

ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРЕНИЯ БОГАТЫХ МЕТАНОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ДАВЛЕНИЯХ

И. С. Глухов¹, Ю. Н. Шебеко¹, А. Ю. Шебеко², А. В. Зубань³

Аннотация: Проведено экспериментальное исследование влияния начального давления на характеристики горения богатых метановоздушных смесей. Установлено, что максимальное давление взрыва и температура пламени для смесей околопредельного состава практически постоянны при различных начальных давлениях. Для смеси постоянного состава (15,6% CH₄) эти характеристики существенно изменяются с ростом начального давления. Проанализирован состав продуктов горения для околопредельных смесей и смеси постоянного состава при различных начальных давлениях. Показано, что с увеличением концентрации горючего в исходной смеси содержание H₂, CO₂ и O₂ в продуктах сгорания практически не изменяется, а содержание H₂O и CO уменьшается. При этом количество метана в продуктах сгорания существенно увеличивается. Представлена качественная интерпретация полученных результатов.

Ключевые слова: верхний (нижний) концентрационный предел распространения пламени; температура пламени; максимальное давление взрыва; нормальная скорость горения; продукты горения; скорость нарастания давления взрыва

DOI: 10.30826/CE19120102

Литература

1. Kennedy R. E., Scott G. S., Zabetakis M. G. Flammability limits of hydrocarbons at high temperatures and pressures // Chem. Eng. Prog., 1957. Vol. 53. P. 125–126.
2. Немет А. Изучение верхнего предела горючести углеводородных газов при изменении давления // Инженерно-физический ж., 1962. Т. 5. № 1. С. 27–32.
3. Graven A. D., Foster M. G. The limits of flammability of ethylene in oxygen, air and air–nitrogen mixtures at elevated temperatures and pressures // Combust. Flame, 1966. Vol. 10. No. 2. P. 95–100.
4. Пенкина О. М., Сосыгин В. С., Полежаева Г. А. Взрывные свойства смесей изопентана с воздухом при повышенных температурах и давлениях // Промышленность синтетического каучука. — М.: ЦНИИ информации и технико-экономических исследований, 1974. № 2. С. 1–3.
5. Grever Th., Lamprecht I. Druck- und temperaturabhängigkeit der oberen zundgrenze von athylen/sauerstoff gemischen // Chem.-Ing.-Tech., 1970. Vol. 42. No. 19. P. 1234–1236.
6. Пенкина О. М., Сосыгин В. С. Взрывные свойства бутана при повышенных температурах и давлениях // Исследование и разработка процессов получения мономеров. — Ярославль: НИИМСК, 1973. С. 91–200.
7. Шебеко Ю. Н., Корольченко А. Я., Ильин А. Б., Еременко О. Я. Влияние давления на верхний концентрационный предел распространения пламени газозвудушных смесей // Пожарная опасность веществ
- и материалов, применяемых в промышленности. — М.: ВНИИПО, 1987. С. 10–17.
8. Корольченко А. Я., Цариченко С. Г., Шебеко Ю. Н., Еременко О. Я. Исследование влияния повышенных давлений и температур на горение парогазовых смесей // Хим. физика, 1990. Т. 9. № 12. С. 1593–1595.
9. Зельдович Я. Б. Теория горения и детонации газов. — М.: Изд-во АН СССР, 1944. 71 с.
10. Coward H. F., Jones G. W. Limits of flammability of gases and vapors. Washington, D.C., USA: U.S. Bureau of Mines, 1952. No. 503. 273 p.
11. Грановский Э. А. Исследование процесса распространения пламени и его пределов в газах, образующих сажу: Дис. . . . канд. техн. наук. Северодонецк: ВНИИТБХП, 1978. 164 с.
12. Гудкович В. Н. Влияние естественной конвекции на зажигание и горение околопредельных газовых систем: Дис. . . . канд. техн. наук. Черноголовка-Северодонецк: ИХФ-ВНИИТБХП, 1983. 195 с.
13. Евланов С. Ф. Об особенностях горения богатых метанокислородных смесей // Кинетика и катализ, 1973. Т. XIV. Вып. 2. С. 504–507.
14. Законы горения / Под общ. ред. Ю. В. Полежаева. — М.: Энергомаш, 2006. 352 с.
15. Zabetakis M. G. Flammability characteristics of combustible gases and vapors. Bulletin 627. Washington, D.C., USA: Bureau of Mines, 1965. 121 p.
16. Гудкович В. Н., Мошкович Ф. Б., Э. А. Грановский и др. Экспериментальное исследование верхних пределов распространения пламени в смесях углеводородов

¹Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, un_shebeko@mail.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, ay_shebeko@mail.ru

³Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, avzuban@mail.ru

- с кислородом // Проблемы горения и тушения пожаров: мат-лы IV Всесоюзн. науч. практ. конф. — М.: ВНИИПО, 1975. С. 97–98.
17. *Заказнов В. Ф., Кобзарь В. Н., Мошкович Ф. Б.* Пределы распространения пламени в системе изобутан–кислород–азот // Безопасность труда в промышленности, 1976. № 6. С. 37–38.
 18. *Бохон Ю. А., Булыгин М. Г., Когарко С. М.* Некоторые вопросы техники безопасности процесса жидкофазного окисления н-бутана // Нефтепереработка и нефтехимия, 1967. № 5. С. 27–30.
 19. *Заказнов В. Ф., Куршева Л. А., Федина З. И.* Пределы взрываемости смесей пропилена с кислородом при повышенных температурах и давлениях // Химическая промышленность, 1978. № 6. С. 27–29.
 20. *Теснер П. А.* Образование сажи при горении // Физика горения и взрыва, 1979. Т. 15. № 2. С. 3–14.
 21. *Грановский Э. А., Кнорре В. Г., Теснер П. А.* Роль сажи в распространении ламинарного пламени распада ацетилен // Физика горения и взрыва, 1976. Т. 12. № 5. С. 719–724.
 22. *Гололобов И. М., Грановский Э. А.* Предел распространения светящегося пламени по давлению // Физика горения и взрыва, 1978. Т. 14. № 6. С. 64–69.
 23. *Wierzba I., Karim G. A.* A predictive approach for the flammability limits of methane–nitrogen mixtures // J. Energ. Resour. ASME, 1990. Vol. 112. No. 4. P. 251–253.
 24. *Van den Schoor F., Verplaetsen F.* The upper flammability limit of methane/hydrogen/air mixtures at elevated pressures and temperatures // Int. J. Hydrogen Energ., 2007. Vol. 32. No. 13. P. 2548–2552.
 25. *Van den Schoor F., Verplaetsen F., Berghmans J.* Calculation of the upper flammability limit of methane–air mixtures at elevated pressures and temperatures // J. Hazard. Mater., 2008. Vol. 153. No. 3. P. 1301–1307.
 26. *Cui Gan, Li Zili, Yang Chao.* Experimental study of flammability limits of methane/air at low temperatures and elevated pressures // Fuel, 2016. Vol. 181. P. 1074–1080.
 27. *Бакиров Ф. Г., Баширов Н. Х., Захаров В. М. и др.* Образование сажи при горении гомогенных гексано-воздушных смесей при давлениях до 1,5 МПа // Физика горения и взрыва, 1982. Т. 18. № 3. С. 51–56.
 28. *Dixon-Lewis G.* Flammability and chemical inhibition // 2nd Seminar (International) on Fire and Explosion Hazard of Substances and Venting of Deflagrations Proceedings. — Moscow: VNIPO, 1997. P. 72–86.

Поступила в редакцию 25.12.18