

К ВОПРОСУ ОБ УТИЛИЗАЦИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРОДУКТОВ ДЕТОНАЦИИ*

В. А. Сметанюк¹, С. М. Фролов², П. А. Гусев³, А. С. Коваль⁴, С. А. Набатников⁵, М. С. Белоцерковская⁶

Аннотация: Проведены расчетные и экспериментальные исследования возможности утилизации кинетической энергии продуктов детонации при реализации термодинамического цикла Зельдовича с импульсно-детонационным горением топливных компонентов. Предложено утилизировать кинетическую энергию продуктов детонации с помощью импульсной турбины с вращающимся лопаточным колесом. Показано, что коэффициенты утилизации количества движения и кинетической энергии продуктов детонации в импульсной турбине простейшей схемы с неоптимизированными массогабаритными параметрами составляют 8%–16%. Для повышения эффективности турбины необходимо принять меры по исключению паразитных отражений ударных волн (УВ), подбору оптимальных массогабаритных характеристик ротора и количества лопаток, профилирования лопаток и выбору оптимального угла атаки, оптимизации размера бокового зазора между ротором и корпусом, подбору оптимального расположения выхлопной трубы и т. д.

Ключевые слова: термодинамический цикл Зельдовича; импульсно-детонационное горение; кинетическая энергия продуктов детонации; коэффициент утилизации; импульсная турбина

DOI: 10.30826/CE18110407

Литература

1. *Зельдович Я. Б.* К вопросу об энергетическом использовании детонационного горения // *ЖТФ*, 1940. Т. 10. № 17. С. 1453–1461.
2. *Фролов С. М., Барыкин А. Е., Борисов А. А.* Термодинамический цикл с детонационным сжиганием топлива // *Хим. физика*, 2004. Т. 23. № 3. С. 17–25.
3. *Poortman R. M., Sargent H. B., Lamprey H.* Method and apparatus utilizing detonation waves for spraying and other purposes. U.S. Patent No. 2714563, August 2, 1955.
4. *Зверев А. И., Шаривкер С. Ю., Астахов Е. А.* Детонационное напыление покрытий. — Л.: Судостроение, 1979. 232 с.
5. *Фролов С. М., Сметанюк В. А., Набатников С. А., Моисеев А. В., Андриенко В. Г., Пилецкий В. Г.* Способ сверхтонкого распыливания жидкого топлива и устройство для его осуществления. Патент Российской Федерации на изобретение № 2644422 от 12.02.2018. Приоритет от 12.04.2017.
6. *Сметанюк В. А., Фролов С. М.* Ударно-волновая фрагментация водно-угольной суспензии // *Сб. докл. V Минского междунар. colloквиума по физике ударных волн, горения и детонации.* — Минск: Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси, 2017. С. 166–167.
7. *Фролов С. М., Авдеев К. А., Фролов Ф. С., Стрелецкий Ю. Д.* Способ измельчения и плавления снежно-ледяной массы и устройство для его реализации. Заявка РСТ/RU 2013/001149 от 23.12.2013.
8. *Фролов С. М., Сметанюк В. А., Фролов Ф. С.* Способ детонационной штамповки и устройство для его реализации. Заявка РСТ RU2014/000780, 16.10.2014.
9. *Scragg R. L.* Detonation cycle gas turbine engine system having intermittent fuel and air delivery. Patent US6000214, 1997.
10. *Schauer F., Bradley R., Hoke J.* Interaction of a pulsed detonation engine with a turbine. AIAA Paper No. 2003-0891, 2003.
11. *Sakurai T., Obara T., Ohayagi S., Murayama M.* Experimental study of pulse detonation turbine engine toward power generator // 20th Colloquium (International) on the Dynamics of Explosion and Reactive Systems Proceedings, 2005. 7 p.

* Работа выполнена за счет субсидии, выделенной ИХФ РАН на выполнение государственного задания (темы 0082-2016-0004 и 0082-2016-0011, номер государственной регистрации АААА-А18-118031590088-8 и ААА-А17-117040610346-5).

¹Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, smetanuk@chph.ras.ru

²Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»; Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, smfrol@chph.ras.ru

³Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, gusevpa@yandex.ru

⁴Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, askoval@mephi.ru

⁵ООО «Новые физические принципы», s.nabatnikov@mail.ru

⁶Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук; Институт автоматизации проектирования Российской академии наук, _bc@mail.ru

12. *Фролов С. М., Аксенов В. С., Иванов В. С., Шамшин И. О.* Тяговые характеристики импульсно-детонационного двигателя, работающего на жидком углеводородном топливе // Хим. физика, 2016., Т. 35. № 4. С. 40–47.
13. *Басевич В. Я., Фролов С. М.* Глобальные кинетические механизмы для моделирования многостадийного самовоспламенения углеводородов в реагирующих течениях // Хим. физика, 2006. Т. 25. № 6. С. 54–62.
14. *Иванов В. С., Фролов С. М.* Математическое моделирование рабочего процесса и тяговых характеристик воздушно-реактивного импульсного детонационного двигателя в условиях сверхзвукового полета // Хим. физика, 2011. Т. 30. № 7. С. 48–61.

Поступила в редакцию 19.10.18