

ORGANIC WASTE GASIFICATION
WITH HIGHLY SUPERHEATED STEAM
PRODUCED BY CYCLIC DETONATIONS
OF METHANE–STEAM–OXYGEN MIXTURES

**S. M. Frolov, V. A. Smetanyuk, I. O. Shamshin,
V. S. Aksenov, I. A. Sadykov, A. S. Silantiev,
and F. S. Frolov**

N. N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics
of the Russian Academy of Sciences
4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russia

The paper presents the results of testing of the innovative laboratory-scale installation for organic waste anaerobic gasification to syngas (CO and H₂) with highly superheated steam (HSS) produced by cyclic detonations of ternary methane–oxygen–steam mixtures in the pulsed detonation steam superheater (PDSSH). According to [1, 2],

- (1) cyclic detonations of ternary methane–oxygen–steam mixtures allow obtaining HSS with temperatures above 2500 K at atmospheric pressure;
- (2) the maximum volumetric content of low-temperature steam in the ternary mixtures can be as large as 40% in the PDSSH based on the 50-millimeter inner diameter detonation tube;
- (3) in such a PDSSH, the maximum volumetric content of HSS in the expanded detonation products of the ternary mixture can attain 75% with the rest mostly represented by CO₂;
- (4) processing of organic municipal wastes by such HSS is accompanied by their pyrolysis, thermal decomposition, and complete gasification (including pyrocarbon);
- (5) as a result, a gas mixture of CO and H₂ (syngas) is generated, which can be used as a fuel gas for the PDSSH after reaching

DOI: 10.30826/NEPCAP9A-50 ©The authors published by TORUS PRESS



Diffusion flame of the syngas burner during operation

the operation mode, for heat/electricity production, and as a raw material for methanol and synthetic motor fuels.

The installation consists of the PDSSH based on the 50-millimeter inner diameter detonation tube, low-temperature steam generator and steam supply system, systems for methane and oxygen supply, dispenser for bulk materials, 40-liter-volume gasification flow-reactor attached to the tube, heat exchanger, sampling device, burner, and control unit. Coffee machine waste is used as a bulk material for gasification. The typical duration of installation operation with the PDSSH operation frequency of 2 Hz is 20 min (time is limited by the availability of oxygen in a cylinder). The analysis of composition of dry gasification products entering the burner at steady-state operation conditions indicates that they consist, mainly, of H_2 , CO , and CO_2 with trace amounts of other light species. The figure shows the diffusion flame of the syngas burner during operation.

Acknowledgments

The work was financially supported by the Ministry of Education and Science of Russia under State Contract No. 05.607.21.0304 (contract

identifier RFMEFI60719X0304) “Development of effective methods of chemical inhibition of homogeneous and heterogeneous combustion processes and the creation of a demonstrator of a detonation converter of technogenic wastes” within the framework of the Federal Target Program “Research and development on priority directions of advancement of the scientific and technological complex of Russia for 2014–2020.”

References

1. Frolov, S. M., V. A. Smetanyuk, K. A. Avdeev, and S. A. Nabatnikov. Priority dated 26.02.2018. Method for obtaining highly overheated steam and detonation steam generator device (options). Patent of Russian Federation No. 2686138 dated 24.04.2019.
2. Frolov, S. M., V. A. Smetanyuk, I. O. Shamshin, A. S. Koval', F. S. Frolov, and S. A. Nabatnikov. 2019. Poluchenie sil'no peregretoogo vodyanogo para s pomoshch'yu tsiklicheskoj detonatsii troynoy gazovoy smesi “propan – kislorod – vodyanoy par” [Generation of highly superheated steam by pulsed detonation of the ternary gas “propane–oxygen–steam” mixture]. *Goren. Vzryv (Mosk.) — Combustion and Explosion* 12(4):95–103. doi: 10.30826/CE19120410.

ГАЗИФИКАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ СИЛЬНО ПЕРЕГРЕТЫМ ВОДЯНЫМ ПАРОМ, ПОЛУЧАЕМЫМ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДЕТОНАЦИЕЙ ТРОЙНЫХ СМЕСЕЙ МЕТАН – КИСЛОРОД – ВОДЯНОЙ ПАР

**С. М. Фролов, В. А. Сметанюк, И. О. Шамшин,
В. С. Аксёнов, И. А. Садыков, А. С. Силантьев,
Ф. С. Фролов**

Федеральный исследовательский центр химической физики
им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук
Россия, Москва 119991, ул. Косыгина, д. 4

Представлены результаты испытаний инновационной лабораторной установки по анаэробной газификации органических отходов

дов в синтез-газ ($\text{CO} + \text{H}_2$) с помощью сильно перегретого водяного пара (СПП), получаемого циклической детонацией тройной смеси «метан – кислород – водяной пар» в импульсно-детонационном пароперегревателе (ИДПП). В соответствии с [1, 2],

- (1) циклическая детонация тройной смеси «метан – кислород – водяной пар» позволяет получать СПП с температурой выше 2500 К при атмосферном давлении;
- (2) в ИДПП на основе детонационной трубы диаметром 50 мм максимальное объемное содержание низкотемпературного водяного пара в тройной смеси может достигать 40%;
- (3) в ИДПП на основе детонационной трубы диаметром 50 мм максимальное объемное содержание СПП в продуктах детонации тройной смеси может достигать 75%, причем остальные продукты представлены, в основном, CO_2 ;
- (4) переработка органических отходов таким СПП сопровождается их пиролизом, термическим разложением и полной газификацией без пирокарбонного остатка;
- (5) результат газификации — синтез газ (CO и H_2), который может быть использован в качестве горючего в ИДПП после выхода установки на рабочий режим, для производства тепла/электричества и в качестве сырья для производства метанола и синтетических моторных топлив.

Лабораторная установка состоит из ИДПП на основе детонационной трубы диаметром 50 мм, генератора низкотемпературного пара и системы подачи пара, систем подачи метана и кислорода, дозатора сыпучего материала, 40-литрового проточного реактора, присоединенного к трубе, теплообменника, пробоотборника, горелки и блока управления. В качестве сыпучих органических отходов для газификации использовались отходы кофейных машин. Типичное время работы установки с частотой 2 Гц — 20 мин (время работы ограничивается имеющимся в распоряжении баллонным кислородом). Анализ состава сухих продуктов газификации, поступающих в горелку после выхода установки на рабочий режим, показал, что они, в основном, состоят из H_2 , CO

и CO_2 с незначительным количеством других легких углеводов.

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».

Литература

1. 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.
2. Фролов С. М., Сметанюк В. А., Шамилин И. О., Коваль А. С., Фролов Ф. С., Набатников С. А. Получение сильно перегретого водяного пара с помощью циклической детонации тройной газовой смеси «пропан – кислород – водяной пар» // Горение и взрыв, 2019. Т. 12. № 4. С. 95–103. doi: 10.30826/CE19120410.