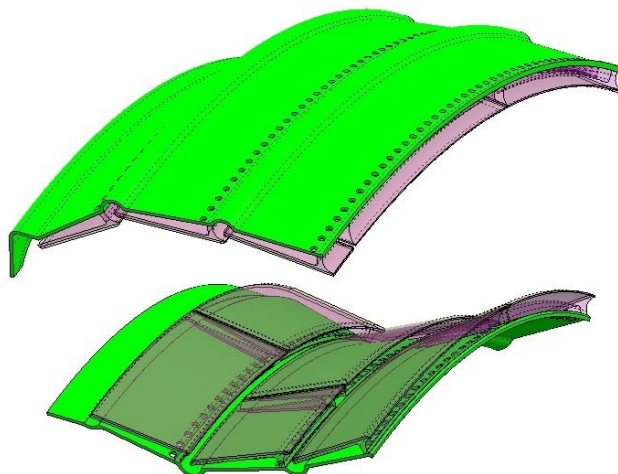


Рисунок 1 – Геометрическая модель стенок с отверстиями охлаждения

Данная задача является однокритериальной оптимизацией конструкции наружной и внутренней стенок ЖТ. Задача ограничена величинами диаметров отверстий системы охлаждения, а также величиной суммарной площади отверстий системы охлаждения.

В рассматриваемом примере необходимо добиться такого распределения диаметров отверстий системы охлаждения, чтобы максимальная температура теплозащитного покрытия жаровой трубы камеры сгорания не превышала его рабочую температуру. Теплозащитное покрытие – современные системы материалов, обычно наносимые на металлические поверхности, работающие при повышенных температурах [1].

Для получения оптимального теплового состояния деталей жаровой трубы необходимо оптимизировать следующую целевую функцию (1):

$$\sum_{i=1}^N T_{срТЗП}^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

где N – число групп отверстий, $T_{срТЗП}$ – средняя температура теплозащитного покрытия.

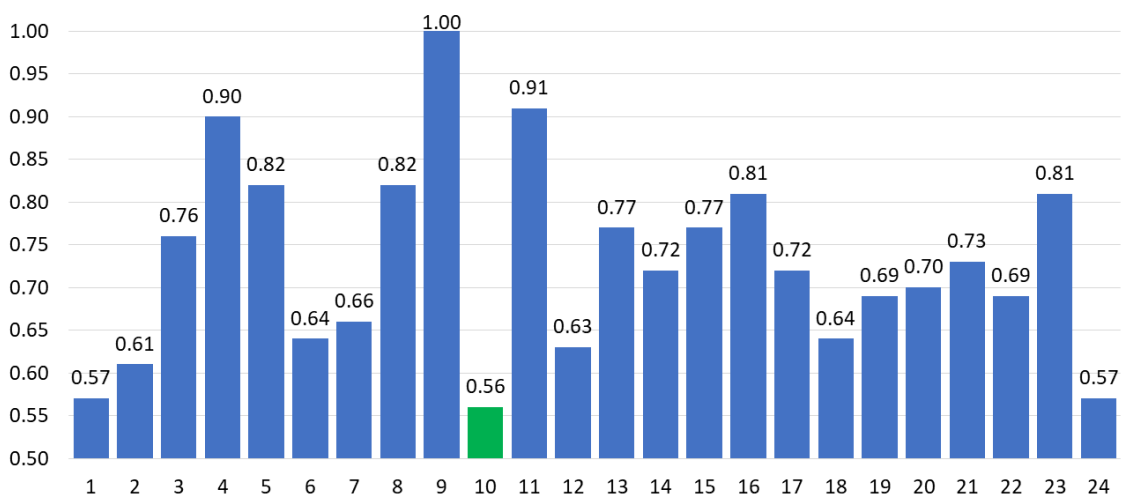


Рисунок 2 – Гистограмма относительных значений суммы квадратов температуры теплозащитного покрытия, осредненных по времени и объему

По результатам расчётов среди всех рассмотренных вариантов выбирается комбинация размеров отверстий системы охлаждения по значению минимума суммы квадратов температур теплозащитного покрытия, осреднённых по объему. Средняя температура теплозащитного покрытия уменьшилась на 5% относительно исходного варианта комбинации отверстий охлаждения на обечайках ЖТ, который рассматривался до проведения оптимизации. Такое улучшение теплового состояния значительно увеличило ресурс теплозащитного покрытия. На основании расчетов изготавливаются опытные образцы и проводятся натурные испытания.

Список литературы

1. Yu F. and Bennett T.D. "A nondestructive technique for determining thermal properties of thermal barrier coatings". J. Appl. Phys. 97 (1): 013520-013520-12.

Сведения об авторе

Казимарданов Максим Георгиевич, инженер-конструктор-расчётчик, отдел расчётных работ по камерам сгорания. Область научных интересов: моделирование рабочего процесса в камере сгорания газотурбинных двигателей.

OPTIMIZATION OF THE THERMAL STATE OF THE COMBUSTION CHAMBER OF A GAS TURBINE ENGINE

Kazimardanov M.G.¹

¹Samara University, Samara, Russia, kazimardanov@mail.ru

Keywords: combustion chamber, optimization.

In this example, it is necessary to achieve such a distribution of the diameters of the cooling system holes that the maximum temperature of the heat-protective coating of the combustion chamber flame tube does not exceed its operating temperature. According to the results of the calculations, a combination of the sizes of the cooling system holes is selected among all the considered variants according to the value of the minimum sum of squares of the temperatures of the heat-protective coating, averaged over the volume. Based on the calculations, prototypes are manufactured and full-scale tests are conducted.