

УДК 629.78

А.В. ХИТЬКО, А.М. ЧЕРКУН

Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск, Украина

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПОЛОГО КАТОДА С ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМ РАЗРЯДОМ

Практически во всех типах электрореактивных двигателей применяют катод. Он играет основную роль в организации процессов получения и нейтрализации ионов. Его параметры существенно влияют на ресурс, надежность и энергетическую эффективность двигателя. В статье приведены результаты исследования зависимости газовой эффективности и цены электрона катода с вспомогательным разрядом в диапазоне давлений $10^{-2} - 1$ мм.рт.ст. Исследования проводились, используя разработанную ранее методику расчета. Параметры эмиттера и соответствующее значение плотности эмиссионного тока находились для оптимальной температуры. Это обеспечивает минимальное энергопотребление катода. Установлено, что заданный разрядный ток необходимо получать, применяя катод с вспомогательным разрядом, при минимальном давлении в полости ($\sim 10^{-2}$ мм.рт.ст.). При этом газовая эффективность максимальна, а рост потребляемой мощности незначительный.

Ключевые слова: *полюй катод, вспомогательный разряд, газовая эффективность, цена электрона.*

Введение

В настоящее время благодаря развитию в сфере приборостроения задачи, выдвигаемые к КА могут выполняться при меньших их габаритах и массе. Для ряда космических задач с учетом тяговых, энергетических и массовых характеристик показана целесообразность использования электрореактивных двигательных установок.

Энергомассовые характеристики, функциональные возможности, надежность и срок эксплуатации КА во многом предопределяются характеристиками ДУ. Применение ЭРДУ малой мощности может существенно улучшить динамику маневров и уменьшить расход рабочего тела.

Практически во всех типах ЭРДУ применяют катод. Он играет основную роль в организации процессов получения, и нейтрализации ионов. Его параметры существенно влияют на такие параметры ЭРДУ как ресурс, надежность, энергетическую эффективность. Возникла необходимость создания катодов компенсаторов потребляющих мощность до 20 Вт и рассчитанных на компенсацию ионных пучков с током до 0,2А. Использование катодов традиционной схемы построения приводит к перекомпенсации ионного пучка вследствие невозможности уменьшения эмиссионного тока ниже 200мА, что приводит к дополнительным потерям мощности и расхода подводимому к катоду.

С целью снижения эмиссионного тока ниже 200мА и обеспечения устойчивой работы в полость

катода введен внутренний разряд. Катод с внутренним разрядом позволяет обеспечить устойчивое горение дуги при давлениях ниже 10^{-2} мм.рт.ст. и как следствие получать величину эмиссионного тока ниже 200мА [1]. Схема катода с внутренним разрядом приведена на рис. 1.

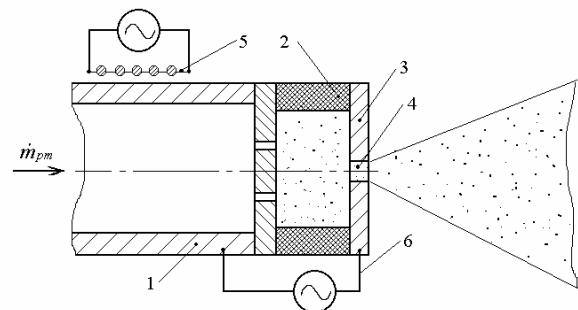


Рис. 1. Полюй расходный катод с вспомогательным разрядом

1 – внутренний электрод; 2 – изолятор; 3 – внешний электрод; 4 – экстракционное отверстие; 5 – стартовый нагреватель; 6 – источник питания вспомогательного разряда

Цель исследования. Целью исследования является оценка параметров эффективности работы полого расходного катода с внутренним разрядом при различных давлениях в его полости в диапазоне $10^{-2} - 1$ мм.рт.ст. для заданной величины разрядного тока.

Решение задачи

Исследования проводилось, используя методику расчета параметров полого катода с внутренним разрядом, разработанную ранее [2]. Методика основывается на использовании оптимальной температуры с точки зрения энергопотребления катода, что позволяет получать параметры катода, при которых цена электрона минимальна.

Начальными данными для расчета является ток

внешнего разряда I_p .

Для нескольких значений давления в полости катода P_k из исследуемого диапазона определяем значения плотности критического тока $J_{кр}$ в отверстии катода. Определяем диаметр экстракционного отверстия $d_{отв}$ и расход рабочего тела через экстракционное отверстие \dot{m} . Оцениваем газовую G_e и энергетическую эффективность C_e катода для различных давлений в полости.

Результаты расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры полого катода с внутренним разрядом при $I=1A$

I = 1	P_k , тор	$J_{кр}^2$, А/м	S_2 , м	d , м	$J_{эм}^2$, А/м	T_k , К	$T_б$, К	m , кг/с	$N_{тепл}^2$, Вт/м	G_e , Эл/атом	C_e , Вт/А
	0,01	$1,163 \cdot 10^6$	$8,598 \cdot 10^{-7}$	0,001047	36285,28	925,22	422	$7,955 \cdot 10^{-9}$	37395,32	172,83	1,030
0,025	$2,562 \cdot 10^6$	$3,903 \cdot 10^{-7}$	0,000705	59806,46	930,61	442	$1,309 \cdot 10^{-8}$	38273,85	104,99	0,639	
0,05	$4,657 \cdot 10^6$	$2,147 \cdot 10^{-7}$	0,000523	77599,55	934,68	458	$1,90 \cdot 10^{-8}$	38948,65	72,063	0,501	
0,1	$8,464 \cdot 10^6$	$1,181 \cdot 10^{-7}$	0,000388	95392,64	938,76	476	$2,77 \cdot 10^{-8}$	39632,33	49,49	0,415	
0,15	$1,201 \cdot 10^7$	$8,330 \cdot 10^{-8}$	0,000326	105800,9	941,14	487	$3,459 \cdot 10^{-8}$	40036,41	39,74	0,378	
0,5	$3,389 \cdot 10^7$	$2,951 \cdot 10^{-8}$	0,000194	136706,9	948,22	522	$6,626 \cdot 10^{-8}$	41254,48	20,75	0,301	
1	$6,160 \cdot 10^7$	$1,623 \cdot 10^{-8}$	0,000144	154500	952,3	545	$9,621 \cdot 10^{-8}$	41968,24	14,29	0,271	

Из табл. 1 видно, что заданное значение разрядного тока можно получить при различных давлениях в полости катода, варьируя при этом диаметром экстракционного отверстия.

Зависимость цены электронов и газовой эффективности катода с внутренним разрядом от давления в полости катода приведена на рис. 2 и 3.

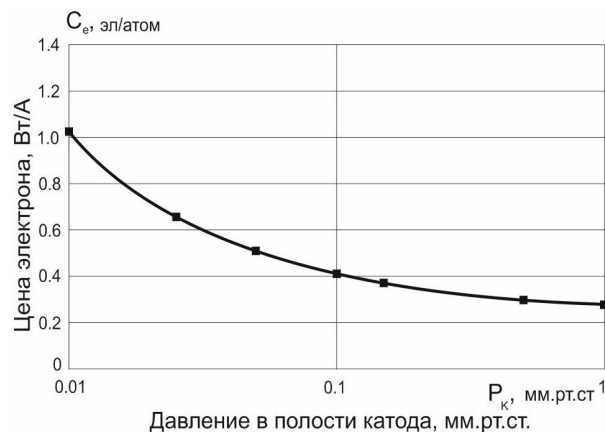


Рис. 2. Зависимость цены электрона от давления в полости катода

Цена электрона уменьшается с ростом давления в полости катода, что связано с уменьшением напряжения горения вспомогательного разряда.

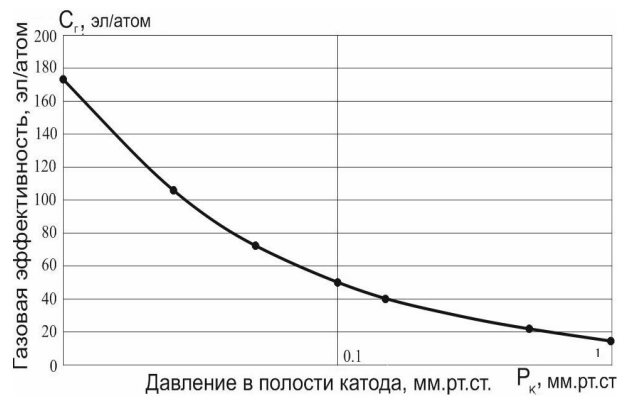


Рис. 3. Зависимость газовой эффективности от давления в полости катода

Газовая эффективность существенно уменьшается с ростом давления в полости катода, примерно в 6 – 7 раз.

Выводы

Уменьшение давления в полости катода с внутренним разрядом с 1 до 10^{-2} мм.рт.ст. приводит к увеличению газовой эффективности в 6 раз.

При уменьшении давления в полости катода цена электрона увеличивается, вследствие увеличения мощности внутреннего разряда.

Увеличение мощности потребляемой внутренним разрядом с 5 до 8 Вт при уменьшении давления в полости катода с 1 до 10^{-2} мм.рт.ст. незначительно.

Заданный разрядный ток необходимо получать, применяя катод с вспомогательным разрядом, при минимальном давлении в полости ($\sim 10^{-2}$ тор), когда газовая эффективность максимальна, а рост потребляемой мощности незначительный.

Литература

1. Хитко, А.В. Двухступенчатый полый катод [Текст] / А.В. Хитко // *Современные проблемы ДЛА: Труды 3-й Всесоюз. науч.-техн. конф.* – М.: МАИ, 1986. – С. 265-270.

2. Хитко, А.В. Методика расчета полого катода с внутренним разрядом [Текст] / А.В. Хитко, А.М. Черкун // *Авиационно-космическая техника и технология.* – 2010. – № 10 (77). – С. 103-105.

Поступила в редакцию 30.05.2011

Рецензент: д-р техн. наук, зав. кафедрой А.В. Сичевой, Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара, Днепропетровск.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПОРОЖНИСТОГО КАТОДА З ДОПОМІЖНИМ РОЗРЯДОМ

А.В. Хитко, О.М. Черкун

Практично в усіх типах електрореактивних двигунів застосовують катод. Він відіграє основну роль в організації процесів отримання і нейтралізації іонів. Його параметри істотно впливають на ресурс, надійність і енергетичну ефективність двигуна. У статті приведені результати дослідження залежності газової ефективності і ціни електрона катода з допоміжним розрядом в діапазоні тисків 10^{-2} – 1 мм.рт.ст. Дослідження проводилися, використовуючи розроблену раніше методику розрахунку. Параметри емітера і відповідне значення щільності емісійного струму знаходилися для оптимальної температури. Це забезпечує мінімальне енергоспоживання катода. Встановлено, що заданий розрядний струм необхідно отримувати, застосовуючи катод з допоміжним розрядом, при мінімальному тиску в порожнині ($\sim 10^{-2}$ мм.рт.ст.). При цьому газова ефективність максимальна, а ріст споживаної потужності незначний.

Ключові слова: порожнистий катод, допоміжний розряд, газова ефективність, ціна електрона.

ESTIMATION OF EFFICIENCY OF WORK OF HOLLOW CATHODE WITH AUXILIARY DIGIT

A.V. Khitko, A.M. Cherkun

Practically in all types of electrically powered propulsion systems cathodes are applied. Cathode has a basic role in organizing processes of production and neutralization of ions. Its parameters substantially influence on a resource, reliability and power efficiency of electric thrusters. In the article results of research of gas efficiency and cost of electron dependence of cathode with an internal discharge in the range of pressures of 10^{-2} - 1 torr are brought. Researches were conducted, using the method of calculation worked out before. Parameters of emitter were calculated for an optimal temperature. It provides the minimum energy consumption of cathode. It is shown that discharge current must be got, applying a cathode with internal discharge, at minimum pressure in cathode's cavity ($\sim 10^{-2}$ torr.). Gas efficiency is maximal thus, and the growth of watts-in is insignificant.

Key words: hollow cathode, internal discharge, critical density of current, pressure in the cavity of cathode, electric thruster.

Хитко Андрей Владимирович – канд. техн. наук, старший научный сотрудник НИИ энергетики Днепропетровского национального университета им. Олеса Гончара, Днепропетровск, Украина.

Черкун Алексей Михайлович – студент Днепропетровского национального университета им. Олеса Гончара, Днепропетровск, Украина.