

МИНИМАЛЬНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ NO И УСЛОВИЯ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ ПРИ СЖИГАНИИ БОГАТЫХ И БЕДНЫХ ПАРОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ CH₄, ИНИЦИИРОВАННЫХ С ПОМОЩЬЮ O₃ И H₂O₂*

Г. А. Поскрёбышев¹, А. А. Поскрёбышев²

Аннотация: Работа посвящена расчету концентрации NO, образующегося при сжигании бедных и богатых паровоздушных смесей CH₄ в условиях контролируемого химического поджига, который осуществляли с использованием H₂O₂ или O₃. Расчеты выполнены в рамках модели идеального вытеснения для адиабатических условий. Определение NO осуществляли в момент времени, соответствующий исчерпанию топлива и/или O₂. Это же время использовалось как время пребывания смеси в камере сгорания. Результаты расчета показывают, что в бедных и богатых смесях наименьший выход NO наблюдается для смесей, содержащих O₃. При этом в наиболее благоприятных условиях, с точки зрения снижения выброса NO (самые бедные и богатые смеси, температура исходной смеси $T_0 \cong 700$ К), его концентрация на выходе из камеры сгорания равна 2–3 ppm. Эти значения указывают на нижний предел концентрации NO, который может быть достигнут в энергетических установках, работающих за счет сжигания паровоздушных смесей CH₄ при $T_0 \geq 700$ К.

Ключевые слова: NOx; τ_{ign} ; H₂O₂; O₃; контролируемое химическое инициирование; богатые и бедные воздушные смеси CH₄

DOI: 10.30826/CE25180302

EDN: YEBKIO

Литература

1. Поскрёбышев Г. А., Коробейникова И. А., Попов В. Н. Влияние H₂O₂ на образование NO при горении паровоздушной смеси метана // Горение и взрыв, 2019. Т. 12. № 2. С. 68–74.
2. Поскрёбышев Г. А., Поскрёбышев А. А. Образование NO при низкотемпературном горении паровоздушной смеси метана в присутствии H₂O₂ и O₃ // Горение и взрыв, 2021. Т. 14. № 3. С. 11–16.
3. Поскрёбышев Г. А., Ермаков А. Н., Коробейникова И. А., Попов В. Н. Влияние пара на динамику образования NO при сжигании CH₄ в реакторах идеального смешения и идеального вытеснения // Горение и взрыв, 2017. Т. 10. № 3. С. 10–14.
4. Kee R. J., Rupley F. M., Miller J. A. Chemkin-II: A Fortran chemical kinetics package for the analysis of gas-phase chemical kinetics. — U.S. Department of Energy, 1989. Technical Report. doi: 10.2172/5681118.
5. Ranzi E., Frassoldati A., Grana R., Cuoci A., Faravelli T., Kelley A. P., Law C. K. Hierarchical and comparative kinetic modeling of laminar flame speeds of hydrocarbon and oxygenated fuels // Prog. Energ. Combust., 2012. Vol. 38. P. 468–501.
6. Ranzi E., Cavallotti C., Cuoci A., Frassoldati A., Pelucchi M., Faravelli T. New reaction classes in the kinetic modeling of low temperature oxidation of *n*-alkanes // Combust. Flame, 2015. Vol. 162. P. 1679–1691.
7. Song Y., Marrodán L., Vin N., Herbinet O., Assaf E., Fittschen C., Stagni A., Faravelli T., Battin-Leclerc F. The sensitizing effects of NO₂ and NO on methane low temperature oxidation in a jet stirred reactor // P. Combust. Inst., 2019. Vol. 37. P. 667–675.
8. Bagheri G., Ranzi E., Pelucchi M., Parente A., Frassoldati A., Faravelli T. Comprehensive kinetic study of combustion technologies for low environmental impact: MILD and OXY-fuel combustion of methane // Combust. Flame, 2020. Vol. 212. P. 142–155.
9. Halter F., Higelin P., Dagaut P. Experimental and detailed kinetic modeling study of the effect of ozone on the combustion of methane // Energ. Fuel., 2011. Vol. 25. P. 2909–2916.
10. Wang Z. H., Yang L., Li B., Li Z. S., Sun Z. W., Alden M., Cen K. F., Konnov A. A. Investigation of combustion enhancement by ozone additive in CH₄/air flames using direct laminar burning velocity measurements and kinetic simulations // Combust. Flame, 2012. Vol. 159. P. 120–129.

*Работа была выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований РФ «Физико-химические проблемы энергетики и экологии», регистрационный номер 122040400095-7, и имела бюджетное финансирование.

¹Институт энергетических проблем химической физики им. В. Л. Тальрозе, Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, poskr@chph.ras.ru

²Институт энергетических проблем химической физики им. В. Л. Тальрозе, Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; МГТУ им. Н. Э. Баумана, poskr@mail.ru

Поступила в редакцию 11.12.2024

После доработки 29.04.2025

Принята к публикации 12.05.2025