

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТВЕРДОТОПЛИВНОГО ПРЯМОТОЧНОГО ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ СО СТАБИЛИЗАТОРОМ ГОРЕНИЯ*

С. А. Рашковский¹, С. Е. Якуш², А. А. Баранов³

Аннотация: Рассмотрена стабилизация вынужденного горения в твердотопливном прямоточном воздушно-реактивном двигателе (ПВРД) за счет профилирования входной части канала заряда в виде уступа, создающего рециркуляционную зону. Представлена математическая модель сопряженного теплообмена и горения в газовой и твердой фазах, реализованная численно для осесимметричной геометрии на основе схемы высокого порядка точности с малой диссипацией при произвольных числах Маха. Проведены расчеты при двух входных скоростях и двух давлениях, демонстрирующие структуру течения, зону диффузионного горения в слое смешения и зону рециркуляции в стабилизаторе. Показаны зависимости максимальной температуры и суммарной мощности тепловыделения от времени. Модель будет использована для изучения устойчивости горения в твердотопливных ПВРД.

Ключевые слова: прямоточный воздушно-реактивный двигатель; газификация; турбулентное горение; камера сгорания; численное моделирование

Литература

1. Zvuloni R., Gany A., Levy Y. Geometric effects on the combustion in solid fuel ramjets // J. Propul., 1989. Vol. 5. No. 1. P. 32–37. doi: 10.2514/3.23111.
2. Ben-Yakar A., Natan B., Gany A. Investigation of a solid fuel scramjet combustor // J. Propul. Power, 1998. Vol. 14. No. 4. P. 447–455. doi: 10.2514/2.5321.
3. Cohen-Zur A., Natan B. Experimental investigation of a supersonic combustion solid fuel ramjet // J. Propul. Power, 1998. Vol. 14. No. 6. doi: 10.2514/2.5379. P. 880–889.
4. Wang L., Wu Z., Chi H., Liu C., Tao H., Wang Q. Numerical and experimental study on the solid-fuel scramjet combustor // J. Propul. Power, 2015. Vol. 31. No. 2. P. 685–693. doi: 10.2514/1.B35302.
5. Pei X., Hou L. Numerical investigation on cavity structure of solid-fuel scramjet combustor // Acta Astronaut., 2014. Vol. 105. No. 2. P. 463–475. doi: 10.1016/j.actaastro.2014.09.009.
6. Chi H., Wei Z., Wang L., Li B., Wu Z. Numerical investigation of self-ignition characteristics of solid-fuel scramjet combustor // J. Propul. Power, 2015. Vol. 31. No. 4. P. 1019–1032. doi: 10.2514/1.B35301.
7. Novozhilov V., Joseph P., Ishiko K., Shimada T., Wang H., Liu J. Polymer combustion as a basis for hybrid propulsion: A comprehensive review and new numerical approaches // Energies, 2011. Vol. 4. No. 10. P. 1779–1839. doi: 10.3390/en4101779.
8. Kitamura K., Hashimoto A. Reduced dissipation AUSM-family fluxes: HR-SLAU2 and HR-AUSM+ up for high resolution unsteady flow simulations // Comput. Fluids, 2016. Vol. 126. P. 41–57. doi: 10.1016/j.compfluid.2015.11.014.
9. Hu X. Y., Khoo B. C., Adams N. A., Huang F. L. A conservative interface method for compressible flows // J. Comput. Phys., 2006. Vol. 219. No. 2. P. 553–578. doi: 10.1016/j.jcp.2006.04.001.

Поступила в редакцию 12.01.17

* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 16-29-01084 офи_м «Стабилизация горения в проточном тракте твердотопливного прямоточного воздушно-реактивного двигателя»).

¹ Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского Российской академии наук; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, rash@ipmnet.ru

² Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского Российской академии наук; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, yakush@ipmnet.ru

³ Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского Российской академии наук; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, alexander_ba@list.ru