

ОТЗЫВ

научного руководителя, заместителя директора НИИ ПМЭ МАИ кандидата технических наук, старшего научного сотрудника Обухова Владимира Алексеевича на диссертационную работу Могоулкина Андрея Игоревича «Механико-математическая модель деформаций профилированных электродов ионных двигателей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Могоулкин Андрей Игоревич закончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» МАИ в 2009г. по специальности «Авиационные двигатели и энергетические установки» и начал работать в научно-исследовательском институте прикладной механики и электродинамики МАИ (НИИ ПМЭ МАИ) в должности инженера. В 2011-2012 г.г., будучи соискателем кафедры 208 МАИ, он прошел обучение и сдал кандидатские экзамены. В 2012г. он поступил в очную аспирантуру МАИ для подготовки диссертации по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов». При этом он начал работать в качестве ведущего инженера-конструктора. В 2015г. он закончит учебу в аспирантуре.

За время работы в НИИ ПМЭ МАИ и обучения в аспирантуре он проявил себя грамотным инженером-конструктором, проявил склонность к научной работе, за короткое время стал хорошим специалистом в области исследования и разработки электроракетных двигателей (ЭРД), в частности, ионных двигателей (ИД). Могоулкина А.И. характеризует огромная заинтересованность в предмете своего исследования, желание получить положительный результат. Все время работы в НИИ ПМЭ МАИ он с большой ответственностью выполнял все учебные и производственные задания, совмещая их с выполнением исследований по подготовке диссертационные работы. Диссертация Могоулкина посвящена актуальной теме – разработке механико-математической модели термомеханических процессов деформирования профилированных электродов ионно-оптических систем (ИОС) перспективных ионных двигателей (ИД) при их тепловом нагружении и прогнозированию деформированного состояния, проведению численного моделирования узлов ИОС ИД различной размерности.

На современном этапе развития ЭРД одним из перспективных и наиболее эффективных в освоении космического пространства являются ИД (управление ориентацией и положением на орбите, маршевые операции). Расширение области применения ИД, повышение удельного импульса тяги, мощности и ресурса двигателя ужесточают требования к узлу ИОС и электродам двигателей: характерно уменьшение толщины эмиссионного

электрода (ЭЭ), межэлектродного зазора, применение эрозионно-стойкого материала для УЭ.

Наиболее ответственным и сложным в конструктивном и технологическом отношении узлом ИД является ИОС. Это обусловлено сложностью обеспечения зазора между эмиссионным электродом (ЭЭ) и ускоряющим электродом (УЭ) (для двух электродной ИОС), более 95% подведенной мощности реализуется в ИОС. Особенность работы электродов в составе ИОС связана с существенно неравномерным нагревом и деформированием электродов, что создает условия снижения характеристик двигателя (плотности ионного тока и тяги). Так же, необходимо принять во внимание разность толщин электродов, использование различных материалов и работу при разных градиентах температур при выходе на рабочий режим. Это и приводит к возникновению дополнительных прогибов электродов, повышению возможности высоковольтного пробоя между электродами при уменьшении межэлектродного зазора или нерасчетному режиму работы двигателя. С учетом этого в диссертации разработана и применена термомеханическая модель перфорированных электродов ИОС ИД, основанная на представлении этих электродов в виде конструктивно-ортотропных пологих тонкостенных сферических элементов. Результатами численного моделирования показано, что разработанная математическая модель позволяет определить начальную форму сферического электрода, при которой деформация электрода лежит в пределах заданного допуска. Разработаны рекомендации для конструирования электродов узла ИОС для перспективных ИД, разрабатываемых в НИИПМЭ МАИ по заданиям ФГУП ОКБ «Факел» и КБ «Химавтоматики».

Произведено моделирование тепловых деформаций электродов двух размерностей с использованием программно-вычислительного комплекса ANSYS. Сравнение показало сходимость полученных результатов с результатами моделирования по разработанной модели в пределах нескольких процентов.

Верификация результатов расчетно-теоретического исследования с экспериментальными данными деформаций электродов диаметром 200 мм ПИД-200 показала высокую сходимость полученного и рассчитанного по разработанной методике и алгоритму дополнительного прогиба, составившую для межэлектродного зазора от 3,7 %, для центра, до 1,4 % у периферии электрода.

Расхождение между результатами теоретических и экспериментальных исследований минимально для практических расчетов и свидетельствует о правильном подходе к оценке термоупругого состояния электродов ионного двигателя ПИД-200, результаты экспериментального исследования которого известны.

Таким образом, в диссертации Могулкина А.И. предложены и обоснованы рекомендации и технические решения к проектированию профилированных электродов ИОС для перспективных ИД, имеющие большое практическое значение.

Диссертационная работа Могулкина А.И. содержит новые научные и важные практические результаты. Поэтому я считаю, что она удовлетворяет требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а диссертант проявил себя квалифицированным специалистом, способным решать сложные научно – технические задачи, и достоин присвоения ему искомой ученой степени.

Заместитель директора НИИ ПМЭ МАИ, к.т.н., с.н.с.



Обухов В.А.

Подпись Обухова В.А. удостоверяю

Заместитель директора НИИ ПМЭ МАИ, д.т.н., проф.



Плохих А.П.