

УДК 621.453

МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЖРДМТ НА САМОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ КОМПОНЕНТАХ ТОПЛИВА

Нигодюк В.Е., Сулинов А.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Жидкостные ракетные двигатели малой тяги (ЖРДМТ) на самовоспламеняющихся компонентах топлива типа несимметричный диметилгидразин (или монометилгидразин) и азотный тетраоксид широко используются в настоящее время в качестве исполнительных органов систем управления космическими аппаратами (КА) для стабилизации, ориентации и коррекции орбиты КА и имеют долгосрочные перспективы применения в будущем.

Анализ показывает, что современным перспективным направлением по созданию ЖРДМТ нового поколения является разработка двигателей малой тяги с минимальными значениями приведенной длины камеры сгорания при обеспечении предельных значений параметров на непрерывном режиме, что должно привести к существенному повышению удельного импульса тяги в импульсном режиме, снижению температуры камеры двигателя, улучшению динамических и экологических характеристик двигателей и повышению их надежности. Реализация данного направления возможна за счет совершенствования организации внутрикамерных рабочих процессов ЖРДМТ.

Ведущую роль в совершенствовании внутрикамерных рабочих процессов ЖРДМТ на самовоспламеняющемся топливе играет организация эффективного экзотермического жидкофазного взаимодействия компонентов [1] при запуске двигателя, его работе в импульсном и непрерывном режимах. Эффективная организация жидкофазного взаимодействия компонентов топлива будет решающим образом обеспечивать интенсификацию протекания последующих процессов преобразования топлива в высокотемпературные продукты сгорания и, как следствие, будет определять высокий уровень динамических и энергетических характеристик двигателя. Повышение надежности связано со снижением тепловых нагрузок к элементам конструкции ЖРДМТ за счет использования жидкофазных промежуточных продуктов взаимодействия компонентов в качестве пристеночного охладителя и одновременного уменьшения длины камеры сгорания двигателя.

С целью уточнения физической модели и определения основных кинетических характеристик процесса преобразования топлива в продукты сгорания при обеспечении жидкофазного взаимодействия самовоспламеняющихся компонентов топлива был проведен в СГАУ комплекс экспериментальных исследований на высотных огневых стендах с использованием опытных ЖРДМТ, специальных модельных установок и проточного реактора с клиновыми смесительными элементами [2].

В результате проведенных экспериментальных исследований [3] были определены верхняя граница периода индукции жидкофазной реакции компонентов топлива, период индукции газофазных реакций промежуточных продуктов, температуры промежуточных продуктов, коэффициент полноты сгорания и степень газификации топлива и их зависимости от полноты жидкофазного смешения компонентов топлива и времени пребывания жидкофазных и газофазных промежуточных продуктов (ЖФПП и ГФПП). Полученные результаты позволяют внести коррективы в существующие физические модели жидкофазного взаимодействия самовоспламеняющихся компонентов топлива и дают информацию, необходимую для моделирования и проведения более точных расчетов при организации эффективного внутрикамерного рабочего процесса ЖРДМТ.

На основании полученных количественных характеристик жидкофазного взаимодействия самовоспламеняющихся компонентов топлива (периодов индукции жидкофазных и газофазных реакций, температур ЖФПП и ГФПП и др.) был предложен ряд

перспективных схем смесеобразования ЖРДМТ для различных уровней тяг: клиновые, струйные, центробежные смесительные элементы. Экспериментальные ЖРДМТ с различными типами клиновых смесительных элементов обеспечивали высокую полноту сгорания топлива (коэффициент полноты расходного комплекса составлял 0,94 – 0,96) при максимальной температуре стенок камеры сгорания на непрерывном режиме работы не более 800 - 1000 °С и приведенной длине камеры сгорания $\leq 0,25$ м.

Перспективным направлением повышения эффективности внутрикамерных рабочих процессов ЖРДМТ можно считать путь использования в двигателях предкамерных устройств [4]. Предкамера дает возможность даже при ограниченном количестве смесительных элементов и малых размерах камеры сгорания, что характерно для ЖРДМТ, управлять рабочим процессом на начальном этапе его протекания: обеспечивать необходимую степень газификации топлива в предкамере, распределять газофазные и жидкофазные промежуточные продукты как по поперечному сечению, так и по длине камеры сгорания, организовывать взаимодействия ГФПП и ЖФПП с целью интенсификации процессов их взаимодействия и преобразования и защиты стенок камеры.

Необходимо отметить, что перспективные для систем управления малых КА ЖРДМТ тягой от 0,4 до 3 Н имеют ряд особенностей по организации внутрикамерных рабочих процессов: наличие одного смесительного элемента, использование в качестве форсунок капилляров с большими относительными длинами, более трудные условия организации тепловой защиты смесительной головки и стенок камеры сгорания. Все это требует учета особенностей внутрикамерных рабочих процессов двигателей такой размерности при организации эффективного жидкофазного взаимодействия компонентов, тепловой защиты смесительной головки и стенок камеры сгорания, снижения тепловых потерь энергии [5].

Список литературы

1. Дубинкин, Ю.М. Проблемы организации рабочего процесса жидкостных ракетных двигателей малой тяги [Текст]/Ю.М. Дубинкин, В.Е. Нигодюк//Известия ВУЗов. Авиационная техника. - 1993. -№ 2. -С. 71...74.
2. Нигодюк, В.Е Проточный реактор как инструмент экспериментального исследования процессов преобразования СЖРТ [Текст]/В.Е. Нигодюк, А.В. Сулинов// Вестник СГАУ. - 2009. -№ 3 (19). –С. 311-315.
3. Нигодюк, В.Е Исследование закономерностей жидкофазного взаимодействия компонентов СЖРТ [Текст]/В.Е. Нигодюк, А.В. Сулинов// Вестник СГАУ. -2009. -№ 3 (19). –С. 316-321.
4. Нигодюк, В.Е Перспективы применения предкамер в ЖРДМТ на самовоспламеняющихся компонентах топлива [Текст]/В.Е. Нигодюк, А.В. Сулинов// Проблемы и перспективы развития двигателестроения/Материалы докладов на международной научно-технической конференции. -Самара: СГАУ. -2009, - Часть 1. -С. 120-122.
5. Нигодюк, В.Е Особенности организации рабочего процесса ЖРДМТ тягой менее 1 Н [Текст]/В.Е. Нигодюк, А.В. Сулинов// Проблемы и перспективы развития двигателестроения/Материалы докладов на международной научно-технической конференции. -Самара: СГАУ. -2009, - Часть 1. -С. 119, 120.