

УДК 621.454.2

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ В ЖРД

© Матвеев И.П., Багаутдинов Д.И., Буторин С.А., Филинов Е.П.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: ilyami200263@gmail.com

За несколько десятилетий использования жидкостных ракетных двигателей были выявлены наиболее надежные и устоявшиеся технологии производства, которые используются и по сей день. На данный момент системы подачи ракетного топлива в камеру сгорания основаны на применении турбонасосов или газа под давлением (вытеснительная).

Одними из трудновыполнимых требований, предъявляемых при проектировании ракетного двигателя, являются сохранение как можно меньшей массы, так как обычно полезная нагрузка составляет небольшую часть от общей массы, и упрощение всей системы, так как добавление различных элементов понижает коэффициент надежности всей системы. Следуя данной тенденции, разрабатываются различные аналоги системы подачи топлива, так как имеющиеся технологии усложняют конструкцию и добавляют лишнюю массу. Одной из перспективных технологий в данной нише является электронасосная система питания.

Основными преимуществами электронасосных агрегатов (ЭНА) в сравнении с турбоприводами являются: упрощение принципиальной схемы ЖРД, простота регулировки оборотов насосов и режима ЖРД по тяге, упрощение запуска и многократность включений. Основными недостатками являются: большой вес, меньшая частота вращения и источник питания большой емкости и, как следствие, большой массы [3].

Главным недостатком, который не допускает использования ЭНА в качестве главных насосов ЖРД первых ступеней ракет-носителей, является большая масса источника питания. Однако благодаря технологическому прогрессу последних 10 лет в области электрических двигателей и аккумуляторов можно задуматься о перспективности разработки электронасосных систем питания. В таблице приведены наиболее распространенные типы аккумуляторов и их удельная энергоемкость в сравнении с удельной энергоемкостью осевой турбины двигателя 14Д30 [1].

Таблица – Удельная энергоемкость различных типов аккумуляторов

Тип аккумулятора	Удельная энергоемкость, Вт · $\frac{ч}{кг}$
Свинцово-кислотный	30–60
Серебряно-цинковый	150
Никель-кадмиевый	45–65
Никель-солевой	140
Никель-металл-гидридный	60–70
Никель-цинковый	60
Литий-ионный	110–240
Литий-полимерный	250
Литий-железо-сульфидный	120
Литий-железо-фосфатный	90–250
Литий-титанатный	30–11
Железо-никелевый	20–50
Газовая турбина	290

Из таблицы видно, что в настоящее время к удельной энергоемкости классической газовой турбины приблизились лишь литий-полимерные и литий-железо-фосфатные аккумуляторы, однако при данных параметрах они будут иметь большие габариты и массу, что недопустимо при проектировании ЖРД первых ступеней ракетносителей.

Однако имеется пример успешного применения ЭНА в сверхлегкой ракетеносителе американской компании Rocket Lab «Электрон». Важно отметить, что электропривод насосов применен на обеих ступенях ракеты, тяга которых составляет 192 кН и 22 кН в вакууме для первой и второй ступени соответственно [2].

На сегодняшний день разрабатывается множество новых видов аккумуляторов с повышенной скоростью отдачи энергии и улучшенной энергоемкостью. Одни из перспективных разработок за последнее время являются графеновые и пенные аккумуляторы, которые в обозримом будущем могут использоваться в ЭНА [1].

Исходя из вышеизложенного материала, можно сказать, что электронасосные агрегаты являются одним из шагов на пути к усовершенствованию ЖРД. На данный момент уже есть примеры использования ЭНА на первых ступенях сверхлегких ракетносителей, а также имеется перспектива использования данной технологии на разгонных блоках. Это связано с тем, что ЭНА вполне успешно могут справляться с мощностями, обеспечивающими тягу 20–30 кН, не занимая большей части массы двигательной установки.

Библиографический список

1. Яцуненко Г.С., Пиджакова А.Е., Жуйков Д.А. Элементы питания турбонасосных агрегатов с электроприводом // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2018. Т. 1. С. 222–224.
2. Дубынин П.А., Толстопятов М.И., Зуев А.А., Черненко В.В. К методу расчета основных характеристик перспективных бустерных электронасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей // Сибирский аэрокосмический журнал. 2023, Т. 24, № 2. С. 325–334.
3. Высоцкий А.А., Буц К.Е., Толстопятов М.И., Гайнутдинов А.В. Анализ перспектив использования электродвигателя в качестве привода для насосов ЖРД разгонных блоков // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2017. Т. 1. С. 132–134