

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТОЧНОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА ПРИ ГАЗИФИКАЦИИ ЛЕГКОПЛАВКИХ МАТЕРИАЛОВ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ПОТОКЕ ВОЗДУХА*

Д. А. Внучков¹, В. И. Звегинцев², Д. Г. Наливайченко³, С. М. Фролов⁴

Аннотация: Предложена методика экспериментального определения расходных характеристик проточного газогенератора, работающего на газификации твердого легкоплавкого материала (ТЛМ) набегающим потоком воздуха. Проведены экспериментальные исследования газификации заряда полипропилена (ПП). В экспериментах выход продуктов газификации составил от 43 до 120 г/с, а соотношение расходов воздуха и продуктов газификации ПП составило 2,3–2,9. Выполнен анализ погрешностей при использовании методики в реальных экспериментах.

Ключевые слова: проточный газогенератор; твердый легкоплавкий материал; полипропилен; расходные характеристики

DOI: 10.30826/CE21140306

Литература

1. Кондратова О. А. Исследование рабочих процессов твердотопливных газогенераторов подушек безопасности: Автореф. дис. . . . канд. физ.-мат. наук. — Томск, 2007.
2. Karabeyoglu A., Zilliac G., Cantwell B. J., DeZilwa S., Castellucci P. Scale-up tests of high regression rate paraffin-based hybrid rocket fuels // *J. Propul. Power*, 2004. Vol. 20. P. 1037–1045.
3. Encinar J. M., González J. F. Pyrolysis of synthetic polymers and plastic wastes. Kinetic study // *Fuel Process. Technol.*, 2008. Vol. 89. P. 678–686.
4. Aboulkas A., El harfi K., El Bouadili A. Thermal degradation behaviors of polyethylene and polypropylene. Part I: Pyrolysis kinetics and mechanisms // *Energ. Convers. Manage.*, 2010. Vol. 51. P. 1363–1369.
5. Mazzetti A., Merotto L., Pinarello G. Paraffin-based hybrid rocket engines applications: A review and a market perspective // *Acta Astronaut.* 2016. Vol. 126. P. 286–297.
6. Srivastava Diksha. Advances in biofuel technology: A review // *IOSRJ. Engineering*, 2021. Vol. 11. Iss. 4. P. 32–41.
7. Rashkovskiy S. A., Yakush S. E. Numerical simulation of low-melting temperature solid fuel regression in hybrid rocket engines // *Acta Astronaut.*, 2020. Vol. 176. P. 710–716. doi: 10.1016/j.actaastro.2020.05.002.
8. Salgansky E. A., Lutsenko N. A. Effect of solid fuel characteristics on operating conditions of low-temperature gas generator for high-speed flying vehicle // *Aerosp. Sci. Technol.*, 2021. Vol. 109. Article No. 106420.
9. Бобров А. Н., Ягодников Д. А., Попов И. В. Воспламенение и горение двухкомпонентной газозвеси порошкообразных горючего и окислителя // *Физика горения и взрыва*, 1992. Т. 28. № 5. С. 3–7.
10. Глотов О. Г., Ягодников Д. А., Воробьев В. С., Зарко В. Е., Симоненко В. Н. Воспламенение, горение и агломерация капсулированных частиц алюминия в составе смесового твердого топлива. Экспериментальные исследования агломерации // *Физика горения и взрыва*, 2007. Т. 43. № 3. С. 83–97.
11. Красильников А. В., Макаревич Г. А., Михайлов А. В. Стенд для экспериментального исследования сверхзвукового горения углеводородных топлив // *Космонавтика и ракетостроение*, 2008. № 1(50). С. 35–42.
12. DeLuca L. T., Galfetti L., Colombo G., Maggi F., Bandera A., Boiocchi M., Gariani G., Merotto L., Paravan C., Reina A. Time-resolved burning of solid fuels for hybrid rocket propulsion // *Progress in propulsion physics* / Eds. L. DeLuca, C. Bonnal, O. Haidn, S. Frolov. — EUCASS advances in aerospace sciences book ser. — EDP Sciences — TORUS PRESS, 2011. Vol. 2. P. 405–426.
13. Шабунин А. И., Калинин С. В., Сарабьев В. И., Ягодников Д. А., Полянский А. П. Результаты исследования и разработки низкотемпературных быстрогорящих газогенерирующих топлив для систем перемещения элементов исполнительных механизмов // *Наука и образование*, 2012. № 02. 13 с. <http://technomag.edu.ru/doc/299736.html>.
14. Wang L. H., Wu Z. W., Chi H. W., et al. Numerical and experimental study on the solid-fuel scramjet combustor //

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИТПМ СО РАН (номера государственной регистрации 121030500145-0 и 121030500154-2).

¹Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН, vnuchkov@itam.nsc.ru

²Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН, zvegin@itam.nsc.ru

³Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН, denis@itam.nsc.ru

⁴Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», smfrol@cphf.ras.ru

- J. Propul. Power, 2015. Vol. 31. No. 2. P. 685–693. doi: 10.2514/1.B35302.
15. Lv Zhong, Xia Zhi-xun, Liu Bing, Huang Li-ya. Preliminary experimental study on solid-fuel rocket scramjet combustor // J. Zhejiang University — SCIENCE A, 2017. Vol. 18. No. 2. P. 106–112.
 16. Shiblyuk A. N., Zvegintsev V. I., Frolov S. M., Vnuchkov D. A., Kiseleva T. A., Kislovsky V. A., Lukashevich S. V., Melnikov A. Yu., Nalivaychenko D. G. Gasification of low-melting hydrocarbon material in the airflow heated by hydrogen combustion // Int. J. Hydrogen Energ., 2020. Vol. 45. P. 9098–9112.
 17. Shiblyuk A. N., Zvegintsev V. I., Frolov S. M., Vnuchkov D. A., Kislovsky V. A., Kiseleva N. A., Lukashevich S. V., Melnikov A. Yu., Nalivaychenko D. G. Gasification of low-melting fuel in a high-temperature flow of inert gas // J. Propul. Power, 2021. Vol. 31. No. 1. P. 20–28. doi: 10.2514/1.B37780.
 18. Архипов В. А., Басалаев С. А., Кузнецов В. Т., Порязов В. А., Федорычев А. В. Моделирование процессов зажигания и горения борсодержащих твердых топлив // Физика горения и взрыва, 2021. Т. 57. № 3. С. 58–64. doi: 10.15372/FGV20210305.
 19. Zarko V., Perov V., Kiskin A., Nalivaichenko D. Microwave resonator method for measuring transient mass gasification rate of condensed systems // Acta Astronaut., 2019. Vol. 158. P. 272–276. doi: 10.1016/j.actaastro.2019.03.028.
 20. Evans B. N., Favorito A., Kuo K. Study of solid fuel burning-rate enhancement behavior in an X-ray translucent hybrid rocket motor. AIAA Paper No. 2005-3909, 2005. doi: 10.2514/6.2005-3909.
 21. Звегинцев В. И. Газодинамические установки кратковременного действия. Часть 1. Установки для научных исследований. — Новосибирск: Параллель, 2014. 551 с.
 22. Трусов Б. Г. Моделирование химических и фазовых равновесий при высоких температурах «Астра 4». — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1991. 40 с.

Поступила в редакцию 15.08.2021