

Председателю  
диссертационного совета Д212.125.08  
д.т.н., профессору Равиковичу Ю.А.

Уважаемый Юрий Александрович!

Высылаю Вам мой Отзыв на автореферат диссертационной работы Суворова Максима Олеговича «Тяговый узел прямоточного воздушного электрореактивного двигателя», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационный совет Д212.125.08 при Московском авиационном институте (государственном техническом университете) по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» (технические науки).

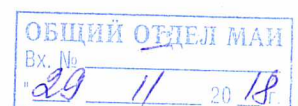
Приложение: отзыв на 3х стр. в 2х экземплярах.

*С уважением,*

Будаев Вячеслав Петрович



доктор физико-математических наук по специальности 01.04.08 – Физика плазмы  
Ведущий научный сотрудник ККТЭиПТ НИЦ «Курчатовский институт»  
e-mail: Budaev\_VP@nrcki.ru  
Тел. +8(499)196-7707



## ОТЗЫВ

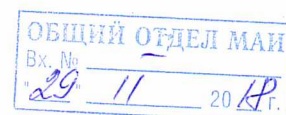
на автореферат диссертационной работы Суворова Максима Олеговича

«Тяговый узел прямоточного воздушного электрореактивного двигателя»,

представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационный совет Д212.125.08 при Московском авиационном институте (государственном техническом университете) по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» (технические науки).

Диссертация Суворова М.О. посвящена исследованию прямоточного электрореактивного двигателя, использующему в качестве рабочего газа атмосферный газ с давлением, соответствующими давлению атмосферы на высоте 220 км. Такой двигатель может использоваться для корректировки орбит космических аппаратов (КА) на низких орбитах и использовать забор атмосферных газов, что является экономически выгодным. Для таких целей рассматривается концепция прямоточного воздушного электрореактивного двигателя (ПВЭРД) с использованием высокочастотной ионизации (ВЧИ), такой двигатель еще не создан. Имеющиеся результаты исследований, разработки и опыт использования плазменных установок с ВЧИ, использующих атмосферный газ, невозможно использовать в полной мере для целей ПВЭРД, поскольку требуются экспериментальные исследования и технические разработки таких двигателей при пониженных давлениях рабочего газа. Таким образом, тема диссертационной работы является актуальной.

В диссертационной работе проведены анализ условий использования, выбрана схема тягового узла, проведены экспериментальные исследования лабораторной модели тягового узла ПВЭРД. Автором были разработаны и изготовлены несколько модификаций высокочастотного ионного двигателя. Проведены экспериментальные испытания этих макетов с использованием композиции атмосферных газов при концентрациях, соответствующих реальным условиям работы низкоорбитальных КА. На основе полученных экспериментальных результатов испытаний проведен анализ преимуществ и недостатков различных компоновок тягового узла ПВЭРД.



Автором была разработана и предложена балансовая модель для оценки тяги двигателя в зависимости от состава и концентрации атмосферных газов на входе в газоразрядную область с учетом ряда эффектов, выполнены расчеты по этой модели и проведено сравнение с имеющимися экспериментальными данными. Такие вычисления необходимы для учета изменчивости в атмосфере концентраций кислорода и азота в зависимости от солнечной и геомагнитной активности, высоты орбиты, географического положения космического аппарата.

Практическим значимым результатом работы являются созданный макет тягового узла и экспериментальные данные его испытаний. Изложенные в диссертации рекомендации по конструкции тягового узла ПВЭРД будут использоваться в дальнейших работах по этой тематике.

Замечания:

1. При изложении результатов экспериментальных исследований тягового узла двигателя ПВЭРД не приводится анализ процессов, влияющих на пространственное распределение токов электронов, включая токи из плазмы на материальные поверхности через приповерхностный плазменный слой; такой анализ и измерения этих токов в дальнейших работах существенно могут продвинуть понимание физики переноса частиц в объеме рабочей камеры, необходимое для выбора режимов стабильной работы двигателя в реальных условиях.
2. В балансовой модели, разработанной автором, не учитываются эффекты неамбиполярных переносов в плазме, которые существенно влияют на распределения концентраций частиц плазмы и, таким образом, на интегральные характеристики электрореактивного двигателя; ввиду этого, предсказательность такой модели существенно снижена.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. В диссертации получены новые результаты, имеющие научное и практическое значение. Результаты исследований опубликованы в научных журналах, рекомендованных ВАК и прошли апробацию на российских и

международных конференциях. Автором было получено 2 патентных свидетельства РФ по тематике диссертации. По критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, научной новизне, практической значимости и достоверности, диссертационная работа Суворова Максима Олеговича соответствует требованиям ВАК, а ее автор заслуживает присуждения ученой кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

**Будаев Вячеслав Петрович**

доктор физико-математических наук по специальности 01.04.08 – Физика плазмы  
Ведущий научный сотрудник ККТЭиПТ НИЦ «Курчатовский институт»  
e-mail: [Budaev\\_VP@nrcki.ru](mailto:Budaev_VP@nrcki.ru)  
Тел. +8(499)196-7707

Подпись сотрудника НИЦ «Курчатовский институт» В.П. Будаева заверяю.

Главный ученый секретарь  
НИЦ «Курчатовский институт», к.ф.-м.н.



**С.Ю. Стремouхов**

Адрес:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт»)

123182 Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Телефон: +7 (499) 196–95–39

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