

АВТОТЕРМИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА И АЛЛОТЕРМИЧЕСКАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ УЛЬТРАПЕРЕГРЕТЫМ ВОДЯНЫМ ПАРОМ

С. М. Фролов¹, В. А. Сметанюк², И. А. Садыков³, А. С. Силантьев⁴, В. С. Аксёнов⁵, И. О. Шамшин⁶, К. А. Авдеев⁷, Ф. С. Фролов⁸

Аннотация: Впервые экспериментально продемонстрирована технология импульсно-детонационной пушки (ИДП) для газификации органических отходов ультраперегретым водяным паром (УПП). Проведены эксперименты по автотермической детонационной конверсии природного газа, а также по аллотермической газификации жидких (отработанного машинного масла) и твердых (древесных опилок) отходов продуктами детонации смеси природный газ – кислород при частоте детонационных импульсов $f = 1$ Гц, обеспечивающей осредненную по времени среднемассовую температуру продуктов детонации в проточном реакторе на уровне 1200 К при среднем абсолютном давлении в реакторе на уровне 0,1 МПа. Показано, что технология ИДП может обеспечить полную (100%) конверсию природного газа в синтез-газ, содержащий H_2 и CO с соотношением $H_2/CO \approx 1,25$. При детонационной газификации жидких и твердых отходов суммарная объемная доля горючих газов (H_2 , CO и CH_4) в получаемом синтез-газе составила 80 и 65 % (об.) с соотношениями $H_2/CO = 0,8$ и $0,5$ соответственно. Сравнение составов синтез-газа, полученного в экспериментах с богатыми кислородными смесями природного газа без подачи отходов, а также с подачей жидких и твердых отходов, в одинаковых условиях при $f = 1$ Гц показало, что состав синтез-газа, получаемого в детонационном конвертере отходов почти не зависит от типа сырья.

Ключевые слова: природный газ; автотермическая конверсия; органические отходы; аллотермическая газификация; водяной пар; диоксид углерода; импульсно-детонационная пушка; ультраперегретый пар

DOI: 10.30826/CE22150207

EDN: KVGBHS

Литература

1. *Basu P.* Biomass gasification and pyrolysis: Practical design and theory. — Burlington, NJ, USA: Elsevier, 2010.
2. *Bain R. L., Broer K.* Gasification // Thermochemical processing of biomass: Conversion into fuels, chemicals and power / Ed. R. C. Brown. — 1st ed. — John Wiley & Sons, 2011. P. 47–77.
3. *Sawal S. S., Zhang Q., Sun C., Thakur S., Gupta V. K., Thakur V. K.* Energy production from steam gasification processes and parameters that contemplate in biomass gasifier — a review // *Bioresource Technol.*, 2020. Vol. 297. P. 122481.
4. *Frolov S. M.* Organic waste gasification: A selective review // *Fuels*, 2021. Vol. 2. P. 556–651. doi: 10.3390/fuels2040033.
5. *Фролов С. М.* Газификация органических отходов ультраперегретым водяным паром и диоксидом углерода // *Горение и взрыв*, 2021. Т. 14. № 3. С. 74–97. doi: 10.30826/CE21140308.
6. *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.
7. *Фролов С. М., Сметанюк В. А., Авдеев К. А., Набатников С. А.* Способ получения сильно перегретого пара и устройство детонационного парогенератора (вариант) // *Горение и взрыв*, 2022. Т. 15. № 2. С. 75–87. doi: 10.30826/CE22150207.

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, ilsadykov@mail.ru

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

⁵Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», v.aksenov@mail.ru

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

⁷Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, kaavdeev@mail.ru

⁸Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, f.frolov@chph.ru

- анты). Патент РФ № 2686138 от 24.04.2019. Приоритет от 26.02.2018.
8. *Фролов С. М., Набатников С. А., Диесперов К. В., Ачильдиев Е. Р.* Способ обеззараживания летучей золы, образующейся при сжигании отходов, и устройство для его осуществления. Патент РФ № 2739241 от 22.12.2020 г. Приоритет от 11.06.2020 г.
 9. *Фролов С. М., Сметанюк В. А., Сергеев С. С.* Реактор для газификации отходов сильно перегретым водяным паром // Докл. Акад. наук, 2020. Т. 495. С. 71–76. doi: 10.31857/S2686953520060151.
 10. *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.
 11. *Фролов С. М., Авдеев К. А., Набатников С. А., Сметанюк В. А., Шулаков К. Д.* Импульсно-детонационный способ получения алкенов и алкинов и устройство для его реализации. Патент РФ № 2744454 от 09.03.2021 г. Приоритет от 18.12.2019 г.
 12. *Frolov S. M., Basevich V. Ya., Aksenov V. S., Polikhov S. A.* Optimization study of spray detonation initiation by electric discharge // Shock Waves, 2005. Vol. 14. P. 175–186.

Поступила в редакцию 10.03.2022