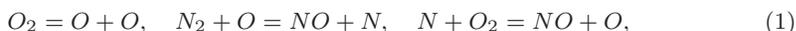


**В. В. Иванов, О. В. Кузьмина** (Йошкар-Ола, МарГТУ). **К задаче обеспечения устойчивого процесса горения в камере при заданном уровне образования окислов  $NO$  и  $CO$ .**

Общепризнано, что получение приемлемого уровня вредных выбросов окислов  $NO$  и  $CO$  и обеспечение требуемых выходных характеристик камеры достигается только в результате поиска компромиссных решений [1, 2]. Данная проблема является актуальной. Экспериментальные данные и опыт проектирования показывают, что основными параметрами, влияющими на уровень образования вредных веществ, являются: температура продуктов сгорания, время их пребывания в зоне горения, расход воздуха и др. [1]. В большинстве работ данные параметры подбираются экспериментально или из расчета стационарных режимов горения [2]. Ограничения на выходные характеристики камеры в процессе такого выбора непосредственно не учитываются.

В работе, представленной данным докладом, рассматривается постановка задачи синтеза управления процессом горения, обеспечивающего требуемые по условиям технического задания выходные характеристики. В отличие от известных постановок, процессы горения топлива и образования окислов  $NO$ ,  $CO$  рассматриваются как нестационарные газодинамические процессы, протекающие с переменными температурой и составом смеси, распределенные во времени и по длине камеры. Образование и расход  $NO$  моделируется реакцией [3]:



а горение окиси углерода  $CO$  — реакцией [4]:



Процесс горения описывается системой дифференциальных уравнений [5], дополненной кинетическими уравнениями (1)–(2).

Требования технического задания к переменным  $\eta(t)$ ,  $T(x, t)$ ,  $C_f(x, t)$ ,  $C_O(x, t)$ ,  $C_{CO}(x, t)$ ,  $C_{NO}(x, t)$ , описывающим процесс горения, задаются в виде

$$\begin{aligned} \eta_1 \leq \eta(t) \leq \eta_2, \quad T_1 \leq T(x, t) \leq T_2, \quad C_{1f} \leq C_f(x, t) \leq C_{2f}, \quad C_{1O} \leq C_O(x, t) \leq C_{2O}, \\ C_{1CO} \leq C_{CO}(x, t) \leq C_{2CO}, \quad C_{1NO} \leq C_{NO}(x, t) \leq C_{2NO}, \quad x \in L_x, \quad t \in L_t. \end{aligned} \quad (3)$$

В условиях (3) параметры  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $C_{1f}$ ,  $C_{2f}$ ,  $C_{1O}$ ,  $C_{2O}$ ,  $C_{1CO}$ ,  $C_{2CO}$ ,  $C_{1NO}$ ,  $C_{2NO}$  — заданные предельные значения переменных  $\eta(t)$ ,  $T(x, t)$ ,  $C_f(x, t)$ ,  $C_O(x, t)$ ,  $C_{CO}(x, t)$ ,  $C_{NO}(x, t)$  в интервалах оси камеры  $L_x$  и времени  $L_t$ . Условия (3) отражают требования технического задания к уровню выбросов  $NO$ ,  $CO$  и требования к практической устойчивости процессов горения [5].

Рассматривается задача: среди допустимых управлений  $v \in V$ ,  $v = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k)$ ,  $\alpha_i = \alpha(x_i)$ , найти то, при котором решение системы [5] при заданных начальных условиях удовлетворяет условиям (3). Предлагаемая постановка задачи, в отличие от известных, позволяет учесть динамику переходных процессов и ограничения на допустимые значения выходных характеристик камеры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лефевр А.* Процессы в камерах сгорания ГТД. М.: Мир, 1986, 566 с.
2. *Герасименко В. П., Осипов В. В.* Загрязнение атмосферы выхлопными газами газотурбинных двигателей. — *Аэрокосмическая техника и технология*, 2008, № 2, с. 85–88.
3. *Зельдович Я. Б., Садовников П. Я., Франк-Каменецкий Д. А.* Окисление азота при горении. М.: Изд-во АН СССР, 1947, 145 с.

4. *Канило П. М.* Токсичность ГТД и перспективы применения водорода. Киев: Наукова думка, 1982, 139 с.
5. *Иванов В. В., Кузьмина О. В.* К вопросу моделирования рабочего процесса камеры сгорания с учетом образования термического оксида азота. — Обозрение прикл. и промышл. матем., 2010, т. 17, в. 1, с. 112–113.