

УДК 629.7.036

Анализ перспективных рабочих тел для применения в магнитоплазмодинамических ракетных двигателях

Акимов Андрей Евгеньевич^(*)

Akim.Anr@yandex.ru

Егоров Игорь Дмитриевич

idegorov@mephi.ru

НИЯУ МИФИ, Москва, Россия

Аннотация. Проведен общий обзор и анализ различных рабочих тел, используемых в настоящее время в электрореактивных двигателях различных классов. Рассмотрены рабочие тела, применяемые в существующих прототипах магнитоплазмодинамических (МПД) двигателей, а также в перспективных разработках. Проведен сравнительный анализ характеристик рабочих тел МПД двигателей по различным параметрам, в том числе стоимости. Предлагается использование новых вариантов рабочих тел для перспективного МПД двигателя.

Ключевые слова: плазменный двигатель, магнитоплазмодинамический двигатель, рабочее тело, инертный газ, жидкий литий, аммиак

Введение. В настоящее время темпы исследования и освоение космоса стремительно растут. Все больше частных компаний и стран разрабатывают свои ракеты и космические аппараты (КА) для исследования и работы в космическом пространстве, в том числе для освоения Луны и Марса. Для эффективного и быстрого перелета к дальним космическим телам целесообразно использовать электрореактивные двигатели, которые имеют гораздо больший удельный импульс по сравнению с классическими жидкостными ракетными двигателями. Для задач дальних космических полетов наиболее перспективен класс электрореактивных двигателей, называемых магнитоплазмодинамическими двигателями, которые объединяют в себе высокую тягу и удельный импульс. Одной из важных проблем при разработке МПД двигателя является выбор рабочего тела.

Материалы и методы; результаты. В работе проводилось сравнение характеристик используемых рабочих тел, таких как: ксенон, криптон, аргон, жидкий литий, жидкий водород, гидразин, аммиак. Сравнивались атомная масса, энергия ионизации, критическая температура, критическое давление, критическая плотность, а также стоимость килограмма вещества и объемы производства. Анализировались характеристики МПД двигателей: SX-3, Э4170-521, ЕРЕХ, МАТ-100, SUPREME [1-3]. Проводился анализ вариантов условий хранения рабочего тела, таких как давления и температура хранения и подачи.

В ходе анализа было выявлено, что применение инертных газов таких как ксенон и криптон ограничено их высокой стоимостью, малыми объемами производства, а также низкой эффективностью разгона, вследствие высокой

атомной массы. Использование в качестве рабочего тела аргона, жидкого лития и жидкого водорода ограничено сложными условиями хранения и подачи топлива [4]. Также жидкий литий оказывает высокое эрозионное воздействие на элементы двигателя. В качестве рабочего тела для перспективного МПД двигателя предлагается использовать аммиак, который обладает низкой стоимостью и простыми условиями хранения.

Заключение. Использование в качестве рабочего тела МПД двигателя аммиака может существенно уменьшить стоимость заправки перспективных тяжелых КА для дальних космических миссий, а также упростить и уменьшить массу систем хранения и подачи топлива. Для подтверждения характеристик планируется проведение стендовых испытаний МПД двигателя с аммиаком в качестве рабочего тела.

Список источников

- [1] Синявский В.В. Обзор разработок и исследований в РКК «Энергия» магнитоплазодинамических электроракетных двигателей большой мощности. *Космическая техника и технологии*, 2020, № 4 (31), с. 112–133.
- [2] Boxberger A., Peter J., Herdrich G. Performance of 100 kW steady state applied-field MPD thruster. *International Symposium on Space Technology and Science*, Matsuyama, 2017, vol. 31.
- [3] Behnke A., Herdrich G. Magnetic Field and Current Density Measurements in the Plume of the Steady State AF-MPD Thruster SX3. *37th International Electric Propulsion Conference Massachusetts Institute of Technology*, 2022.
- [4] Patel S. et al. MPD Thruster Technology and Its Limitations. *International Journal of Scientific Advances*, 2021, vol. 2 (4), 578–586. <https://doi.org/10.51542/ijscia.v2i4.20>