

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Могулкина Андрея Игоревича
«Механико-математическая модель деформаций профилированных электродов
ионных двигателей», представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и
энергоустановки летательных аппаратов»

Область применения ионных двигателей (ИД) за рубежом постоянно расширяется. В Российской Федерации также ведется разработка и планируется производство ИД различной мощности. Наиболее сложным узлом ИД с точки зрения конструкции и технологии производства является ионно-оптическая система (ИОС), что обусловлено основными требованиями, предъявляемыми к электродам и межэлектродному зазору. Электроды при номинальном режиме работы двигателя находятся под неравномерной тепловой нагрузкой, что приводит к деформированию профиля электродов и, как следствие, к ухудшению характеристик двигателя и возникновению межэлектродного высоковольтного пробоя. Электроды обладают различными диаметрами, изготовлены из различных материалов и имеют различную толщину, например, 0,3 мм - толщина эмиссионного электрода, а 2,0 мм - ускоряющего. На основании проведенных в диссертации исследований автором предложены решения, позволяющие определить величину деформации электродов в диапазонах, обеспечивающих номинальные режимы работы двигателей. Решение проблемы теплового деформирования электродов является актуальной задачей.

На основе общих положений теории пластин и оболочек в рассматриваемой работе предложена механико-математическая модель деформаций профилированных электродов, а также методика и алгоритм расчета теплового деформирования электродов, что в совокупности позволяет прогнозировать изменения формы электродов (дополнительный прогиб) различного диаметра, изготовленных из разных материалов (молибденовый, титановый и титан-ниобиевый сплавы, а так же углерод-углеродный композит). Предложенная методика выбора начальной формы электродов, т.е. высоты профилированной части с учетом различного температурного перепада по радиусу, позволяет оценить результирующее изменение межэлектродного зазора. Представлена зависимость изменения плотности ионного тока при выборе различных начальных прогибов электродов.

Важным результатом работы является не только разработка механико-математической модели, методики и алгоритма, но и обоснование рекомендаций по выбору материалов, технологии изготовления и проектированию электродов и узлов ИОС ИД. Сравнение полученных результатов с результатами численного моделирования в программно-вычислительном комплексе ANSYS, которое показало высокую степень согласования результатов (более 90%). Отдельно была проведена верификация результатов расчетно-теоретического исследования с экспериментальными данными, показавшая также высокую степень согласования (более 90%).

По итогам работы автором предложены рекомендации по проектированию электродов и узлов ИОС ИД. Согласно предложенным рекомендациям разработаны конструкции высокочастотных ионных двигателей (ВЧИД) ряда: 80, 100, 160, 450, 500 мм, мощностью от 300 Вт до 30кВт. Модели двигателей ВЧИД-8 и ВЧИД-16 показали работоспособность на номинальных режимах, определенных предъявляемыми к ним техническими требованиями.

27 11 15

По автореферату имеются следующие замечания:

1. При разработке методики численного моделирования в программно-вычислительном комплексе ANSYS недостаточно четко сформулированы исходные условия и принятые допущения.

2. В автореферате следовало бы привести хотя бы одну схему из числа разработанных двигателей.

Указанные замечания носят в основном частный характер и не снижают научной и практической значимости работы в целом. На основании вышеизложенного можно заключить, что работа выполнена на высоком научно-техническом уровне и соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Могоулкин Андрей Игоревич, достоин присуждения ему искомой ученой степени.

Доктор технических наук,
профессор

Шелест А.Е.

«24» ноября 2015 года

Подпись в.н.с. ИМЕТ РАН, д.т.н., проф. Шелеста А.Е. удостоверяю.
Документовед канцелярии ИМЕТ РАН



Борзова Л.В.

Шелест Анатолий Ефимович, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории пластической деформации металлических материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова Российской академии наук».

117334, г. Москва, Ленинский проспект, дом 49.

Тел. (499) 135-96-29

e-mail: shelest99@mail.ru