

В. В. Иванов (Йошкар-Ола, МарГТУ). **К моделированию приемистости газотурбинного двигателя на переходных режимах.**

Одной из важнейших характеристик газотурбинного двигателя на переходных режимах работы является его приемистость. Под приемистостью понимают длительность переходных процессов в элементах газогенератора при переходе работы двигателя на режим максимальной тяги [1]. В силу сложности протекающих здесь процессов при расчете приемистости используют некоторые установившиеся значения выходных характеристик газогенератора и заданные внешние условия полета, пренебрегая нестационарностью газовых потоков.

В работе, представленной данным сообщением, предлагается математическая модель, описывающая динамику рабочего процесса камеры сгорания и раскрутки ротора турбины на переходном режиме работы двигателя. Принято, что разгон частоты вращения ротора производится путем управления подачей топлива. Состав поступающей в камеру топливной смеси определяется коэффициентом α избытка воздуха и моделируется кусочно-постоянной функцией времени $\alpha(t)$, где значения t_i и $\alpha_i = \alpha(t_i)$ ($i = 1, 2, \dots, k$) — параметры управления. Скорость изменения частоты вращения n ротора дается уравнением [1]

$$\frac{dn}{dt} = \frac{900}{\pi^2 I_z n} \left[m_\Gamma \frac{\sigma_{CA} p_\Gamma^*}{\sqrt{T}} F_{CA} q(\lambda_{CA}) c_p \left(1 - \frac{1}{e_T^*} \right) \eta_T^* - G_B L_K \right], \quad (1)$$

где T — температура газов перед турбиной. Температура T считается переменной величиной и определяется из решения системы, описывающей процессы горения в камере [2]

$$\frac{\partial C_f(x, t)}{\partial t} + u \frac{\partial C_f(x, t)}{\partial x} = -W_T, \quad x \in (x_0, x_l], \quad (2)$$

$$\frac{\partial C_O(x, t)}{\partial t} + u \frac{\partial C_O(x, t)}{\partial x} = -L_{st} W_T, \quad x \in (x_0, x_l], \quad (3)$$

$$\frac{\partial T(x, t)}{\partial t} + u \frac{\partial T(x, t)}{\partial x} = \frac{H_0}{c_p} W_T + q_z(x, t), \quad x \in (x_0, x_l]. \quad (4)$$

Физический смысл и формулы расчета параметров, входящих в систему (1)–(4), приведены в работах [1], [2].

Требования технического задания к переменным $n(t)$, $C_f(x, t)$, $C_O(x, t)$, $T(x, t)$ представим в виде

$$\begin{aligned} n_1 \leq n(t) \leq n_2, \quad T_1 \leq T(x, t) \leq T_2, \quad C_{1f} \leq C_f(x, t) \leq C_{2f}, \\ C_{1O} \leq C_O(x, t) \leq C_{2O}, \quad x \in L_x, \quad t \in L_t. \end{aligned} \quad (5)$$

В условиях (5) параметры n_1 , n_2 , T_1 , T_2 , C_{1f} , C_{2f} , C_{1O} , C_{2O} — заданные предельные значения переменных $n(t)$, $T(x, t)$, $C_f(x, t)$, $C_O(x, t)$ в интервалах оси камеры L_x и времени L_t . Условия (5) отражают требования к динамике раскрутки ротора турбины [1] и требования к практической устойчивости процессов горения в камере [2].

Поставим задачу: среди допустимых управлений $v \in V = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k)$, $\alpha_i = \alpha(t_i)$, найти то, при котором решение системы (1)–(4) при заданных краевых условиях удовлетворяет условиям (5). Для решения поставленной задачи применим методы и алгоритмы, изложенные в работе [3].

Предлагаемая постановка задачи, в отличие от известных (см., например, [1] и др.), позволяет учесть динамику переходных процессов в камере и турбине газогенератора двигателя и ограничения на допустимые значения его основных характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Казанджан П. К., Тихонов Н. Д., Шулекин В. Т.* Теория авиационных двигателей: Рабочий процесс и эксплуатационные характеристики газотурбинных двигателей. М.: Транспорт, 2000, 287 с.
2. *Иванов В. В.* К вопросу моделирования процесса горения при переменных внешних условиях. — Обозрение прикл. и промышл. матем., 2004, т. 11, в. 4, с. 822–823.
3. *Иванов В. В., Сиразетдинов Т. К.* Динамическое моделирование рабочего процесса в камере сгорания ВРД. — Вестник КГТУ им. А. Н. Туполева, 2004, № 2, с. 57–65.