Особенности использования потоков плазмы для обеспечения компенсации аэродинамического сопротивления при движении мини спутников в ионосфере

Носачев Л.В., Скворцов В.В., Урусов А.Ю., Успенский А.А., Флаксман Я.Ш.

Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского, info@tsagi.ru

В настоящее время в Японии, США и Европейском космическом агентстве ведутся исследования по применению плазменных электрических реактивных двигателей (ЭРД), используемых для коррекции орбит космических аппаратов, для снижения аэродинамического сопротивления долгоживущих (до 8 лет) спутников, предназначенных для мониторинга поверхности Земли с низких и сверхнизких (<200 км) орбит, с заменой привозимого на борт рабочего тела, на которых работают двигатели, на газы верхней атмосферы. Особенностью двигателей, помимо большого ресурса, является требование допустимого снижения у них энергетического кпд и коэффициента использования массы рабочего вещества при переходе от ксенона (используемого в двигателях, применяемых для коррекции орбит) к азоту и кислороду, имеющих более высокие потенциалы ионизации, более низкие эффективные сечения ионизации и атомные числа. Такие двигатели должны работать с использованием соответствующих воздухозаборников. Их создание невозможно без исследований в наземных условиях совместной работы двигателя и воздухозаборника в потоке газа, моделирующего натурные условия по скорости потока (~8 км/с) и концентрации частиц на соответствующих высотах, и имеющего достаточно большие поперечные размеры. До настоящего времени методики создания таких потоков и проведений с их использованием исследований за рубежом и нашей стране отсутствуют. Традиционные газодинамические методы с ускорением газа в сопле позволяют получать потоки со скоростью до 7 км/с, тогда как электростатические и электродинамические методы эффективны, начиная со скоростей ~15 – 20 км/с.

В докладе представлен опыт работы в ионосферной аэродинамической трубе ИАТ-2 ЦАГИ с плазменно-ионными источниками [1]. Используя их возможности, могут быть созданы в значительной степени нейтральные потоки с регулируемым значением скорости на уровне 8 км/с и концентрацией частиц, соответствующие высоте полета ~180 км при диаметре ядра потока ~10 см, и высоте полета ~220 – 200 км при диаметре ядра потока ~20 см. Применяется источник с объемной ионизацией рабочего газа и с осцилляцией электронов в магнитном поле в камере между стенками, имеющими потенциал катода, и большой многоячеечной апертурой ионно-оптической системы для создания потока. Ионный ток на выходе из источника составлял величину до 400 мА. Для получения в значительной степени нейтрального потока используется эффект перезарядки ионов. Установка имеет длину 9 м и диаметр 1,5 м, вакуум на уровне (1 – 2)∙10–5 торр при расходах рабочего газа (азот, воздух), необходимых для обеспечения требуемых параметров потока, моделирующего натурные условия. Приведены методики измерения параметров ионизованного и нейтрального потока и результаты исследований.

Литература

1. А.С. Филатьев, В.В. Скворцов Вклад ЦАГИ в развитие электрореактивных двигателей для аэрокосмических аппаратов: к 50-летию государственной программы «Янтарь» // Ученые записки ЦАГИ, т. 48, № 1, 2017, с. 99-104.