

УДК 621.455.03

А.В. ЛОЯН, Н.Н. КОШЕЛЕВ

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского “ХАИ”, Украина

**РАБОТА БЕЗНАКАЛЬНОГО ПОЛОГО КАТОДА
В УСЛОВИЯХ 200 ММ ПЛАЗМЕННОГО ИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ
С РАДИАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ**

Приведены результаты испытаний плазменного ионного двигателя на ксеноне. Отмечены особенности работы катодов в газоразрядной камере с радиальным магнитным полем.

безнакальный полый катод, газоразрядная камера, плазменный ионный двигатель, электрореактивный двигатель

Введение

Одним из наиболее отработанных, опробованных в условиях космоса, надежных и обладающих большим ресурсом работы из электрореактивных двигателей (ЭРД) является плазменный ионный двигатель (ПИД). Наверно поэтому, на сегодняшний день он является востребованным для решения широкого круга задач передвижения космических объектов [1–3].

1. Формулирование проблемы

Последние два года в лаборатории ЭРД Национального аэрокосмического университета проводились разработка и испытания ПИД-200 с радиальным магнитным полем по заказу КНР. Требования к параметрам двигателя приведены в табл. 1.

Как видно, величины тяги и удельного импульса не свойственны модели двигателя диаметром 200 мм, поэтому параметры эффективности устройства с трудом достижимы.

Схема двигателя с системами питания и измерения представлены на рис. 1. Как видно ПИД имеет плоскую газоразрядную камеру (ГРК) с радиальным газовым анодом и катодным блоком (КБ) с тепловым экраном, образующим доразгонную щель электронов. В КБ установлен безнакальный полый катод (БНК), оптимизация которого была одним из факторов достижения эффективности работы ПИДа.

Таблица 1

Требования к параметрам двигателя

Параметр	Един. изм.	Значение
Рабочее вещество		Xe
Уровень тяги ПИД-200	мН	40**±4
Удельный импульс	с	3000 – 3500**
Поперечный диаметр ионного пучка ИОС	мм	200 ±2
Максимальная потребляемая мощность	Вт	1100
Время запуска установки	мин	≤ 15
Стоимость разряда (цена иона)	еВ/ион	≤ 240
Ресурс (суммарное время наработки)	час	≥ 8000*
Число включений ПИД-200		≥ 5000*
Максимальный потенциал пучка	В	15
Стабильность ионного пучка	%	≤ 3
Коэффициент использования массы	%	≥ 80

* требования учтены при разработке и не подтверждаются экспериментально

** параметр подтверждается при ПСИ ПИД-200

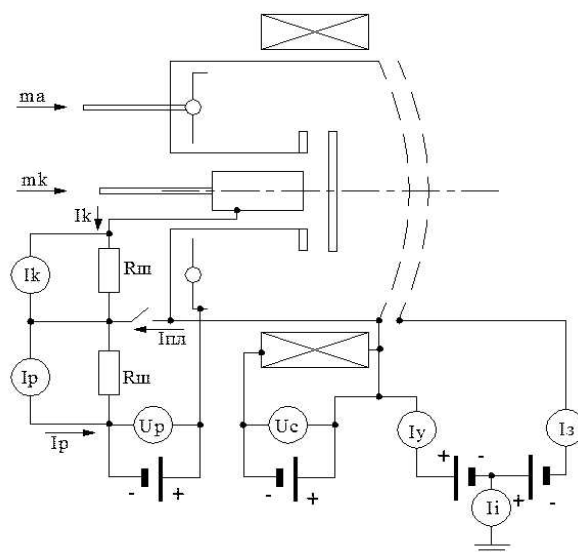


Рис. 1. Электрическая схема ПИД

2. Решение проблемы

Оптимизация – это собственно выбор катода на номинальный ток работы, который значительно отличается от тока разряда. Это можно подтвердить, если привести типичные параметры работы ПИД-200 (табл. 2).

Таблица 2
Типичные параметры работы ПИД-200

U_p , В	I_p , А	$I_{\text{сол}}$, А	$I_{\text{ек}}$, А	$U_{\text{к-д}}$, В	U_y , В
53	3,4	1,4	1,9	11,5	1100
50	4	2,4	2,4	7,8	1100

U_3 , В	m_k , мг/сек	m_a , мг/сек	n	C_i	I_i
580	0,2	1,1	0,8	237	0,78
600	0,22	1,1	0,8	230	0,78

Различие токов объясняется интенсивной генерацией электронов в ГРК, условно разделенной на зоны: прикатодной плазмы, зоны ускорения электронов и зоны ионизации основного рабочего тела.

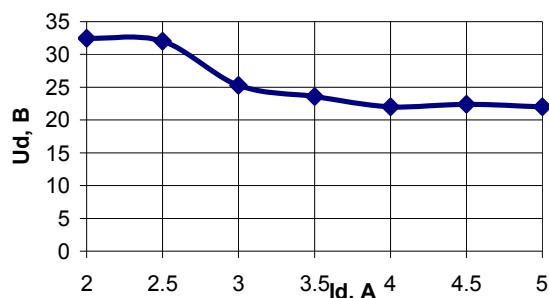


Рис. 2. ВАХ катода М5

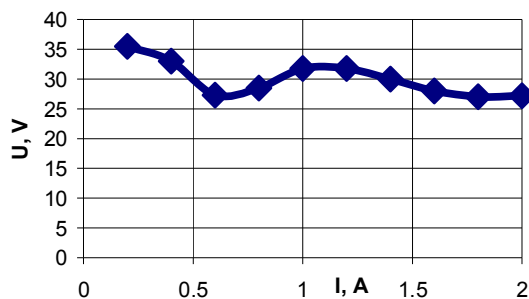


Рис. 3. ВАХ катода М2

Таким образом, катод с номинальным током на 2 А оказался более эффективен, чем катод на 5 А, что подтверждают их вольтамперные характеристики при испытаниях в диодном режиме (рис. 2, 3).

Заключение

Проведенные испытания ПИД-200 с безнакальным полым катодом в качестве источника электронов основного разряда показали, что одним из факторов улучшения эффективности двигателя является выбор катода на номинальный рабочий ток.

Измеренный электронный ток эмиссии катода в данной модели двигателя составил примерно половину разрядного тока, что позволило использовать более слаботочный катод и тем самым снизить энергетические и газовые параметры газоразрядной камеры ПИД-200.

Литература

1. Muriel Noca Next Generation Ion Engines: Mission Performances // IEPC-2003 28th International Electric Propulsion Conference. – Toulouse, France. – 2003, 17–21 March. – P. 149.
2. Development and Performance of the Advanced Radio Frequency Ion Thruster RIT-XT / Hans. J. Later, Rainer Killinger, Helmut Bassner, Johan Muller, Ralf Kukies // IEPC-2003 28th International Electric Propulsion Conference. – Toulouse, France. – 2003, 17–21 March. – 2003. – P. 115.
3. End-of-Mission Characterization of the Ion Thruster on DS1 / John Brophy, Dave Brinza, James Polk, Mike Henry // IEPC-2003 28th International Electric Propulsion Conference. – Toulouse, France. – 2003, 17–21 March. – 2003. – P. 244.

Поступила в редакцию 29.04.2004

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Н.В. Белан, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Харьков.