Самосогласованная модель РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОЛЕТЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ на сверхнизких ОКОЛОземных орбитах [[1]](#footnote-1)\*)

2Бондаренко Д.А., 1Бычков В.Л., 1Вавилин К.В., 1Двинин С.А., 1Кралькина Е.А., 1Задириев И.И., 2Маринин С.Ю., 1Никонов А.М.

1Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, [s\_dvinin@mail.ru](mailto:s_dvinin@mail.ru),  
2АО «Корпорация «ВНИИЭМ»

В последние годы актуальной стала организация полетов космических аппаратов (КА) на сверхнизких околоземных орбитах (СНОО) (180 – 300 км), открывающих широкие перспективы для развития телекоммуникаций, транспортных операций, а также широкого круга научных исследований. Основная проблема полетов на СНОО состоит в высоком сопротивлении остаточной атмосферы, приводящим к быстрой потере высоты КА. Выходом из положения является оснащение КА электроракетными двигателями (ЭРД), способными компенсировать потери скорости. Однако расчеты показывают, что запасы топлива, необходимые для долговременной работы КА на высотах 180 – 200 км, неоправданно велики. В связи с этим в мире интенсивно ведутся работы по изучению возможности использования потока остаточных атмосферных газов в качестве рабочего процесса ЭРД.

Электрическая двигательная установка, использующая в качестве рабочего тела газы, составляющие остаточную атмосферу Земли, состоит из устройство забора атмосферного газа (УЗАГ) и электрического двигателя, способного создавать тягу Т, компенсирующую аэродинамическую силу трения D. Последнее математически может быть выражено следующим образом [1]:

𝑇 = 𝑚∞ (𝜂𝑐𝑢𝑒 - 𝑢∞,𝑒) > 𝐷

где 𝜂𝑐 – отношение потока нейтральных частиц, достигших газоразрядной камеры ЭРД, к потоку частиц, поступающих в УЗАГ через его фронтальное сечение, 𝑢𝑒 – эффективная скорость истечения нейтральной и ионной компоненты из ЭРД, 𝑢∞,𝑒 ≅ 𝑢∞ – эффективная скорость нейтральных частиц, поступающих в УЗАГ, 𝑚∞ – массовый расход газа, поступающего в УЗАГ.

Отметим, что величины фронтального сечения УЗАГ, его конструкция и длина определяют поток и скорость нейтральных частиц, поступающих на вход ЭРД. В свою очередь, энергетическая эффективность режимов работы ЭРД существенно зависит от потока рабочего газа. В связи с этим в настоящей работе представлены первые результаты по разработке модели УЗАГ-ЭРД, позволяющей согласовать входное сечение УЗАГ, его длину с параметрами ЭРД, призванного компенсировать потери на преодоление сопротивления остаточной атмосферы. Для проведения расчетов использована глобальная модель индуктивного ВЧ двигателя [2], а также значения коэффициента трения на сверхнизких высотах, полученные в работе [3].

Литература

1. Filatyev A.S., Yanova O.V. The Control Optimization of Low-Orbit Spacecraft with Electric Ramjet. Acta Astronautica, V. 158, May 2019, p. 23-31, Elsevier Ltd. doi.org/10.1016/j.actaastro.2018.10.039.
2. Kralkina E.A., Vavilin K.V., Zadiriev I.I., Nekliudova P.A., Shvydkiy G.V. Optimization of discharge parameters in an inductive RF ion thruster prototype. Vacuum, V.167, p.136-144 – 2019
3. F. Romano F. RF Helicon Plasma Thruster for an Atmosphere-Breathing Electric Propulsion System (ABEP). PhD thesis, 2021.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/Pt/en/GF-Kralkina_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)