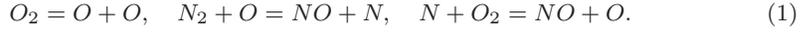
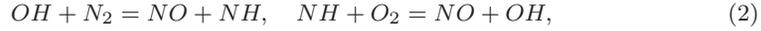


**В. В. Иванов, О. В. Кузьмина** (Йошкар-Ола, МарГТУ). **О влиянии кинетики образования термических  $NO$  при горении потока обводненной топливно-воздушной смеси.**

Общепризнано, что при горении топлив, не содержащих связаный азот, наибольший вклад в образование  $NO$  дает термический механизм Зельдовича [1]–[4]



Однако когда в топливной смеси содержатся пары воды, реакция образования  $NO$  может происходить не только через атомы кислорода, как в схеме (1), но и через гидроксильные радикалы  $OH$ :



а также возможно их комбинированное протекание [1, с. 96]. Установлено [4], что добавка воды в топливную смесь снижает уровень концентрации атомарного кислорода и увеличивает концентрацию гидроксильных радикалов  $OH$  по реакции разветвления



Такое изменение концентраций атомарного кислорода  $O$  и гидроксильных радикалов  $OH$ , являющихся инициаторами реакций (1), (2), приводит, по-видимому, к перераспределению вкладов данных механизмов в образование  $NO$ , что и указывает на необходимость дальнейшего их исследования и на актуальность проблемы.

Работа, представленная данным докладом, посвящена исследованию влияния механизмов образования  $NO$  на процессы горения потока обводненной топливно-воздушной смеси. При моделировании предполагается, что реакция образования  $NO$  определяется температурой, концентрациями кислорода и азота воздуха в составе топливной смеси, распределенными вдоль оси камеры. Влияние воды на процесс горения моделируется реакцией (3). Процессы конвективного теплопереноса парами воды не учитываются.

Процесс горения описывается системой дифференциальных уравнений [5], дополненных кинетическими уравнениями образования  $NO$  по реакциям (2)–(3):

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_f}{\partial t} + u \frac{\partial C_f}{\partial x} &= -W_T, & \frac{\partial C_{O_2}}{\partial t} + u \frac{\partial C_{O_2}}{\partial x} &= -L_{st}W_T - K_2 C_N C_{O_2}, \\ \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} &= \frac{H_0}{c_p} W_T + q_z(x, t), & \frac{\partial C_O}{\partial t} + u \frac{\partial C_O}{\partial x} &= -K_1 C_O C_{H_2O} + K_2 C_{OH} C_{OH}, \\ \frac{\partial C_{NO}}{\partial t} + u \frac{\partial C_{NO}}{\partial x} &= K_3 C_{OH} C_{N_2} - K_4 C_{NO} C_{NH} + K_5 C_{NH} C_{O_2} - K_6 C_{NO} C_{OH}, \\ \frac{\partial C_{O_2}^*}{\partial t} + u \frac{\partial C_{O_2}^*}{\partial x} &= -K_5 C_{NH} C_{O_2} + K_6 C_{NO} C_{OH}, \\ \frac{\partial C_O}{\partial t} + u \frac{\partial C_O}{\partial x} &= -K_1^* C_{N_2} C_O + K_2 C_N C_{O_2}, \\ \frac{\partial C_{N_2}}{\partial t} + u \frac{\partial C_{N_2}}{\partial x} &= -K_3 C_{OH} C_{N_2} + K_4 C_{NO} C_{NH}, \\ \frac{\partial C_{H_2O}}{\partial t} + u \frac{\partial C_{H_2O}}{\partial x} &= -K_1 C_O C_{H_2O} + K_2 C_{OH} C_{OH}, \\ \frac{\partial C_{OH}}{\partial t} + u \frac{\partial C_{OH}}{\partial x} &= 2K_1 C_O C_{H_2O} - 2K_2 C_{OH} C_{OH} - K_3 C_{OH} C_{N_2} \\ &\quad + K_4 C_{NO} C_{NH} + K_5 C_{NH} C_{O_2} - K_6 C_{NO} C_{OH}, \\ \frac{\partial C_{NH}}{\partial t} + u \frac{\partial C_{NH}}{\partial x} &= K_3 C_{OH} C_{N_2} - K_4 C_{NO} C_{NH} - K_5 C_{NH} C_{O_2} + K_6 C_{NO} C_{OH}. \end{aligned}$$

Для системы при заданных начальных условиях (температуры и состава топливной смеси, скорости потока на входе в камеру) решается задача Коши.

Построенная модель позволяет моделировать динамику образования  $NO$  во времени и вдоль оси камеры, исследовать влияние паров воды, температуры, времени пребывания продуктов сгорания в камере, а из сравнения результатов численных расчетов по данной модели и результатами работы [5], оценить вклады реакций (1)–(3).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зельдович Я. Б., Садовников П. Я., Франк-Каменецкий Д. А.* Окисление азота при горении. М.: Изд-во АН СССР, 1947, 145 с.
2. *Постников А. М.* Снижение оксидов азота в выхлопных газах ГТУ. Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2002, 286 с.
3. *Лефевр А.* Процессы в камерах сгорания ГТД. М.: Мир, 1986, 566 с.
4. *Гарипов М. Д., Гиниятов А. А., Сакулин Р. Ю.* Влияние воды на кинетику окисления метановоздушных смесей в условиях поршневых ДВС с унифицированным рабочим процессом. Уфа: Вестник УГАТУ, 2008, т. 11, № 2 (29), с. 74–84.
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.