

УДК 621.455

ЭЛЕКТРОННЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

В. И. РАСКИН

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Выполнен анализ электронного ракетного двигателя. Производится описание и создание конструкции модуля двигательной платформы электронного ракетного двигателя. Указаны области применения двигателей такого типа.

Ионный двигатель является первым хорошо отработанным на практике типом электрического ракетного двигателя. Концепция ионного двигателя была выдвинута в 1917 году Робертом Годдардом, а в 1954 году Эрнст Штулингер детально описал эту технологию, сопроводив её необходимыми вычислениями. В 1929 году будущий академик космонавтики Валентин Петрович Глушко защищал диплом в Ленинградском университете по теме «Гелиоракетоплан для межпланетных перелётов». Основу гелиоракетоплана составляли электрореактивный (ионный) двигатель и огромная солнечная батарея диаметром 20 м. В 1955 году Алексей Иванович Морозов написал, а в 1957 году опубликовал в ЖЭТФ статью «Об ускорении плазмы магнитным полем». Это дало толчок к исследованиям, и уже в 1964 году на советском аппарате «Зонд-2» первым таким устройством, выведенным в космос, стал плазменно-эрозионный двигатель конструкции А. М. Андрианова. Он работал в качестве двигателя ориентации с питанием от солнечных батарей [1-5].

В космической отрасли [6-9] для объективного отражения эффективности силовой установки использую такое понятие как удельный импульс ракетного двигателя

$$P_{уд} = \frac{P}{G} = W + \frac{S \times (p_2 - p_a)}{G},$$

где P – тяга, G – расход топлива, W – скорость истечения продуктов из сопла, p_2 – давление продуктов двигателя при выходе из сопла, p_a – давление окружающей среды.

Тяга различна также и в зависимости от среды, например, в космосе она на 15% выше. Удельный импульс самый высокий из всей линейки придуманных и доработанных двигателей на сегодняшний день.

Таблица 1. – Характеристики реактивных двигателей

Тип двигателя	Характерная тяга, Н	Характерный удельный импульс, м/с	Характерное время работы, часов
ЖРД (кислород-водород)	10 ⁶	4500	0,1
Холловский двигатель	1	20000-30000	10000
Ионный двигатель	1	30000-70000	50000
МПД	10	45000	500

Его небольшая, но стабильная тяга способна разогнать аппарат до нескольких долей от скорости света. Поэтому ЭРД целесообразно использовать в небольших аппаратах, таких как ЛЕО и МЕО спутниках или исследовательских зондах и орбитальных спутниках. По сравнению с двигателями с ускорением в магнитном поле ионный двигатель обладает большим энергопотреблением, более сложной конструкцией.

Применяется в основном для управления ориентацией и положением на орбите искусственных спутников и использованием в качестве главного двигателя в небольших автоматических станциях.

Принцип работы ионных двигателей основан на ионизации частиц газа и их разгоне с помощью электростатического поля. В волновод подается нейтральное топливо (рабочее тело), которое бомбардируется высокоэнергетическими электронами, что приводит к ионизации. Трубка с катодными сетками фильтрует и притягивает электроны и выбрасывает под небольшим углом к соплу (выброс под углом предотвращает паразитный заряд корпуса корабля и притяжение электронов обратно к кораблю). Положительно заряженные ионы притягиваются к системе из нескольких сеток, между которыми крайне высокая разность потенциалов, за счет чего и происходит “выброс ионов наружу”. Ионы газа в таких двигателях разгоняются до значительно больших скоростей, чем в химических двигателях, благодаря высоко-

му отношению заряда к массе. Из-за чего ионные двигатели имеют гораздо больший удельный импульс и расходуют меньше топлива. Это позволяет уменьшить расход рабочего тела, но требует больших затрат на энергию. Источником энергии обычно выступают солнечные батареи.

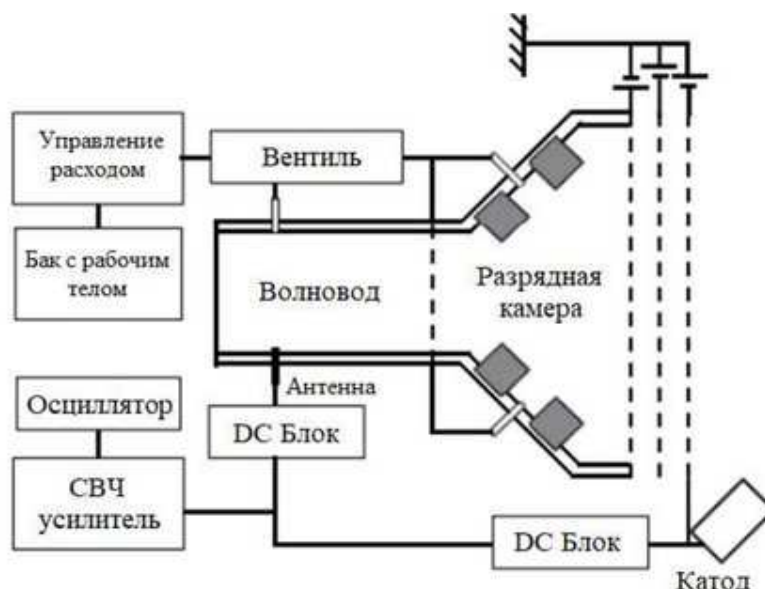


Рисунок 1. – Схема ионного двигателя

Рабочим телом обычно является инертный газ (ксенон, аргон) или ртуть. В ходе ионизации газа и последующей за ней фильтрации и распределении положительных ионов и электронов, происходит “выбрасывание” ионов и электронов наружу - создается тяга (третий закон Ньютона).

Таким образом, рассмотрен принцип работы и устройство ионных двигателей. Данные двигатели рекомендуется использовать в LEO и MEO спутниках, исследовательских зондах и орбитальных спутниках для управления ориентацией и положением на орбите искусственных спутников и использованием в качестве главного двигателя в небольших автоматических станциях.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.В. Жаринов, Ю. С. Попов, «Об ускорении плазмы замкнутым холловским током», ЖТФ, 1967, Т.37, вып.2.
2. Плазменные ускорители и ионные инжекторы / Морозов А.И. — М.: Наука, 1984.
3. Форрестер, Т. А. Интенсивные ионные пучки. — М.: Мир, 1992.
4. Морозов А.И. Физические основы космических электрореактивных двигателей. — М.: Атомиздат, 1978.
5. [Плазменно-ионный ускоритель](http://plasmaport.com/?page_id=14569/). веб-портал Plasmaport.[Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: http://plasmaport.com/?page_id=14569/
6. Евгений Золотов. [Небесный тихоход](https://web.archive.org/web/20150220174119/http://old.computerra.ru/think/sentinel/36548/) .[Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20150220174119/http://old.computerra.ru/think/sentinel/36548/>
7. 1988-086: INTEGRATED FUSION PROPULSION PLANTS FOR AEROSPACE PLANES AND SPACE VEHICLES; Alex Farkas, Mechanical Engineer, Westinghouse Electric Corporation, Sunnyvale, California, U.S.A.
8. 1988-100: NUMERICAL AND EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF A PROPAGATING MICROWAVE – HEATED PLASMA; Juergen Mueller and Michael M. Micci, Department of Aerospace Engineering, The Pennsylvania State University, University Park, PA
9. [BepiColombo overview](http://www.esa.int/science/bepicolombo). ESA (19 ноября 2014) .[Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.esa.int/science/bepicolombo>