

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОПЛА НА ТЯГОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕПРЕРЫВНО-ДЕТОНАЦИОННОЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ*

А. В. Дубровский¹, В. С. Иванов², С. М. Фролов³

Аннотация: Проведено параметрическое численное исследование влияния сопла на тяговые характеристики экспериментальной кольцевой непрерывно-детонационной камеры сгорания (НДКС) внешнего диаметра 406 мм с кольцевым зазором 25 мм и с коническим центральным телом (полуугол при вершине 23°), работающей на водороде и воздухе. В расчетах изменяли длину обечайки, ограничивающей скорость расширения потока, при фиксированной форме центрального тела сопла (конус) и длине камеры, а также изменяли форму центрального тела (конус или усеченный конус) и геометрию сопряжения выхлопной струи с окружающей средой, позволяя струе выходить либо в полупространство, либо в полное пространство. Показано, что максимальная тяга (7,7 кН) достигается при длине камеры 395 мм, близкой к ее внешнему диаметру, и при использовании конического центрального тела в отсутствие обечайки. Уменьшение длины камеры, установка обечайки и использование центрального тела в форме усеченного конуса, а также расширение выхлопной струи в полное пространство приводят к уменьшению тяги.

Ключевые слова: непрерывно-детонационная камера сгорания; водород; воздух; тяговые характеристики; сопло; численные расчеты

Литература

1. *Быковский Ф. А., Ждан С. А.* Непрерывная спиновая детонация. — Изд-во СО РАН, 2013. 423 с.

* Работа выполнена при частичной 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», а также Российской академии наук по Программе № 26 «Горение и взрыв» и РФФИ (проект № 15-08-00782).

¹ Центр импульсно-детонационного горения; Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», dubrovskii.alex@gmail.com

² Центр импульсно-детонационного горения; Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, ivanov.vls@gmail.com

³ Центр импульсно-детонационного горения; Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», smfrol@chph.ras.ru

2. *Ждан С. А., Быковский Ф. А., Ведерников Е. Ф.* Математическое моделирование вращающейся волны детонации в водородно-кислородной смеси // *ФГВ*, 2007. Т. 43. № 4. С. 90–101.
3. *Wolanski P.* Detonative propulsion // *Proc. Combust. Inst.*, 2013. Vol. 34. P. 125–158.
4. *Uemuraa Yu., Hayashi A. K., Asahara A., Tsuboi N., Yamada E.* Transverse wave generation mechanism in rotating detonation // *Proc. Combust. Inst.*, 2013. Vol. 34. No. 2. P. 1981–1989.
5. *Kailasanath K., Schwer D. A.* Numerical simulations of a rotating-detonation-wave engine concept // *Transient combustion and detonation phenomena: Fundamentals and applications* / Eds. G. D. Roy, S. M. Frolov. — Moscow: TORUS PRESS, 2014. P. 436–441.
6. *Eude Yo., Davidenko D.* Use of the adaptive mesh refinement for continuous detonation simulation // *Transient combustion and detonation phenomena: Fundamentals and applications* / Eds. G. D. Roy, S. M. Frolov. — Moscow: TORUS PRESS, 2014. P. 454–463.
7. *Wu D., Liu Y., Liu Y., Wang J.* Numerical investigations of the restabilization of hydrogen–air rotating detonation engines // *Int. J. Hydrogen Energy*, 2014. Vol. 39. No. 28. P. 15803–15809.
8. *Фролов С. М., Дубровский А. В., Иванов В. С.* Трехмерное численное моделирование рабочего процесса в камере сгорания с непрерывной детонацией при отдельной подаче горючего и окислителя // *Хим. физика*, 2013. Т. 32. № 2. С. 56–65.
9. *Дубровский А. В., Иванов В. С., Фролов С. М.* Трехмерное численное моделирование рабочего процесса в непрерывно-детонационной камере сгорания с отдельной подачей водорода и воздуха // *Хим. физика*, 2015. Т. 34. № 2. С. 1.
10. *Фролов С. М., Аксенов В. С., Дубровский А. В., Иванов В. С., Шамшин И. О.* Энергоэффективность непрерывно-детонационных камер сгорания // *ФГВ*, 2015. Т. 51. № 2.
11. *Аксенов В. С., Гусев П. А., Иванов В. С., Медведев С. Н., Фролов С. М., Шамшин И. О.* Экспериментальные исследования непрерывного детонационного горения водорода в кольцевой камере сгорания // *Горение и взрыв*, 2014. Вып. 7. С. 121–128.
12. *Frolov S. M., Aksenov V. S., Ivanov V. S., Shamshin I. O.* Large-scale hydrogen–air continuous detonation combustor // *Int. J. Hydrogen Energy*, 2015. Vol. 40. Iss. 3. P. 1616–1623.

Поступила в редакцию 01.11.14