

ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫЙ ИМПУЛЬСНО-ДЕТОНАЦИОННЫЙ ТЯГОВЫЙ МОДУЛЬ

С. М. Фролов¹, В. С. Иванов², В. С. Аксёнов³, И. О. Шамшин⁴, П. А. Гусев⁵

Аннотация: Разработан и испытан на стенде воздушно-реактивный импульсно-детонационный тяговый модуль (ТМ) с удельным импульсом по топливу (низкооктановый бензин) до 1500–1700 с. Проведены оценки теплового состояния элементов конструкции ТМ, сопутствующих вибрационных нагрузок, излучаемого шума и располагаемого ресурса. Тепловые измерения показали, что температура трубы ТМ увеличивалась по длине и достигала максимальных значений (700–750 °С) в области циклического перехода горения в детонацию (ПГД). Анализ вибраций показал, что основная частота колебаний конструкции ТМ соответствует рабочей частоте (до 10 Гц) с наложенной частотой колебаний конструкции 30–45 Гц. Измеренное акустическое давление на расстоянии ~ 100 мм от входа в ТМ составило 170–175 дБ. При скорости набегающего воздушного потока 35 м/с располагаемый ресурс наиболее нагруженного элемента конструкции ТМ — обратного клапана воздухозаборного устройства (ВЗУ) — составил около 40 мин.

Ключевые слова: импульсно-детонационный двигатель; тяговый модуль; низкооктановый бензин; экспериментальный образец; удельный импульс; тепловое состояние; вибрации; шум; ресурс

DOI: 10.30826/CE25180307

EDN: TMBUXX

Литература

1. Зельдович Я. Б. К вопросу об энергетическом использовании детонационного горения // ЖТФ, 1940. Т. 10. № 17. С. 1455–1461.
2. Войцеховский Б. В. Стационарная детонация // Докл. АН СССР, 1959. Т. 129. № 6. С. 1254–1256.
3. Быковский Ф. А., Ждан С. А. Непрерывная спиновая детонация. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 423 с.
4. Импульсные детонационные двигатели / Под ред. С. М. Фролова. — М.: ТОРУС ПРЕСС, 2006. 592 с.
5. Лазарев Г. Г., Фролов С. М. Реактивные вертолеты. — М.: ТОРУС ПРЕСС, 2025. 248 с.
6. Фролов С. М., Иванов В. С., Аксёнов В. С., Зангиев А. Э., Шамшин И. О., Гусев П. А. Импульсно-детонационный тяговый модуль // Горение и взрыв, 2018. Т. 11. № 3. С. 92–102. doi: 10.30826/CE18110312.
7. Фролов С. М. Быстрый переход горения в детонацию // Хим. физика, 2008. Т. 27. № 6. С. 31–44.
8. Зангиев А. Э., Иванов В. С., Фролов С. М. Тяговые характеристики воздушно-реактивного импульсного детонационного двигателя в условиях полета с числом Маха от 0,4 до 5,0 // Хим. физика, 2016. Т. 35. № 3. С. 65–76.
9. He X., Karagozian A. R. Numerical simulation of pulse detonation engine phenomena // J. Sci. Comput., 2003. Vol. 19. No. 1-3. P. 201–224.
10. Xi Zh. L., Na L., Jun Y. C. 2009. Investigation on noise radiation characteristics of two-phase multi-cycle pulse detonation engine. AIAA Paper No. 2009-297, 2009.
11. Сметанюк В. А., Фролов С. М., Авдеев К. А., Аксёнов В. С., Гусев П. А., Иванов В. С., Коваль А. С., Медведев С. Н., Фролов Ф. С., Шамшин И. О. Шумовые характеристики импульсно-детонационного горелочного устройства на природном газе // Горение и взрыв, 2014. Т. 7. С. 107–113.

Поступила в редакцию 22.01.2025

После доработки 30.06.2025

Принята к публикации 01.07.2025

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ; smfrol@chph.gas.ru

²Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; ivanov.vls@gmail.com

³Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, vaksenov@mail.ru

⁴Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; igor_shamshin@mail.ru

⁵Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; gusevpa@yandex.ru