

УДК 621.454.2

Парциальная система подачи топлива ЖРД, принцип работы и области рационального применения

Щедрин Владимир Владимирович^(*)

Нафиков Марат Ирекович

Кочетов Артем Иванович

spacesteel@bk.ru

maratn2010@gmail.com

bornofthewyvern@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрен альтернативный способ подачи жидких компонентов топлива, путем ступенчатого повышения давления вытеснения с применением вспомогательных объемов высокого давления. Определены области рационального применения парциальной системы подачи топлива в ЖРД. Особое внимание уделено конструктивным особенностям, продемонстрировано стендовое исполнение системы, проведены анализ параметров работы и их сравнение с результатами расчетов.

Ключевые слова: ракетный двигатель, жидкостная ракетная двигательная установка, насосные системы подачи, вытеснительные системы подачи, область рационального применения

Введение. В зависимости от назначения к ЖРД предъявляют различные требования по величине тяги, продолжительности и условиям работы [1]. Перед конструкторами становится задача выбора системы подачи топлива и ее комплектующих. Преимущество вытеснительной схемы является простота ее конструкции, турбонасосной подачи — обеспечение высокого массового совершенства двигателя [2]. Объединение простоты исполнения и удовлетворительных массовых характеристик является конкурентным преимуществом парциальной системы подачи топлива (ПСПТ) [3].

Методы и материалы; результаты. Принципиальная схема ПСПТ (рис. 1) включает в себя систему подачи вытеснительного газа, основные топливные баки, баки парциальной подачи (БПП), регулирующую арматуру и трубопроводы.

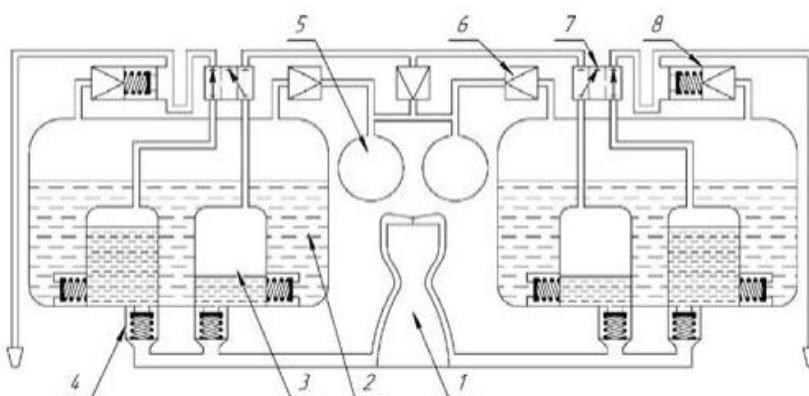


Рис. 1. Принципиальная схема ПСПТ:

1 — камера; 2 — топливный бак; 3 — БПП; 4 — обратный клапан; 5 — баллон наддува; 6 — редуктор; 7 — пневматический распределитель; 8 — система рекуперации газа

Использование БПП разгружает основной топливный бак от высокого давления и создает два контура давления, система рекуперации между которыми уменьшает необходимое количество вытеснительного газа на борту. Вытеснение компонента из БПП осуществляется поочередно, во время вытеснения компонента из первого БПП производится заправка второго. Дросселирование реализуется путем изменения давления вытеснения в БПП или установкой регулятора расхода перед камерой сгорания.

Расчет работоспособности ПСПТ проводился в программном комплексе одномерного моделирования. По результатам расчета получены расходные характеристики установки (рис. 2), параметры системы подачи вытеснительного газа и параметры регулирующей арматуры.

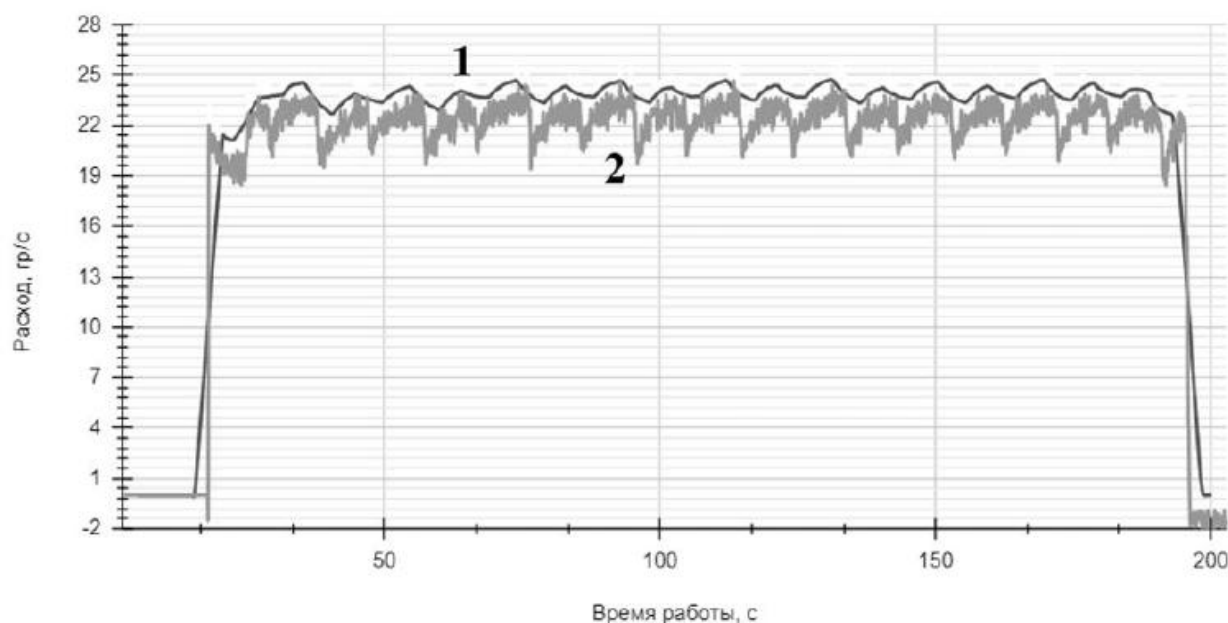


Рис. 2. Расходная характеристика ПСПТ:

1 — расчетные данные; 2 — экспериментальные данные

Следующим этапом стало проектирование стендовой ПСПТ. Создана система подачи с прозрачными стенками БПП для визуальной фиксации внутрибачковых процессов, использованы емкостные датчики фиксации уровня топлива и регуляторы расхода ручного управления (рис. 3). Проведен ряд испытаний при различных режимах работы, экспериментальные данные соотнесены с результатами расчетов (рис. 2), зафиксированы динамические процессы.

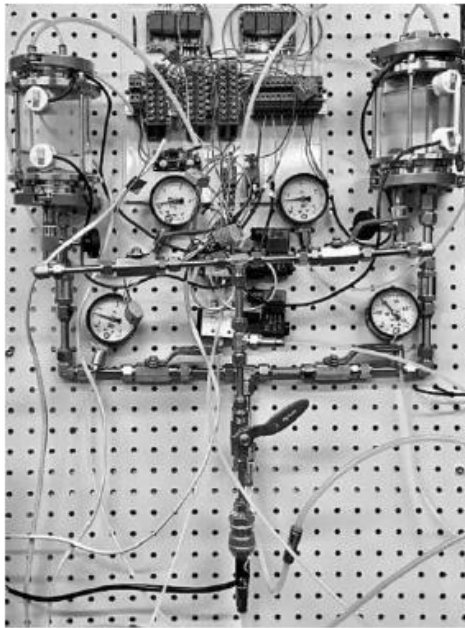


Рис. 3. Общий вид
стендовой ПСПТ

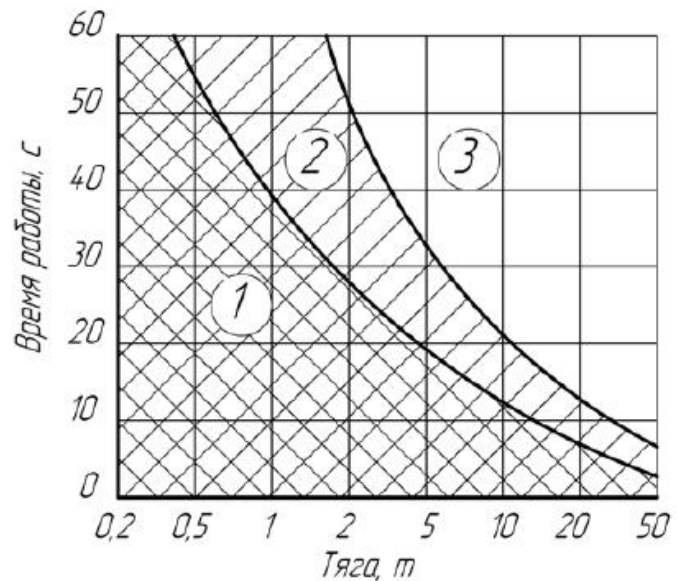


Рис. 4. Качественная картина областей применения различных систем подачи топлива:
1 — вытеснительная; 2 — ПСПТ; 3 — турбонасосная

Закключение. Преимущества и ограничения методов подачи топлива в ЖРД определяет условную границу применимости между вытеснительной и турбонасосной системами. Парциальная система подачи, ввиду вышеописанных конструкционных особенностей, расширяет области применения (рис. 4) традиционной вытеснительной системы подачи, обеспечивая большую гибкость при выборе системы подачи компонентов двигательных установок ракет и летательных аппаратов.

Список источников

- [1] Беляев Н.М., Уваров Е.И., Степанчук Ю.М. *Пневмогидравлические системы. Расчет и проектирование*. Москва, Высш. шк., 1988, 277 с.
- [2] Добровольский М.В. *Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования*. Москва, Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016, 461 с.
- [3] Harrington S. Pistonless Dual Chamber Rocket Fuel Pump: Testing and Performance. *39th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit*, 2003. <https://doi.org/10.2514/6.2003-4479>