

А.С. КОВАЛЕНКО, П.И. ГРЕКОВ, К.И. КАПИТАНЧУК

ОДИН ИЗ ВОЗМОЖНЫХ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗА МЕЖДУ КАСКАДАМИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОХЛАЖДАЕМОЙ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ

УДК 629.7.036.3

В настоящей статье дано обоснование расчетной формулы для определения температуры газа между каскадами газовой турбины с учетом подвода охлаждающего воздуха в рабочий тракт.

В настоящее время имеется ряд методик определения T_r^* между каскадами двух и трёхвалных газовых турбин. Большинство из них требуют использования ряда рабочих формул и графических зависимостей, приведенных в [1]. Однако, при проведении многократных расчётов с применением вычислительной техники использование таких методик становится крайне затруднительным.

Данная статья ставит целью получение расчетной зависимости определения T_r^* , удобной для реализации её на ЦВМ.

Количество теплоты, необходимое для нагревания потока газа от температуры T_r^* до T_2^* , массой M можно определить по формуле

$$Q = C_p M (T_2^* - T_r^*), \quad (1)$$

где C_p — удельная теплоёмкость при постоянном давлении.

В процессе смешения газа с охлаждающим воздухом устанавливается температура смеси $T_{см}^*$. При этом выполняется следующее условие:

$$C_{pB} M_B (T_{см}^* - T_B^*) + C_{pГ} M_r (T_{см}^* - T_r^*) = 0. \quad (2)$$

Это уравнение представляет собой математическое выражение Закона сохранения энергии при теплообмене и называется уравнением теплового баланса.

Решая (2) относительно T_{cm}^* , получим

$$T_{cm}^* = \frac{T_r^* + \frac{C_{p0} M_0}{C_{pr} M_r} \cdot T_0^*}{1 + \frac{C_{p0} M_0}{C_{pr} M_r}} \quad (3)$$

Отношение C_{p0}/C_{pr} можно определить используя эмпирические зависимости $C_p = f(T)$, приведенные в [2].

Отношение масс газа и охлаждающего воздуха пропорционально отношению соответствующих расходов. При этом

$$\frac{M_0}{M_r} = \frac{G_{оохл}}{G_{rl}} \quad (4)$$

Зная, что степень двухконтурности m равна [1]

$$m = \frac{G_{02}}{G_{01}} = \frac{G_{02} - G_{01}}{G_{01}} = \frac{G_{02}}{G_{01}} - 1$$

$$\text{Получим } G_{rl} = G_{02} (1+m)^{-1} \quad (5)$$

Расход газа, с учетом расхода топлива и отбора воздуха на охлаждение, определится по следующей формуле:

$$G_{rl} = \frac{G_{02}}{1+m} (1 - \gamma_{отб} - A)(1 + \gamma_r) \quad (6)$$

а расход охлаждающего воздуха -

$$G_{оохл} = G_{01} \gamma_{оохл} = \frac{G_{02}}{1+m} \cdot \gamma_{оохл} \quad (7)$$

где γ_r - относительный расход топлива;
 $\gamma_{отб}$ - относительный расход на отбор;

$$A = \gamma_{оохл} - \gamma_{оохл, T_{02}}; \quad \gamma_{оохл} = \gamma_{оохл, T_{02}}$$

для определения T_{02}^* ;

$$A = \gamma_{оохл, T_{02}}; \quad \gamma_{оохл} = \gamma_{оохл, T_{02}}$$

для определения T_{02}^* ;

$$A = 0; \quad \gamma_{оохл} = \gamma_{оохл, T_{02}}$$

для определения T_{02}^* .

Из совместного рассмотрения (4), (6) и (7) вытекает условие

$$\frac{M_0}{M_r} = \frac{\gamma_{оохл}}{(1 - \gamma_{отб} - A)(1 + \gamma_r)} \quad (8)$$

С учетом (7) температуру смешения за каскадом можно определить по зависимости

$$T_{см}^* = \frac{T_r^* + \frac{\mu \cdot g_{охл.}}{(1 - g_{отб.} - A)(1 + g_r)} T_g^*}{1 + \frac{\mu \cdot g_{охл.}}{(1 - g_{отб.} - A)(1 + g_r)}} \quad (9)$$

где T_r^* — температура газа за каскадом турбины ;
 T_g^* — температура воздуха, отбираемого на охлаждение ;

$$\mu = C_{pв} / C_{pг} .$$

Зависимость (9) можно рекомендовать для определения температуры газа за любым каскадом двух- и трехвальных высокотемпературных охлаждаемых турбин двухконтурных ГТД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов П.В., Климентовский Ю.А. Определение параметров и расчет характеристик ТРДД со смешением потоков. — Киев: КВВАИУ, 1985, с. 108 — 111.
2. Федоров Р.М., Мелик-Пашаев Н.И. Таблицы и диаграммы теплофизических величин и газодинамических функций. — М.: Воениздат, 1980, с.6.