

УСЛОВИЯ САМОЗАПИТКИ ИМПУЛЬСНО-ДЕТОНАЦИОННЫХ ПУШЕК ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ГАЗОМ ПРИ ГАЗИФИКАЦИИ БУРЫХ УГЛЕЙ ПРОДУКТАМИ ДЕТОНАЦИИ

К. А. Авдеев¹, А. С. Силантьев², В. А. Сметанюк³, В. Г. Пилецкий⁴, Ф. С. Фролов⁵, С. М. Фролов⁶

Аннотация: Проведены термодинамические расчеты газификации типового бурого угля (ТБУ) в среде высокотемпературного газифицирующего агента (ВГА) с определением равновесного состава получаемого энергетического газа (ЭГ) при различных массовых соотношениях уголь–ВГА, температурах и давлениях газификации. Получены оценки минимальной доли получаемого ЭГ, требуемой для самозапитки импульсно-детонационных пушек, при различных массовых соотношениях уголь–ВГА и давлениях газификации. Показано, что сухой ЭГ, получаемый при массовом соотношении уголь–ВГА, приблизительно равно 0,53, и температуре продуктов газификации не менее 2000 К (давление газификации практически не влияет на равновесный состав), обладает низшей теплотой сгорания 12,8 МДж/кг и концентрацией водорода около 30 % (об.), что обеспечивает возможность самозапитки пушки: массовая доля сухого ЭГ, необходимого для самозапитки, не превышает 42%.

Ключевые слова: импульсно-детонационная пушка; ультраперегретый водяной пар; бурый уголь; газификация; продукты газификации; энергетический газ; равновесный состав; термодинамический расчет

DOI: 10.30826/CE24170108

EDN: JEEKPX

Литература

1. Фролов С. М., Сметанюк В. А., Садыков И. А., Силантьев А. С., Аксёнов В. С., Шамшин И. О., Авдеев К. А., Фролов Ф. С. Автотермическая конверсия природного газа и аллотермическая газификация жидких и твердых органических отходов ультраперегретым водяным паром // Горение и взрыв, 2022. Т. 15. № 2. С. 75–87. doi: 10.30826/CE22150207. EDN: KVGVBH.
2. Фролов С. М., Сметанюк В. А., Садыков И. А., Силантьев А. С., Шамшин И. О., Аксёнов В. С., Авдеев К. А., Фролов Ф. С. Влияние объема реактора на автотермическую конверсию природного газа и аллотермическую газификацию органических отходов ультраперегретым паром // Горение и взрыв, 2022. Т. 15. № 3. С. 71–87. doi: 10.30826/CE22150308. EDN: JMZBKV.
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. Frolov S. M., Smetanyuk V. A., Shamshin I. O., Sadykov I. A., Koval' A. S., Frolov F. S. Production of highly superheated steam by cyclic detonations of propane and methane–steam mixtures with oxygen for waste gasification // Appl. Therm. Eng., 2021. Vol. 183. Part 1. P. 116195. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2020.116195.
5. Frolov S. M. Organic waste gasification by ultra-superheated steam // Energies, 2023. Vol. 16. P. 219. doi: 10.3390/en16010219.
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., Набатников С. А. Способ газификации угля в сильно перегретом водяном паре и устройство для его осуществления. Международная заявка WO2019/226074 A1 от 28.11.2019. Приоритет от 24.05.2018.
8. Тумэнбаяр А., Тунгалагтамир Б. Результаты использования программы Aspen Plus для моделирования газификации угля // Автоматика и программная инженерия, 2017. № 4(22). С. 29–34. <http://www.jurnal.nips.ru/sites/default/files/AaSI-4-2017-3.pdf>.
9. Goodwin D. G., Moffat H. K., Schoegl I., Speth R. L., Weber B. W. Cantera: An object-oriented software toolkit for chemical kinetics, thermodynamics, and transport processes. Version 3.0.0, 2023. doi: 10.5281/zenodo.8137090.

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, kaavdeev@mail.ru

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

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

⁴Институт горючих ископаемых — научно-технический центр по комплексной переработке твердых горючих ископаемых, pvg2000@yandex.ru

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

⁶Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, smfrol@chph.ras.ru

10. SDToolBox — numerical tools for shock and detonation wave modeling. <https://shepherd.caltech.edu/SDT>.
11. *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.
12. *Панин К. С., Сметанюк В. А., Фролов С. М.* 2024. Газификация жидких углеводородных отходов высокотемпературными продуктами газовой детонации: термодинамические расчеты состава и температуры получаемого синтез-газа // Горение и взрыв, 2024. Т. 17. № 1. С. 74–94.

Поступила в редакцию 20.02.2024