

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛОВОЙ НЕИДЕНТИЧНОСТИ ПРИ РАБОТЕ ИМПУЛЬСНО-ДЕТОНАЦИОННОГО ГИДРОРЕАКТИВНОГО ДВИЖИТЕЛЯ*

К. А. Авдеев¹, В. С. Аксёнов², И. А. Садыков³, С. М. Фролов⁴, Ф. С. Фролов⁵, И. О. Шамшин⁶

Аннотация: Исследование посвящено выяснению и устранению причин цикловой неидентичности при работе инновационного импульсно-детонационного гидрореактивного двигателя (ИД ГРД), которая снижает его тяговые характеристики. Спроектирован и изготовлен экспериментальный образец ИД ГРД в виде импульсно-детонационной трубки (ДТ), соединенной с оптически прозрачным водоводом. Проведены экспериментальные исследования с вертикальным погружением образца в воду. Обнаружено, что межцикловая неидентичность связана с перерасширением газообразных продуктов детонации в детонационной трубке вследствие инерции водяного столба в водоводе. Перерасширение газа вызывает обратное течение механической газовой смеси, которая не только заполняет водовод, но и проникает в ДТ, оказывая сильное влияние на циклический рабочий процесс. Для устранения межцикловой неидентичности разработан, изготовлен и испытан новый лабораторный образец ИД ГРД, оснащенный вращающимся механическим клапаном и работающий на пропанокислородной смеси. Его огневые испытания показали, что при прочих равных условиях применение клапана позволяет в значительной мере устранить межцикловую нестабильность и увеличить средний удельный импульс более чем вдвое: до 550 с вместо 250 с при рабочей частоте 14 Гц.

Ключевые слова: импульсно-детонационный гидрореактивный двигатель; детонационная волна; ударная волна; пузырьковая водная среда; удельный импульс; тяга

DOI: 10.30826/CE21140105

Литература

1. Фролов С. М., Аксёнов В. С., Фролов Ф. С., Авдеев К. А. Водометный импульсный детонационный двигатель (варианты) и способ создания гидрореактивной тяги. Патент WO/2015/099552, 23.12.2013. https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2015099552&_cid=P10-KLWBNQ-86226-1.
2. Frolov S. M., Avdeev K. A., Aksenov V. S., Frolov F. S., Sadykov I. A., Shamshin I. O., Tukhvatullina R. R. Direct conversion of fuel chemical energy into the energy of water motion // Nonequilibrium processes in physics and chemistry / Eds. A. M. Starik, S. M. Frolov. — Moscow: TORUS PRESS, 2016. Vol. 2. P. 251–262.
3. Фролов С. М., Аксёнов В. С., Садыков И. А., Авдеев К. А., Шамшин И. О. Испытания экспериментальных образцов водометного двигателя с импульсно-детонационным горением жидкого топлива // Горение и взрыв, 2017. Т. 10. № 2. С. 73–82.
4. Фролов С. М., Аксёнов В. С., Садыков И. А., Авдеев К. А., Шамшин И. О. Водометный двигатель с импульсно-детонационным горением жидкого топлива // Докл. Акад. наук, 2017. Т. 475. № 3. С. 281–285. doi: 10.7868/S0869565217210101.
5. Frolov S. M., Avdeev K. A., Aksenov V. S., Frolov F. S., Sadykov I. A., Shamshin I. O., Tukhvatullina R. R. Pulsed detonation hydromet // Advances in pulsed and continuous detonations / Ed. S. M. Frolov. — Moscow: TORUS PRESS, 2019. P. 372–396. doi: 10.30826/ICPCD201829.
6. Frolov S. M., Aksenov V. S., Avdeev K. A., Sadykov I. A., Shamshin I. O., Tukhvatullina R. R. Pulsed-detonation hydromet // Recent progress in detonation for propulsion / Eds. S. M. Frolov, J. Kasahara. — Moscow: TORUS PRESS, 2019. P. 68–70. doi: 10.30826/IWDP201925.
7. Frolov S. M., Avdeev K. A., Aksenov V. S., Borisov A. A., Fro-

* Научно-исследовательская работа выполнена за счет субсидии, выделенной ФИЦ ХФ РАН на выполнение государственного задания по теме № 0082-2019-0006 (номер государственной регистрации АААА-А21-121011990037-8).

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, kaavdeev@mail.ru

²Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, vaksenov@mail.ru

³Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, ilsadykov@mail.ru

⁴Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, smfrol@chph.ras.ru

⁵Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; f.frolov@chph.ru

⁶Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, igor.shamshin@mail.ru

lov F. S., Shamshin I. O., Tukhvatullina R. R., Basara B., Edelbauer W., Pachler K. Experimental and computational studies of shock wave-to-bubbly water momentum transfer // *Int. J. Multiphas. Flow*, 2017. Vol. 92. P. 20–38. doi: 10.1016/j.ijmultiphaseflow.2017.01.016.

8. *Frolov S. M., Avdeev K. A., Aksenov V. S., Frolov F. S., Sadykov I. A., Shamshin I. O., Tukhvatullina R. R.* Pulsed detonation hydroramjet: Simulations and experiments // *Shock Waves*, 2020. Vol. 30. No. 3. P. 221–234. doi: 10.1007/s00193-019-00906-2.

Поступила в редакцию 14.02.2021