

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТЕНДОВЫХ ОБРАЗЦОВ МАЛОРАЗМЕРНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С НЕПРЕРЫВНО-ДЕТОНАЦИОННЫМИ КАМЕРАМИ СГОРАНИЯ*

С. М. Фролов¹, В. С. Аксенов², П. А. Гусев³, В. С. Иванов⁴, С. Н. Медведев⁵,
И. О. Шамшин⁶

Аннотация: Создан испытательный стенд для огневых испытаний стендовых демонстрационных образцов ракетных двигателей нового типа с непрерывно-детонационным горением. На малоразмерных стендовых демонстрационных образцах ракетных двигателей с кольцевой камерой сгорания внешнего диаметра 50 и 100 мм с кольцевым зазором 5 мм, работающих на водородно-кислородной смеси, впервые экспериментально доказано, что термодинамический цикл Зельдовича с непрерывно-детонационным горением водородно-кислородной смеси соответственно на 6%–7% и 7%–8% эффективнее, чем термодинамический цикл с непрерывным горением той же смеси при прочих равных условиях. В серии испытаний стендового демонстрационного образца с камерой диаметром 100 мм

* Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по государственному контракту № 14.609.21.0002 (идентификатор контракта RFMEFI60914X0002) «Разработка технологий использования сжиженного природного газа (метан, пропан, бутан) в качестве топлива для ракетно-космической техники нового поколения и создание стендового демонстрационного образца ракетного двигателя» в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» и при поддержке Российской академии наук через программу № 26 «Горение и взрыв».

¹ Центр импульсно-детонационного горения; Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», smfrol@chph.ras.ru

² Центр импульсно-детонационного горения; Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», vaksenov@mail.ru

³ Центр импульсно-детонационного горения; Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, gusevpa@yandex.ru

⁴ Центр импульсно-детонационного горения; Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, ivanov.vls@gmail.com

⁵ Центр импульсно-детонационного горения; Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, medvedev@idgcenter.ru

⁶ Центр импульсно-детонационного горения; Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», shamshin@idgcenter.ru

на метаноокислородной смеси с коэффициентом избытка горючего от 0,95 до 1,4 получены только режимы с непрерывно-детонационным горением, а режимы с непрерывным горением вообще не наблюдались. Ввиду того, что в проведенных испытаниях давление в испытываемых камерах сгорания было относительно низким (ниже 3 атм), а конструкции камер сгорания и сопел были неоптимизированы, полученные значения удельного импульса оказались низкими (до 160 с).

Ключевые слова: непрерывно-детонационное горение; испытательный стенд; ракетный двигатель; водород–кислород; метан–кислород; цикл Зельдовича; энергоэффективность

Литература

1. Зельдович Я. Б. К вопросу об энергетическом использовании детонационного горения // ЖТФ, 1940. Т. 10. Вып. 17. С. 1455–1461.
2. Быковский Ф. А., Ждан С. А. Непрерывная спиновая детонация. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 423 с.
3. Roy G. D., Frolov S. M., Borisov A. A., Netzer D. W. Pulse detonation propulsion: Challenges, current status, and future perspective // Prog. Energy Combust. Sci., 2004. Vol. 30. No. 6. P. 545–672.
4. Heiser W. H., Pratt D. T. Thermodynamic cycle analysis of pulse detonation engines // J. Propul. Power, 2002. Vol. 18. No. 1. P. 68–76.
5. Фролов С. М., Барыкин А. Е., Борисов А. А. Термодинамический цикл с детонационным сжиганием топлива // Хим. физика, 2004. Т. 23. № 3. С. 17–25.
6. Чванов В. К., Фролов С. М., Стернин Л. Е. Жидкостный детонационный ракетный двигатель // Труды НПО Энергомаш им. академика В. П. Глушко. — М.: НПО Энергомаш им. академика В. П. Глушко, 2012. № 29. С. 4–14.
7. Фролов С. М., Аксенов В. С., Гусев П. А., Иванов В. С., Медведев С. Н., Шамшин И. О. Экспериментальное доказательство энергоэффективности термодинамического цикла Зельдовича // Докл. РАН, 2014. Т. 459. № 6. С. 711–716.

Поступила в редакцию 01.11.14