

УДК 629.7.063.2

Системы подачи и регулирования рабочего тела в двигательных установках космических аппаратов

Дронов Павел Александрович

dronov.pa@fakel-russia.com

Величко Валерий Викторович

velichko@fakel-russia.com

Гуфайзен Александр Леонидович^(*)

gufaizen@fakel-russia.com

АО «ОКБ «Факел», Калининград, Россия

Аннотация. Рассмотрены существующие системы подачи и регулирования газообразного рабочего тела в электрореактивных ионных двигателях и двигателях на эффекте Холла. Произведена классификация систем регулирования рабочего тела по методу регулировки.

Ключевые слова: термодроссель, пропорциональный клапан, двухпозиционный клапан, система “bang – bang”, космические аппараты, двигательная установка, система подачи и регулирования рабочего тела

Введение. С расширением функций и задач спутников, уменьшением их размеров и массы — одной из важнейших целей при проектировании космических аппаратов стало снижение их стоимости, что особенно важно для современных многоспутниковых группировок. Среди существующих систем регулирования и подачи рабочего тела в двигательные установки наиболее привлекательными для использования также становятся системы с меньшими габаритами и массой, более простыми в изготовлении и эксплуатации. С целью оценки данных параметров был проанализирован российский и зарубежный рынок систем регулирования и подачи рабочего тела в двигательные установки космических аппаратов. Производимый анализ касается технологии питания рабочим газом как реактивных двигателей малой тяги с эффектом Холла, так и ионных реактивных двигателей малой тяги.

Методы и материалы; результаты. Были рассмотрены системы подачи и регулирования рабочего тела таких производителей космической техники, как АО «ОКБ» Факел» (Россия), АО «ИСС «Решетнев» (Россия) [1], AST Advanced Space Technologies GmbH (Германия) [2], Moog Bradford (Нидерланды) [3], Vacco Industries (США) [4], Satrec Initiative (Южная Корея) [5] и др.

По результатам анализа также были обозначены основные системы регулирования рабочего тела по регулируемому элементу (см. таблицу).

Основные системы регулирования рабочего тела по регулируемому элементу

Регулирующий элемент СРРТ	Принцип работы
Двухпозиционный клапан [2]	Регулирование расхода газа открытием / закрытием клапана с различной частотой

Окончание таблицы

Регулирующий элемент СРРТ	Принцип работы
Пропорциональный клапан [4]	Регулирование расхода изменением уровня открытия клапана
Нагреваемый капилляр: – термодроссель – газовый реостат – капилляр в блоке внешнего нагревателя	Регулирование вязкости газа прямым не прямым разогревом металлического капилляра, через который протекает рабочее тело (резистивный нагрев)

Закключение. Выполнена оценка как имеющих летную историю систем подачи и регулирования рабочего тела в двигательных установках космических аппаратов, так и новых разработок в этой области космической техники. В финале доклада представлены наиболее конкурентоспособные в массовом производстве решения.

Список источников

- [1] Снытко А.В., Кравченко И.А., Ладыгин А.П., Бородин Л.М. Проблемы разработки блока подачи ксенона для системы коррекции с апогейной двигательной установкой космического аппарата тяжелого класса. *Решетневские чтения-2015: сб. матер.* Красноярск, Сибирский гос. аэрокосмический ун-т им. акад. М.Ф. Решетнева, 2015, с. 134–136.
- [2] Berger M., Harmann H-P. Propellant management units for electric propulsion thrusters in series production and in update for new applicatons. *Space Propulsion*, Estoril, Portugal, 2022, SP2022_#244.
- [3] Gray H.L., Sutherland O. Development and qualification status of the electric propulsion system for the BepiColombo mission. *33rd International Electric Propulsion Conference*, 2013.
- [4] Cardin J.M., Cook W., Bhandari R. Qualification of an Advanced Xenon Flow Control Module. *33rd International Electric Propulsion Conference*, Washington, 2013.
- [5] Lee E., Lee H., Moon Y., Kang S., Kim Y., Jeong Y., Yoon H., Son M., Amer Mohammad Al Sayegh, Cerrón M. L. Development of robust and affordable xenon feed unit for Hall effect propulsion systems. *Space Propulsion*, Seville, Spain, 2018.