

САМОВОСПЛАМЕНЕНИЕ МЕТАНА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

В. С. Арутюнов¹, К. Я. Трошин², А. А. Захаров³, А. А. Беляев⁴, А. В. Арутюнов⁵, И. О. Шамшин⁶

Аннотация: Критерии самовоспламенения газоздушных смесей горючих газов относятся к их важнейшим характеристикам, определяющим оптимальные условия и безопасность их практического использования. Важной задачей является управление процессами воспламенения и горения газовых смесей. Однако широко используемые для их воспламенения различные виды газовых разрядов небольшой мощности не позволяют выйти за концентрационные пределы распространения пламени. Одна из интересных возможностей повлиять на воспламенение газов — поместить их в электрическое поле. В работе экспериментально исследовано влияние на воспламенение стехиометрических метановоздушных смесей относительно слабых электрических полей, не приводящих к возникновению пробоя в газе. Впервые показана возможность значительного снижения в электростатическом поле температуры воспламенения газа в отсутствие его пробоя и формирования очагов плазмы. Представлена кинетическая интерпретация этого явления. Такое воздействие обеспечивает минимально низкие затраты внешней энергии на воспламенение, несопоставимо малые по сравнению с выделяемой при горении химической энергией, и открывает практическую возможность рационального управления процессами их горения и окислительной конверсии.

Ключевые слова: воспламенение; температура самовоспламенения; электрическое поле; метановоздушные смеси

DOI: 10.30826/CE25180303

EDN: ZCOFYN

Литература

1. *Starikovskaia S. M.* Plasma assisted ignition and combustion // *J. Phys. D Appl. Phys.*, 2006. Vol. 39. P. 265–299.
2. *Tien N. M., Thanh N. L. C., Phi H. H., Dong N. V.* A study on the influence of ignition energy on ignition delay time and laminar burning velocity of lean methane/air mixture in a constant volume combustion chamber // *J. Sci. Technol.*, 2021. Vol. 19. No. 12. P. 1–4.
3. *Feng J., Sun X., Li Z., Hao X., Fan M., Ning P., Li K.* Plasma-assisted reforming of methane // *Adv. Sci.*, 2022. Vol. 9. P. 2203221. doi: 10.1002/advs.202203221.
4. *Fialkov A. B.* Investigations on ions in flames // *Prog. Energ. Combust.*, 1997. Vol. 23. P. 399–528.
5. *Liu H., Cai W.* Recent progress in electric-field assisted combustion: A brief review // *Frontiers Energy*, 2022. Vol. 16. No. 6. P. 883–899. doi: 10.1007/s11708-021-0770-z.
6. *Vlasov P. A., Zhiltsova I. V., Smirnov V. N., Tereza A. M., Agafonov G. L., Mikhailov D. I.* Chemical ionization of *n*-hexane, acetylene, and methane behind reflected shock waves // *Combust. Sci. Technol.*, 2018. Vol. 190. P. 57–81. doi: 10.1080/00102202.2017.1374954.
7. *Власов П. А., Рябиков О. Б., Смирнов В. Н., Михайлов Д. И., Петров Ю. П.* Химическая ионизация при окислении *n*-гексана и диметилкетона в отраженных ударных волнах // *Горение и взрыв*, 2019. Т. 12. № 4. С. 19–31.
8. *Гуляев Г. А., Попков Г. А., Шебеко Ю. Н.* Влияние электрического поля на температуру самовоспламенения органических веществ в воздухе // *Физика горения и взрыва*, 1985. Т. 21. № 4. С. 25–27.
9. *Пантелеев А. Ф., Попков Г. А., Шебеко Ю. Н., Цариченко С. Г., Горшков В. И.* Влияние электрического поля на концентрационные пределы распространения пламени пропана в воздухе // *Физика горения и взрыва*, 1991. Т. 27. № 1. С. 26–28.
10. *Трошин К. Я., Никитин А. В., Беляев А. А., Арутюнов А. В., Кирюшин А. А., Арутюнов В. С.* Экспериментальное определение задержки самовоспламенения смесей метана с легкими алканами // *Физика горения и взрыва*, 2019. Т. 55. № 5. С. 17–24. doi: 10.15372/FGV20190502.
11. *Arutyunov V., Belyaev A., Arutyunov A., Troshin K., Nikitin A.* Autoignition of methane–hydrogen mixtures be-

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, arutyunov@chph.ras.ru

²Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, troshin@chph.ras.ru

³Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, 5481311@gmail.com

⁴Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, belyaevIHF@yandex.ru

⁵Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, aarutyunovv@gmail.com

⁶Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, igor_shamshin@mail.ru

- low 1000 K // *Processes*, 2022. Vol. 10. 2177. doi: 10.3390/pr10112177.
12. *Мик Дж., Крэгс Дж.* Электрический пробой в газах / Пер. с англ. — М.: ИЛ, 1960. 606 с. (*Meek J. M., Craggs J. D.* Electrical breakdown of gases. — Oxford: Clarendon Press, 1953. 514 p.)
13. *Трошин К. Я., Борисов А. А., Рахметов А. Н., Арутюнов В. С., Политенкова Г. Г.* Скорость горения метанводородных смесей при повышенных давлениях и температурах // *Хим. физика*, 2013. Т. 32. № 5. С. 76–87. doi: 10.7868/S0207401X13050117.
14. *Healy D., Donato N. S., Aul C. J., Petersen E. L., Zinner C. M., Bourque G., Curran H. J.* Isobutane ignition delay time measurements at high pressure and detailed chemical kinetic modeling // *Combust. Flame*, 2010. Vol. 157. No. 8. P. 1540–1551. doi: 10.1016/j.combustflame.2010.01.011.

Поступила в редакцию 02.12.2024

После доработки 19.02.2025

Принята к публикации 24.02.2025