

УДК 629.783

Оценка применимости автономного электродинамического троса для управления низкоорбитальными космическими аппаратами

Бечаснов Павел Михайлович

bechasnov@bmstu.ru

SPIN-код: 7996-8716

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена возможность применения автономного электродинамического троса для управления орбитальным движением низкоорбитальных космических аппаратов. Автономный электродинамический трос отличается от ранее известного электродинамического троса наличием автономного источника зарядов на ионизации бортового запаса рабочего тела. Уточнены оценки тяги, энергопотребления и массы таких тросов. Сформирована схема троса с использованием стабилизации наддувом, уточнен состав и облик его основных подсистем. Определен диапазон рабочих орбит автономного электродинамического троса. Предложено использовать такие устройства для проведения длительных маневров с большой характеристической скоростью.

Ключевые слова: двигатели космических аппаратов, автономный электродинамический трос, источники электронов и ионов, оценка параметров, область применения.

Введение. Электродинамический трос — устройство, собирающее электроны из ионосферы с одного конца длинного проводника и выпускающее их с другого, создавая при этом тягу за счет взаимодействия получающегося тока с магнитным полем Земли. Автономный электродинамический трос (АЭДТ) отличается от ранее предложенного электродинамического троса наличием ионизатора, создающего заряды ионизацией бортового рабочего тела, автономно от ионосферы.

Фактически это ионно-плазменный электрореактивный двигатель, ускорительная камера и нейтрализатор которого разнесены на разные концы длинного проводника. Эта модификация позволяет обеспечить работу АЭДТ вне ионосферы в различных задачах, существенно уменьшить необходимую длину проводника, облегчая работу с ним, и повысить тягу без ограничения по доступности внешних зарядов. Ввиду наличия разворачиваемой конструкции троса в составе АЭДТ и значительного влияния его использования на облик КА в целом, исследования АЭДТ скорее относятся к проектированию КА, чем только его двигательной установки.

Концепция АЭДТ была впервые предложена в работе [1], вышедшей более пяти лет назад. Целью данной статьи является подтверждение потенциальной применимости АЭДТ как двигателя низкоорбитальных КА. Для этого необходимо решить следующие задачи для такого АЭДТ: уточнить оценки тяги, энергопотребления и массы АЭДТ, сформировать облик АЭДТ, опреде-

лечь ограничения использования АЭДТ, предложить области применения АЭДТ.

Методы и материалы; результаты. Оценки тяги, энергопотребления и массы АЭДТ делались из базовых физических закономерностей с привлечением данных литературных источников о значениях определяющих параметров [2]. Целевые характеристики КА с использованием АЭДТ и альтернативных ему технологий оценены на конкретном примере, определяющие параметры которого брались без проведения оптимизации. Результаты проведенных расчетов проводились для получения грубых оценок проектных параметров и формирования выводов о перспективности дальнейших исследований в данном направлении.

В результате были получены следующие результаты:

- уточнены оценки тяги, энергопотребления и массы АЭДТ, показавшие возможность достижения удельного импульса в несколько сотен км/с при цене тяги на уровне 20 кВт/Н и собственном ускорении порядка 1 мм/с²;
- сформирован облик АЭДТ и его основных подсистем, уточнен их состав;
- определен диапазон рабочих орбит АЭДТ с ограничением по наклону не менее 45 градусов для обеспечения маневрирования КА;
- предложено использовать АЭДТ для проведения длительных маневров с большой характеристической скоростью, например поддержание сверхнизких орбит, обеспечение многократного перенацеливания КА, разведение КА по орбитальным плоскостям после выведения, множественная инспекция космического мусора на различных орбитах, возврат КА к орбитальной станции для обслуживания и т. п.

Заключение. Таким образом, потенциальная применимость АЭДТ в качестве двигателя низкоорбитальных КА показана и дополнительно подтверждена, что дает возможность сделать вывод о выполнении цели работы.

Список источников

- [1] Бечаснов П.М. Анализ работоспособности электродинамических тросов с автономной генерацией электронов. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2020, № 8 (104). <http://doi.org/10.18698/2308-6033-2020-8-2010>
- [2] Белецкий В.В., Левин Е.М. *Динамика космических тросовых систем*. Москва, Наука, 1990, 329 с.