Сравнительные характеристики высокочастотного ионного источника при работе на инертных Газах и на воздухе [[1]](#footnote-1)\*)

Бычков В.Л., Вавилин К.В., Кралькина Е.А., Двинин С.А., Задириев И.И., Никонов А.М., Смирнов Д.И.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, [ekralkina@mail.ru](mailto:ekralkina@mail.ru)

Высокочастотные источники ионов (ВЧ ИИ) широко используются в наземных и космических технологиях [1]. На земле ВЧ ИИ применяются в процессах чистки и поверхностной модификации материалов, процессах ионного стимулирования при напылении тонких пленок. В космосе ВЧ ИИ применяются для создания тяги, позволяющей управлять ориентацией космических аппаратов (КА), компенсировать потери их скорости в результате трения, изменять высоту орбиты. До недавнего времени основным рабочим газом ИИ или, точнее, электроракетных двигателей (ЭРД), был ксенон.

В последние годы актуальной стала организация полетов КА на низких околоземных орбитах (НОО) (180–200 км), открывающих перспективы для развития телекоммуникаций, транспортных операций и широкого круга научных исследований [2]. Основная проблема полетов на НОО состоит в высоком сопротивлении остаточной атмосферы, приводящим к быстрой потере высоты КА. Выходом из положения является оснащение КА ЭРД, способным 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 созданию устройств забора атмосферных газов (УЗАГ), сопряженных с ЭРД. Поток газов, поступающих в ЭРД из УЗАГ, должен обеспечить создание тяги, необходимой для компенсации сопротивления остаточной атмосферы. В связи с этим появляется потребность в разработке эффективных ВЧ ИИ, работающих на молекулярных азоте и кислороде, а также на атомарном кислороде, преобладающих в земной атмосфере на расстоянии от Земли 180 -200 км или их смеси с инертными газами.

В настоящей работе была поставлена задача изучить возможности оптимизации ВЧ ИИ при их работе на ксеноне, аргоне, воздухе и их смесях. В качестве модели ВЧ ИИ используется индуктивный источник ионов диаметром 5 см. Источник состоит из кварцевой газоразрядной камеры (ГРК) и ионно-оптической системы (ИОС), сформированной тремя перфорированными электродами. В верхней части ГРК расположен газоввод, через который рабочий газ поступает в ГРК. На внешней боковой поверхности ГРК расположена соленоидальная антенна. Антенна подключалась к ВЧ генератору через систему согласования. Мощность ВЧ генератора могла изменяться в диапазоне 0 – 1000Вт, частота генератора – 13.56 МГц. На индуктивный ВЧ разряд накладывалось внешнее магнитное поле, величина которого выбиралась из условия максимума ионного тока.

Предварительные измерения показали, что замена ксенона на аргон и воздух существенно понижает долю мощности ВЧ генератора, поглощенную плазмой (от 0.8 до 0.47). Это сопровождается понижением величины ионного тока, получаемого при заданной мощности ВЧ генератора и повышением «энергетической цены» иона. Тем не менее из результатов следует возможность использования атмосферных газов в качестве рабочего тела двигателя КА. Результаты экспериментов сопоставлены с расчетами. Проведены первые расчеты движения молекул внутри УЗАГ.

Литература

1. Kralkina E.A., Vavilin K.V., Zadiriev I.I., Nekliudova P.A., Shvydkiy G.V. Vacuum, **167**, 2019,136. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2019.05.041>
2. Filatyev A.S., Yanova O.V. Acta Astronautica, **158**, 2019, 23, doi.org/10.1016/j.actaastro.2018.10.039

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