

ПОЛУЧЕНИЕ СИЛЬНО ПЕРЕГРЕТОГО ВОДЯНОГО ПАРА С ПОМОЩЬЮ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДЕТОНАЦИИ ТРОЙНОЙ ГАЗОВОЙ СМЕСИ «ПРОПАН – КИСЛОРОД – ВОДЯНОЙ ПАР»*

С. М. Фролов¹, В. А. Сметанюк², И. О. Шамшин³, А. С. Коваль⁴, Ф. С. Фролов⁵, С. А. Набатников⁶

Аннотация: Проведены систематические эксперименты по определению концентрационных пределов детонации тройных смесей «пропан – кислород – водяной пар» при нормальном атмосферном давлении. Эксперименты выполнены в инновационном импульсно-детонационном пароперегревателе (ИДП) с многократной циклической детонацией тройных смесей при варьировании коэффициента избытка горючего (от 0,3 до 1,7) и объемной доли водяного пара (от 0 до 0,7). В дополнение к экспериментам проведены термодинамические расчеты. Показано, что циклическая детонация тройных смесей «пропан – кислород – водяной пар» позволяет получить сильно перегретый водяной пар (СПП) с температурой выше 2250 К при атмосферном давлении, причем в выходном сечении ИДП продукты детонации стехиометрической тройной смеси могут содержать до 80% СПП и до 20% CO₂. Предложено использовать такую высокотемпературную среду для глубокой переработки органических коммунальных и промышленных отходов и газификации углей с получением газовой смеси CO и H₂, которая в дальнейшем может использоваться в качестве энергетического газа для производства тепла и/или электричества и/или в качестве сырья для производства метанола и синтетических моторных топлив. Вследствие периодического заполнения ИДП «холодной» тройной газовой смесью температура его стенок и внутренних элементов повышается незначительно, так что для его изготовления можно использовать обычные (не жаропрочные) конструкционные материалы.

Ключевые слова: сильно перегретый водяной пар; детонационный пароперегреватель; циклический рабочий процесс; газовая детонация; концентрационные пределы детонации; переработка органических отходов

DOI: 10.30826/CE19120410

Литература

1. Бебелин И. Н., Волков А. Г., Грязнов А. Н., Малышенко С. П. Разработка и исследование экспериментального водород-кислородного парогенератора мощностью 10 МВт(т) // Теплоэнергетика, 1997. № 8. С. 48–52.
2. Сариев В. Н. Новая энерготехнологическая система полной переработки и утилизации твердых бытовых и промышленных отходов (ЭТС–ТБПО) // Духовная Россия и интернет. — М.: Ленанд, 2009. С. 1–14.
3. Фролов С. М., Сметанюк В. А., Авдеев К. А., Набатников С. А. Способ получения сильно перегретого пара и устройство детонационного парогенератора (варианты). Патент РФ № 2686138 от 24.04.2019. Приоритет от 26.02.2018.
4. Фролов С. М., Сметанюк В. А., Набатников С. А. Способ газификации угля в сильно перегретом водяном паре и устройство для его осуществления. Патент Российской Федерации на изобретение № 2683751 от 01.04.2019. Приоритет от 24.05.2018.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по государственному контракту № 05.607.21.0304 (идентификатор контракта RFMEFI60719X0304) «Разработка эффективных способов химического ингибирования гомогенных и гетерогенных процессов горения и создание демонстрационного образца детонационного конвертора техногенных отходов» в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы».

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», smfrol@chph.ras.ru

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

³Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, igor_shamshin@mail.ru

⁴Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», ASKoval@mephi.ru

⁵Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, f.frolov@chph.ru

⁶ООО «Новые физические принципы», s.nabatnikov@mail.ru

5. *Фролов С. М., Аксенов В. С., Авдеев К. А., Борисов А. А., Иванов В. С., Коваль А. С., Медведев С. Н., Сметанюк В. А., Фролов Ф. С., Шамшин И. О.* Тепловые испытания импульсно-детонационной газовой горелки без принудительного охлаждения // *Горение и взрыв*, 2013. № 6. С. 98–103.
6. *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. академии наук*, 2015. Т. 465. № 1. С. 62–67.
7. Cantera. www.cantera.org.
8. *Зельдович Я. Б., Компанец А. С.* Теория детонации. — М.: Гостехтеориздат, 1955. 268 с.

Поступила в редакцию 12.11.19