

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАЗМОТРОНА С ВИХРЕВОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ДУГИ ПРИ ПОНИЖЕННОМ ДАВЛЕНИИ**

**А. К. Ребров, В. Н. Ярыгин**

(Новосибирск)

Экспериментально исследована работа плазмотрона на аргоне при давлениях в разрядной камере в области  $(3-100) \cdot 10^3$  н/м<sup>2</sup>. Для режимов устойчивой работы получены вольт-амперные характеристики в размерных комплексах.

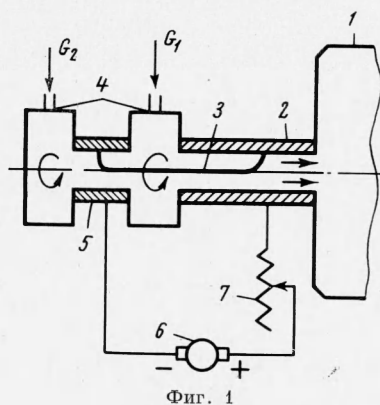
Обозначения и размерности:  $U$  — напряжение на дуге,  $v$ ;  $I$  — ток дуги,  $a$ ;  $G$  — секундный расход газа,  $г/сек$ ;  $p$  — давление газа,  $мм$  рт. ст.;  $d$  — диаметр,  $см$ ; индексы: 1 — главная камера, 2 — торцовая камера.

В литературе нет сведений о систематических исследованиях работы плазмотронов с вихревой газовой стабилизацией при низких давлениях; имеются лишь отрывочные данные [1,2], не позволяющие составить даже качественное представление об особенностях электротеплофизических процессов в рассматриваемых условиях.

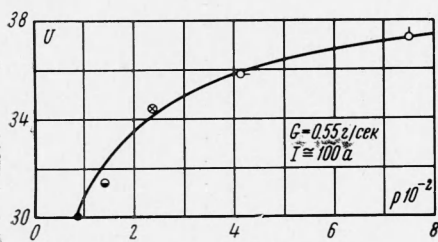
В работе Харвея и др. [1], в частности, исследован механизм становления длины дуги. Давление в дуговой камере менялось от 0.1 до 1 *атм*. В экспериментах использовались аргон и азот.

Авторы получили устойчивый режим работы для аргона. Ими отмечено, что при уменьшении расхода режим горения дуги становится неустойчивым: напряжение на дуге колеблется с частотой 2—3 *кГц*.

В данной работе эксперименты проводились на плазмотроне конструкции Института теоретической и прикладной механики СО АН СССР (фиг. 1). Анод 2 и катод 5 медные, охлаждаемые водой. Внутренние диаметры обоих электродов одинаковы и равны 10 *мм*. Рабочий газ подавался через две камеры закрутки 4 (главную, расположенную между электродами, и торцовую). Внутренние диаметры колец закрутки обеих камер равны 50 *мм*. Источником питания служил генератор постоянного тока 6 с напряжением 220 *в*. Регулирование тока осуществлялось секционным проволочным водоохлаждаемым реостатом 7. Струя плазмы истекала в вакуумную камеру 1, минимальное давление в которой достигало  $1 \cdot 10^{-2}$  *мм* рт. ст. Результаты экспериментов приведены в табл. 1.



Фиг. 1



Фиг. 2

Фиг. 2 иллюстрирует зависимость напряжения  $U$  горения дуги от давления  $p$  в разрядной камере при значении тока  $I \approx 100$  *а* и секундном расходе газа  $G = 0.55$  *г/сек*. С ростом давления напряжение возрастает пропорционально  $p^{0.12}$ .

Полученные экспериментальные данные обрабатывались далее в критериальном виде. Многие авторы [3,4] показали возможность обобщенного описания процессов в плазмотроне в виде зависимости

$$\frac{Ud}{I} = c \left( \frac{I^2}{Gd} \right)^\alpha \left( \frac{G}{d} \right)^\beta (pd)^\gamma \quad (1)$$

причем в некоторых случаях [3] при обобщении можно обойтись только комплексом  $I^2 / Gd$ . По экспериментам данной работы представляется возможность расширения границ полученных ранее критериальных обобщений вследствие исследований при

Таблица 1

Номера опытов,	$U, \text{ в}$	$I, \text{ а}$	$G_1, \text{ в/сек}$	$G_2, \text{ в/сек}$	$P, \text{ мм рт. ст.}$	Фиг. 3
1	33.4	25.7	0.448	0.077	66.0	
2	30.8	61.3	0.446	0.077	77.0	
3	29.9	93.5	0.445	0.077	85.0	1
4	29.4	170.0	0.445	0.075	101.0	
5	41.5	25.6	0.506	0.079	137.0	
6	35.4	59.7	0.501	0.077	138.0	
7	31.4	98.0	0.508	0.076	139.0	2
8	31.6	148.5	0.504	0.072	146.0	
9	38.6	58.1	0.482	0.072	237.0	
10	34.4	92.0	0.518	0.074	235.0	
11	32.8	150.0	0.490	0.077	239.0	3
12	43.5	25.2	0.512	0.073	227.0	
13	49.4	24.4	0.494	0.075	403.0	
14	40.4	49.0	0.494	0.076	410.0	
15	35.8	98.5	0.490	0.076	411.0	4
16	31.8	149.0	0.492	0.075	412.0	
17	51.7	24.4	0.460	0.074	750.0	
18	42.9	48.0	0.460	0.074	751.0	5
19	37.3	96.0	0.460	0.074	749.0	
20	21.4	18.7	0.143	0.000	15.0	
21	18.8	49.3	0.140	0.000	15.0	
22	18.8	95.0	0.136	0.000	18.0	6
23	18.4	139.5	0.135	0.000	14.5	
24	25.2	17.4	0.185	0.000	20.0	
25	23.6	52.5	0.185	0.000	23.5	
26	20.4	99.0	0.185	0.000	27.0	7
27	20.6	148.5	0.185	0.000	30.0	
28	61.0	14.7	1.235	0.236	212.9	
29	54.5	52.5	1.265	0.224	234.9	
30	52.5	83.6	1.170	0.227	248.9	8
31	50.0	150.0	1.165	0.224	274.9	
32	44.8	16.8	0.688	0.143	112.9	
33	37.2	49.6	0.648	0.140	128.9	
34	35.6	91.7	0.645	0.141	131.9	9
35	35.0	146.6	0.631	0.140	154.9	
36	90.0	12.3	2.350	0.625	401.9	
37	78.0	45.3	2.360	0.630	459.9	
38	73.0	98.7	2.360	0.628	510.9	10
39	70.0	134.1	2.360	0.628	532.9	
40	30.8	17.5	0.256	0.058	34.7	
41	25.2	52.7	0.256	0.058	40.7	
42	22.8	98.0	0.256	0.058	45.7	11
43	22.2	147.0	0.256	0.058	39.7	
44	20.4	37.0	0.151	0.000	20.6	
45	18.7	73.5	0.151	0.000	21.7	
46	18.4	99.5	0.151	0.000	22.7	12
47	19.4	149.5	0.151	0.000	24.7	
48	20.2	175.0	0.151	0.000	25.7	

существенно пониженных давлениях. Критериальная обработка экспериментальных данных в соответствии с выражением (1) приведена на фиг. 3 в виде зависимости  $u = u(\zeta)$  (обозначения экспериментальных точек см. табл. 1)

$$u = \frac{Ud}{I}, \quad \zeta = \left( \frac{I^2}{Gd} \right)^{0.58} \left( \frac{G}{d} \right)^{0.25} (pd)^{-0.12}$$

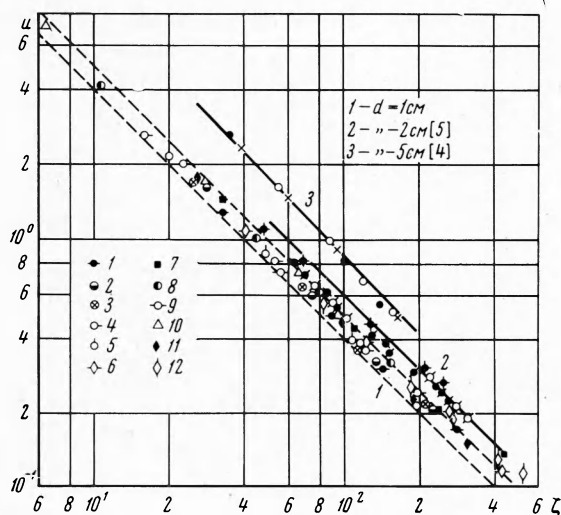
Таблица 2

№ п.п.	$d$	$G$	$I$	$p$	Литература	Примечание
1	1.0	0.15—3.00	12—175	15—751	Данная работа	—
2	2.0	4—12	200—840	$\approx 760$	[5]	$G_2 = 0$
3	5.0	100—165	600—2600	$\approx 760$	[4]	—

На этой же фигуре приведена кривая 2 согласно работе [5] и кривая 3 по работе [4]. Как видно, имеется четкое «расслоение» по диаметру, которое может быть скоррелировано введением множителя  $d^{0.35}$ . Возможно, что при более полном знании процессов в плазматроне, и в частности линейных масштабов процессов, введение диаметра в критериальное уравнение удастся произвести в виде безразмерных симплексов. Для инженерных расчетов можно предложить зависимость напряжения горения дуги от режимных параметров в виде

$$U = 46I^{-0.16}G^{0.33}p^{0.12}d^{0.30} \quad (2)$$

При постоянном давлении газа, близком к атмосферному, зависимость (2) практически совпадает с приведенной в работе [4]. В исследованном диапазоне параметров при



Фиг. 3

газовой стабилизации дуги эта зависимость описывает экспериментальные данные с отклонением, не превышающим  $\pm 15\%$ . Диапазоны изменения основных параметров для проведенных опытов и опытов работ [5, 4] представлены в табл. 2.

В экспериментах оценивалась также средняя величина загрязнения потока продуктами эрозии электродов. Она не превышала 0.11% по весу.

Авторы признательны М. Ф. Жукову за обсуждение экспериментальных результатов данной работы.

Поступила 8 XII 1968

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Harvey J. K., Simpkins P. G., Adcock B. D. Instability of arc columns. AIAA Journal, 1963, vol. 1, No. 3.
2. Henshall B. D., Brower E. M. A cryogenic hypersonic low — Density wind tunnel. In: «Advances cryog. engng.», N. Y., Plenum press, 1962, vol. 7.
3. Кутателадзе С. С., Ясько О. И. Обобщение характеристик электродуговых подогревателей. Инж. физ. ж., 1964, № 4.
4. Даутов Г. Ю., Жуков М. Ф. Критериальное обобщение характеристик плазматронов вихревой схемы. ПМТФ, 1965, № 6.
5. Коротеев А. С., Ясько О. И. Некоторые вопросы обобщения в безразмерных критериях характеристик обдуваемых электрических дуг. Инж.-физ. ж., 1966, т. 10, № 1.