

УДК 532.517.4

НЕПРЕРЫВНО-ДЕТОНАЦИОННОЕ ГОРЕНИЕ МЕТАНА: ЭКСПЕРИМЕНТ**В.С. Иванов, В.С. Аксенов, С.М. Фролов, И.О. Шамшин**

Центр импульсно-детонационного горения, Москва, Россия
 Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Москва, Россия

В настоящее время большое внимание уделяют разработке жидкостных ракетных двигателей (ЖРД), в которых в качестве топлива применяется сжиженный природный газ. Удельный импульс тяги в пустоте для пары «жидкий метан – кислород» (388 с) превосходит удельный импульс пары «керосин – кислород» (374 с) более чем на 3%. Кроме перехода к перспективной паре «сжиженный природный газ – кислород» дальнейшего повышения удельного импульса можно добиться, используя более энергоэффективный термодинамический цикл. В 1940 г. Я.Б. Зельдовичем показано, что двигатели, использующие быстрое (детонационное) сгорание топлива, должны быть более эффективными, чем двигатели, использующие медленное (дефлаграционное) горение. В 1959 г. Б.В. Войцеховский предложил оригинальную схему организации непрерывного детонационного горения в кольцевой камере сгорания. Именно эту схему в последнее время считают наиболее перспективной для дальнейшего совершенствования ЖРД.

В ИХФ РАН создан стенд для исследования непрерывно-детонационного горения различных топлив. В [1] в серии экспериментов с водородно-кислородными смесями впервые доказана энергоэффективность детонационного цикла сжигания топлива на образцах кольцевых камер сгорания диаметром 50 и 100 мм. В камере сгорания диаметром 100 мм проведены эксперименты с метано-кислородными смесями с расходом до 0.5 кг/с и с различной конфигурацией выходного сопла. В первой серии огневых испытаний экспериментально получен состав смеси с максимальными удельными тяговыми характеристиками. Во второй серии испытаний изменяли конфигурацию сопла. Применялись варианты сопел без сужения сечения на выходе камеры сгорания (К1), с пересжатием выходного сечения кольцевого зазора на 50% (К2), а также с пересжатием выходного сечения кольцевого зазора на 50% и последующим профилированным сопловым насадком (К3 и К4). На камерах с сопловыми насадками экспериментально получен удельный импульс до 150 с при среднем давлении в камере 8 атм. В табл. 1 приведены результаты экспериментов с указанием расходов топливных компонентов, коэффициента избытка горючего в смеси, давления в камере, тяги и удельного импульса. Дальнейшая работа направлена на повышение рабочего давления в камере.

Таблица 1. Результаты испытаний при работе на метано-кислородной смеси

№	Конфигурация	Расход кислорода, кг/с	Расход метана, кг/с	Состав, Ф	Давление в камере, кПа	Тяга, кГс	Уд. импульс, с
1	К1	0.35	0.08	0.95	97	12.7	29
2	К2	0.23	0.06	1.0	400	29.2	102
3	К3	0.24	0.07	1.2	440	40.4	125
4	К4	0.38	0.12	1.3	800	73.6	147

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по государственному контракту № 14.609.21.0002 (идентификатор RFMEFI60914X0002).

Литература

1. Фролов С.М., Аксенов В.С., Гусев П.А., Иванов В.С., Медведев С.Н., Шамшин И.О. Экспериментальное доказательство энергоэффективности термодинамического цикла Зельдовича // Доклады академии наук. 2014. Т. 459. № 6. С. 711–716.