

РАНЖИРОВАНИЕ ГАЗОВЫХ ТОПЛИВНО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ ПО ИХ ДЕТОНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ЭТАЛОННОЙ ИМПУЛЬСНО-ДЕТОНАЦИОННОЙ ТРУБЫ*

С. М. Фролов¹, И. О. Шамшин², В. С. Аксёнов³, М. В. Казаченко⁴, П. А. Гусев⁵

Аннотация: Предложенный ранее новый экспериментальный способ оценки детонационной способности (ДС) топливно-воздушных смесей (ТВС), основанный на измерении расстояния и/или времени перехода горения в детонацию (ПГД) в эталонной импульсно-детонационной трубе (ЭДТ), использован для ранжирования газовых ТВС по их ДС в существенно одинаковых термодинамических и газодинамических условиях. В экспериментах использованы ТВС на основе водорода, ацетилена, этилена, пропилена, пропан-бутана, н-пентана и природного газа (ПГ) разных составов: от предельно обедненных до предельно обогащенных горючим при нормальных значениях температуры и давления. Предложена концепция «эквивалентных» ТВС, имеющих одинаковую или близкую ДС при одинаковых условиях. «Эквивалентные» ТВС могут использоваться для предсказательного физического моделирования взрывных процессов с участием ТВС других горючих.

Ключевые слова: топливно-воздушные смеси; детонационная способность; эталонная импульсно-детонационная труба; переход горения в детонацию

DOI: 10.30826/CE19120309

Литература

1. *Kasahara J., Frolov S.* Present status of pulse and rotating detonation engine research // 25th ICDERS Proceedings. — Leeds, U.K., 2015. Paper No. 304.
2. *Lee J. H. S.* The detonation phenomenon. — New York, NY, USA: The Cambridge University Press, 2008. 400 p.
3. *Фролов С. М., Гельфанд Б. Е.* О предельном диаметре распространения газовой детонации в трубах // Докл. АН СССР, 1990. Т. 312. № 5. С. 1177–1180.
4. *Соколик А. С., Щёлкин К. И.* Распространение пламени в смесях метана с кислородом в закрытых трубах // Ж. физ. химии, 1933. Т. 4. № 1. С. 109–128.
5. *Соколик А. С., Щёлкин К. И.* Детонационная способность кислородных смесей углеводородов жирного ряда и ароматических // Ж. физ. химии, 1933. Т. 4. № 2. С. 129–131.
6. *Щёлкин К. И.* Влияние шероховатости трубы на возникновение и распространение детонации в газах // Ж. эксп. теор. физ., 1940. Т. 10. № 7. С. 823–827.
7. *Papavassiliou J., Makris A., Knystautas R., Lee J. H. S., Westbrook C. K., Pitz W. J.* Measurements of cellular structure in spray detonations // Dynamics aspects of explosion phenomena / Eds. A. L. Kuhl, J.-C. Leyer, A. A. Borisov, W. A. Sirignano. — Progress in astronautics and aeronautics ser. — Washington, DC, USA: AIAA, 1993. Vol. 154. P. 148–169.
8. *Фролов С. М., Звезгинцев В. И., Аксёнов В. С., Билера И. В., Казаченко М. В., Шамшин И. О., Гусев П. А., Белоцерковская М. С., Коверзанова Е. В.* Детонационная способность воздушных смесей продуктов пиролиза полипропилена // Горение и взрыв, 2018. Т. 11. № 4. С. 44–60. doi: 10.30826/CE18110406.
9. *Фролов С. М., Звезгинцев В. И., Аксёнов В. С., Билера И. В., Казаченко М. В., Шамшин И. О., Гусев П. А., Белоцерковская М. С.* Переход горения в детонацию

*Работа частично выполнена за счет субсидии, выделенной ФИЦ ХФ РАН на выполнение государственного задания по теме 0082-2016-0011 «Фундаментальные исследования процессов превращения энергоёмких материалов и разработка научных основ управления этими процессами», номер государственной регистрации АААА-А17-117040610346-5, а также при поддержке РФФИ (грант № 18-08-00076а).

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, smfrol@chph.ras.ru

²Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук; igor_shamshin@mail.ru

³Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, v.aksenov@mail.ru

⁴Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет, maksx71997@gmail.com)

⁵Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, gusevpa@yandex.ru

- в воздушных смесях продуктов пиролиза полипропилена // Докл. Акад. наук, 2019. Т. 488. № 2. С. 162–166.
10. *Frolov S. M.* Initiation of strong reactive shocks and detonation by traveling ignition pulses // *J. Loss Prevent. Proc.*, 2006. Vol. 19. No. 2-3. P. 238–244.
 11. *Фролов С. М., Аксенов В. С., Дубровский А. В., Зангиев А. Э., Иванов В. С., Медведев С. Н., Шамшин И. О.* Хемионизационная и акустическая диагностика рабочего процесса в непрерывно-детонационных и импульсно-детонационных камерах сгорания // Докл. Акад. наук, 2015. Т. 465. № 1. С. 62–67. doi: 10.7868/S0869565215310138.
 12. *Борисов А. А., Гельфанд Б. Е., Лобань С. А., Маилков А. Е., Хомик С. В.* Исследование пределов детонации топливовоздушных смесей в гладких и шероховатых трубах // *Хим. физика*, 1982. Т. 1. № 6. С. 848–853.
 13. *Zel'dovich Ya. B., Borisov A. A., Gelfand B. E., Frolov S. M., Maikov A. E.* Nonideal detonation waves in rough tubes // *Dynamics of explosions* / Eds. A. L. Kuhl, J. R. Bowen, J.-C. Leyer, and A. Borisov. — Progress in astronautics and aeronautics ser. — Washington, DC, USA: AIAA Inc., 1988. Vol. 114. P. 211–231.
 14. *Зельдович Я. Б., Компанец А. С.* Теория детонации. — М.: Гостехтеориздат, 1955. 268 с.
 15. *Антонов В. Н., Липидис А. С.* Производство ацетилена. — М.: Химия, 1970. 415 с.
 16. *Басевич В. Я., Беляев А. А., Посвянский В. С., Фролов С. М.* Механизмы окисления и горения нормальных парафиновых углеводородов: переход от C₁–C₁₀ к C₁₁–C₁₆ // *Хим. физика*, 2013. Т. 32. № 4. С. 87–96.

Поступила в редакцию 12.08.19