

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Свотиной Викторией Витальевны «ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ИОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ СИСТЕМЫ БЕСКОНТАКТНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОБЪЕКТОВ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Диссертационная работа Свотиной В.В. посвящена разработке высокочастотного ионного двигателя (ВЧ ИД) системы бесконтактной транспортировки космического мусора. Основными источниками возникновения объектов космического мусора (ОКМ) являются самопроизвольные и/или преднамеренные разрушения космических аппаратов на орбите. В последние годы наблюдается тенденция к быстрому росту (ОКМ) на геостационарной орбите (ГСО), что представляет реальную угрозу для безопасности новых космических миссий. Основные принципы предупреждения образования космического мусора приняты в ООН и закреплены в нашей стране государственным стандартом. Согласно указанным документам, космические аппараты после завершения работы должны быть уведены из области ГСО. В связи с этим диссертационная работа Свотиной В.В. представляется актуальной и своевременной.

В диссертационной работе Свотиной рассмотрен комплекс задач, связанных с выбором и оптимизацией параметров ВЧ ИД, предназначенного для бесконтактной транспортировки ОКМ. Прежде всего, определен состав электроракетной двигательной установки сервисных космических аппаратов, а именно, показана необходимость наличия стационарного плазменного двигателя, выполняющего функцию точного позиционирования космического аппарата, и ВЧ ИД, выполняющего функцию воздействия на ОКМ. На основании результатов физико-математического моделирования ВЧ ИД, как элемента системы бесконтактной транспортировки ОКМ, сделаны выводы о необходимых конструктивных особенностях ВЧ ИД. Особое внимание уделено конструкции ионно-оптической системы двигателя. На основе численного моделирования воздействия ионного пучка на ОКМ показана необходимость генерации высококоллимированных ионных пучков. Так, для воздействия на ОКМ с размером 5м, находящимся на расстоянии 35 – 40м от сервисного космического аппарата необходимо, чтобы угол расходимости пучка ионов составлял 4°. На основании численного моделирования Свотиной В.В. проанализировано влияние на расходимость ионных пучков геометрических параметров ИОС с щелевой и гексагональной круглой перфорациями электродов и выбраны оптимальные параметры толщины электродов, расстояния между ними и т.д. Результаты математического моделирования дополнены экспериментами с использованием ксенона и криптона в качестве рабочего тела. Результаты экспериментов в целом подтвердили данные, полученные в результате моделирования. Дополнительным результатом, полученным экспериментально, является вывод о возможности достижения высоких значений ресурса ВЧ ИД. В заключение на основе проектно-баллистического анализа Свотиной В.В. показана эффективность разработанной системы бесконтактной транспортировки ОКМ и перспективность ее использования в целях обеспечения безопасности осуществления космических полетов в долгосрочной перспективе.

К недостаткам автореферата можно отнести следующее:

1. Предложение «Исходя из предположения, что распределение ионного тока в пучке подчиняется закону Гаусса имеем  $\frac{I_i|_{d=0}}{I_i|_{d=\infty}} = 1 - \exp(-\sigma^{-2})$ ,  $I_i|_{d=0}$  - ионный ток на срезе ВЧИД;  $I_i|_{d=\infty}$  - ионный ток на некотором удалении от среза,  $\sigma^2$  определяет начальное

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

24 07 2023

распределение плотности ионного тока (для случая учета 95 % ионного тока  $\sigma=0,(3)$ .) вызывает целый ряд вопросов: а) по какому параметру распределение ионов в пучке распределено по закону Гаусса? б) плотность ионного пучка на бесконечности равна нулю, при этом выражение, приведенное выше, должно обращаться в бесконечность? в) если  $\sigma^2$  определяет начальное распределение, то как оно может быть равно числу  $\sigma=0,(3)$ ?

2. В положения, выносимые на защиту, включена методика усреднения энергий ионизации и возбуждения энергетических уровней термов рабочих тел для построения балансовой модели частиц и мощности в газоразрядной камере ВЧ ИД. В автореферате не указано, в чем заключается методика, чем она отличается от общепринятой, изложенной, например, в книге Бибермана Л.М., Воробьева В.С., Якубова И.Т. «Кинетика неравновесной низкотемпературной плазмы».

3. Словосочетание «энергетические уровни термов» неудачно, слово «термы» лишнее.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку автореферата диссертации. Считаю, что автор диссертационной работы Свотина В.В. достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.»

Доктор физико-математических наук,

Ведущий научный сотрудник

физического факультета МГУ

119991, Москва, Ленинские горы,

МГУ, физический факультет,

кафедра физической электроники

Телефон: +7(495)939-4773

e-mail: [ekralkina@mail.ru](mailto:ekralkina@mail.ru)

Кралькина Е.А.

20.07.2023г.

Подпись в.н.с. физического факультета МГУ д.ф.-м.н. Кралькиной Е.А. удостоверяю.

