

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Нечаева Ивана Леонидовича на тему:
«Исследование перспективных схем абляционного импульсного плазменного двигателя с повышенными характеристиками»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

В последние годы в мире наблюдается резкое увеличение интереса к применению малых космических аппаратов (МКА) массой менее 500 кг для решения широкого спектра задач. Так, согласно прогнозам, в течение ближайших 3 лет в космос ежегодно будет запускаться более 250 МКА. [1] Вместе с тем, активно развиваются исследования в области электроракетных двигателей, применяемых на МКА, характеризующихся малым энергопотреблением и массой.

Диссертационная работа посвящена исследованию и разработке перспективных схем абляционного импульсного плазменного двигателя (АИПД) с повышенными характеристиками по сравнению с ранее разработанными образцами АИПД. Практическая значимость данного направления исследований определяется тем, что проведенные исследования и разработки новых схем АИПД позволили увеличить значения удельного импульса тяги (для схем с ассиметричным разрядным каналом и с двойным обратным токоподводом - до 15%, для двухступенчатой схемы - до 100% по сравнению с базовой моделью АИПД-45-2), также приводятся рекомендации по уменьшению массы двигательной установки на базе АИПД. Полученные результаты могут быть использованы на практике при создании перспективных образцов АИПД.

В диссертационной работе в рамках указанной проблемы осуществлялось решение следующих научно-технических задач:

- анализ тенденций развития АИПД и способов повышения их удельных характеристик;
- разработка и исследование лабораторных образцов АИПД различных схем и конструкций с улучшенными удельными характеристиками;

- расчетный и экспериментальный анализ влияния конфигурации разрядной цепи на процесс ускорения в АИПД.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Предложена новая схема АИПД с асимметричным разрядным каналом, обеспечивающая более высокий удельный импульс тяги по сравнению с базовой моделью при фиксированных параметрах накопителя энергии и одинаковых размерах разрядного канала.

2. Предложена новая схема АИПД с двойным обратным токоподводом, обеспечивающая более высокую среднемассовую скорость истечения плазмы по сравнению с базовой моделью.

3. Предложена новая схема АИПД с одним общим электродом для двух ступеней. На этой модели был получен удельный импульс тяги, превышающий удельный импульс тяги базовой модели в том же диапазоне энергий до 100%.

Личный вклад и апробация работы подтверждаются публикациями автора. По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, из них 3 – в рецензируемых научных изданиях. По результатам работы сделано 9 докладов на конференциях, получено 2 патента на изобретение.

Достоверность полученных результатов работы обеспечивается корректным использованием методик измерений, соответствием измеренных удельных характеристик и величины разрядного тока расчетным значениям, а также непротиворечивостью аналогичным результатам других авторов.

На основании материалов автореферата могут быть сделаны следующие замечания:

1. Автор указывает, что разработанный ряд АИПД с потребляемой мощностью от 10 до 150 Вт и удельным импульсом тяги от 12 км/с до 18 км/с (к которым относятся и новые схемы АИПД, предложенные в диссертации) превышает уровень характеристик, достигнутый зарубежными аналогами. По нашему мнению предлагаемые решения соответствуют мировому уровню. За рубежом существуют импульсные плазменные микродвигатели μ PPT (Pulsed Plasma microThruster) и дуговые микродвигатели VAT (Vacuum Arc Thruster),

работающие в импульсном режиме, прошедшие лётную отработку и обладающие сопоставимыми характеристиками:

- μ PPT разработки The Surrey Space Centre (SSC), установленный на Кубсат формата 3U «STRaND-1», при мощности 1.6 Вт достигающий удельного импульса тяги 13.4 км/с [2];

- VAT разработки Университета Джорджа Вашингтона (GWU), установленный на Кубсат формата 1.5U «BRICSat-P», при мощности <10 Вт достигающий удельного импульса тяги 20÷35 км/с [3].

2. В автореферате не приведены массогабаритные характеристики АИПД новых схем для сравнения с базовым вариантом АИПД, что не позволяет более полно оценить достижение цели диссертационной работы «...и снижение массы конструкции двигательной установки».

3. Все публикации по теме диссертации выполнены в соавторстве и в научных изданиях, индексируемых РИНЦ. Результаты исследований докладывались только на конференциях широкого профиля, проходивших в России. Отсутствуют доклады на узкоспециализированных международных конференциях типа IEPC, Space Propulsion, RGCEP, а также публикации в изданиях, индексируемых Scopus.

Следует отметить, что вышеуказанные замечания не снижают значимость проведенного исследования. В целом, автореферат свидетельствует, что диссертационная работа Нечаева Ивана Леонидовича «Исследование перспективных схем абляционного импульсного плазменного двигателя с повышенными характеристиками» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, по своему содержанию, научной новизне и практической ценности полученных результатов соответствующую требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании подсекции 3 секции Центра автоматических космических систем и комплексов НТС ФГУП ЦНИИмаш (выписка из протокола № 26 от 13.11.2018).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Dan Lev, Roger M. Myers, Kristina M. Lemmer, Jonathan Kolbeck, Michael Keidar, Hiroyuki Koizumi, Han Liang, Daren Yu, Tony Schönherr, Jose Gonzalez del Amo, Wonho Choe, Riccardo Albertoni, Andrew Hoskins, Shen Yan, William Hart, Richard R. Hofer, Ikkoh Funaki, Alexander Lovtsov, Kurt Polzin, Anton Olshanskii and Olivier Duchemin. The Technological and Commercial Expansion of Electric Propulsion in the Past 24 Years. 35th International Electric Propulsion Conference, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, USA, October 8 – 12, 2017. IEPC-2017-242.

2 V.J.Lappas, T.Harle, A.Knoll, P.Shaw. Micro Electric Propulsion Technology for Small Satellites: Design, Testing and In-Orbit Operations. 27th Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites. SSC13-III-9. June 11th 2013.

3 Michael Keidar. Micro-Cathode Arc Thruster for Small Satellite Propulsion. 2016 IEEE Aerospace Conference. 5-12 March 2016.

Заместитель начальника Центра ФГУП ЦНИИмаш,

кандидат технических наук

 Е.М. Твердохлебова

141070, Московская область, г. Королев, ул. Пионерская, д. 4

Тел.: 8 (495) 513-59-23, E-mail: TverдохlebovaEM@tsniimash.ru

Начальник отдела ФГУП ЦНИИмаш

 А.А. Сизов

141070, Московская область, г. Королев, ул. Пионерская, д. 4

Тел.: 8 (495) 513-59-19, E-mail: SizovAA@tsniimash.ru

Подписи заместителя начальника Центра Твердохлебовой Екатерины Михайловны и начальника отдела Сизова Александра Александровича удостоверяю

Главный учёный секретарь ФГУП ЦНИИмаш,

доктор технических наук, профессор



 Ю.Н. Смагин

Адрес организации: 141070, Московская область, г. Королёв, ул. Пионерская, д. 4

Телефон, факс: 8 (495) 513-59-51, 8 (495) 512-21-00

E-mail: corp@tsniimash.ru

Web-сайт: <http://www.tsniimash.ru/>

Организация: Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (ФГУП ЦНИИмаш)