

# ВЛИЯНИЕ ПАРА НА ДИНАМИКУ ОБРАЗОВАНИЯ NO ПРИ СЖИГАНИИ CH<sub>4</sub> В РЕАКТОРАХ ИДЕАЛЬНОГО СМЕШЕНИЯ И ИДЕАЛЬНОГО ВЫТЕСНЕНИЯ\*

Г. А. Поскрёбышев<sup>1</sup>, А. Н. Ермаков<sup>2</sup>, И. А. Коробейникова<sup>3</sup>, В. Н. Попов<sup>4</sup>

**Аннотация:** Приводятся результаты модельных расчетов выбросов NO, образующихся при сжигании предварительно подготовленных стехиометрических воздушных смесей метана ( $\phi = 1$ ) с водяным паром. Их сжигание рассматривалось в реакторах идеального смешения (РИС) и идеального вытеснения (РИВ). Показано, что рост соотношения H<sub>2</sub>O/CH<sub>4</sub> в топливных смесях от 0 до 5 сопровождается снижением выбросов NO. При этом темпы относительного спада содержания NO с ростом H<sub>2</sub>O/CH<sub>4</sub> не зависят от типа реактора, хотя его концентрация к моменту времени, соответствующему максимальной температуре, оказывается многократно ниже в РИВ, что связано с меньшей продолжительностью пребывания продуктов сгорания в зоне высоких температур. На основании динамики образования NO выделены две стадии процесса — «быстрая» и «медленная», практически соответствующие пламени и послепламенной зоне. Показано, что химическое влияние влаги на образование NO существенно только для РИВ и только в начальный момент горения ( $\leq 30$  мкс). Кроме того, продемонстрировано, что на химию формирования NO в обеих стадиях также влияет содержание молекулярного азота.

**Ключевые слова:** метан; водяной пар; горение; NO; CO; камера сгорания; реактор идеального перемешивания; реактор идеального вытеснения

## Литература

1. Пармон В. Н., Исмагилов З. Р., Фаворский О. Н., Белоконь А. А., Захаров В. М. Применение каталитических камер сгорания в газотурбинных установках децентрализованного энергоснабжения // Вестник РАН, 2007. Т. 77. № 9. С. 819–826.
2. Полежаев Ю. В., Григорьянц Р. Р., Ермаков А. Н. Парогазовые установки монарного типа. Проблемы и перспективы создания // Энергетика Татарстана, 2009. № 1. С. 6–14.
3. Smith G. P., Golden D. M., Frenklach M., Moriarty N. W., Eiteneer B., Goldenberg M., Bowman C. T., Hanson R. K., Song S., Gardiner W. C., Jr., Lissianski V. V., Qin Z. 1999. GRI-Mech 3.0. combustion.berkeley.edu/gri-mech/version30/text30.html.
4. Zhao D., Yamashita H., Kitagawa K., Arai N., Furuhashi T. Behavior and effect on NO<sub>x</sub> formation of OH radical in methane–air diffusion flame with steam addition // Combust. Flame, 2002. Vol. 130. P. 352–360.
5. Kobayashi H., Soichiro Y., Iechikawa Y., Ogami Y. Dilution effects of superheated water vapor on turbulent premixed flames at high pressure and high temperature // Proc. Combust. Inst., 2009. Vol. 32. P. 2607–2614.
6. Wang F., Mi J., Li P. Combustion regimes of a jet diffusion flame in hot co-flow // Energ. Fuel., 2013. Vol. 27. P. 3488–3498.
7. Titova N. S., Kuleshov P. S., Favorskii O. N., Srarik A. M. The features of ignition and combustion of composite propane–hydrogen fuel: Modeling study // Int. J. Hydrogen Energ., 2014. Vol. 39. P. 6764–6773.
8. Зельдович Я. Б., Садовников П. Я., Франк-Каменецкий Д. А. Окисление азота при горении / Под ред. Н. Н. Семёнова. — М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1947. 148 с.

Поступила в редакцию 14.02.17

\* Работа выполнена при поддержке ОЭММПУ РАН в рамках программы «Теплофизические проблемы при создании и эксплуатации высокоэффективных парогазовых установок нового поколения».

<sup>1</sup> Институт энергетических проблем химической физики им. В. Л. Тальрозе Российской академии наук, gposkr@chph.ras.ru

<sup>2</sup> Институт энергетических проблем химической физики им. В. Л. Тальрозе Российской академии наук, polclouds@yandex.ru

<sup>3</sup> Институт энергетических проблем химической физики им. В. Л. Тальрозе Российской академии наук, koriren@rambler.ru

<sup>4</sup> Институт энергетических проблем химической физики им. В. Л. Тальрозе Российской академии наук, vnppop@rambler.ru