

КОЭФФИЦИЕНТ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДУГИ ВО ВНУТРЕННЮЮ ЭНЕРГИЮ РАБОЧЕГО ГАЗА И ИХ ДОЛИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ БАЛАНСЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО ЛЕГКОГАЗОВОГО УСКОРИТЕЛЯ

*А.В.Будин, В.А.Коликов, Б.П.Левченко, В.В.Леонтьев,
И.П.Макаревич, Ф.Г.Рутберг, Н.А.Широков*

Всероссийский научно-исследовательский институт электромашиностроения,
Санкт-Петербург
(Поступило в Редакцию 23 декабря 1993 г.)

Для обоснованного анализа эффективности работы электроразрядного ускорителя масс необходимо знание основных величин, характеризующих процесс перевода энергии из источника питания в метаемое тело. К таким величинам относятся коэффициент перевода энергии из источника питания в дугу η_e , коэффициент превращения электрической энергии дуги во внутреннюю энергию газа η_t , коэффициент превращения внутренней энергии рабочего газа в кинетическую энергию метаемого тела η_k . Произведение этих трех коэффициентов дает полный КПД устройства $\eta_0 = \eta_e \eta_t \eta_k$. Экспериментальное определение η_e не вызывает особой сложности, так как он определяется из отношения энергии, вложенной в дуговой разряд W_d , к энергии, отобранной из источника питания W_e ,

$$\eta_e = W_d / W_e.$$

В случае если в качестве источника энергии используется конденсаторная батарея, W_e определяется формулой

$$W_e = C (U_n^2 - U_k^2) / 2,$$

где C — емкость конденсаторной батареи, U_n — начальное напряжение на батарее, U_k — остаточное напряжение на батарее.

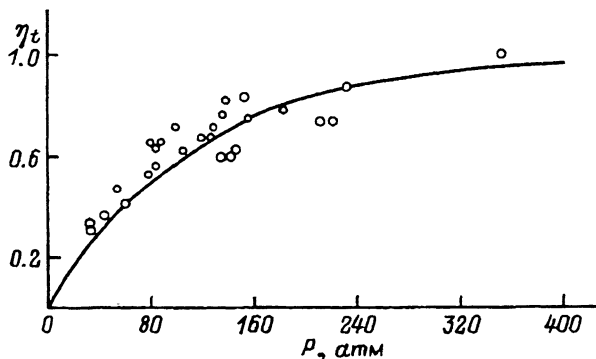
Энергия, вложенная в дугу, вычисляется с помощью осциллограмм тока и падений напряжения на дуге по формуле

$$W_d = \int_0^t I \cdot U \cdot dt,$$

где I — ток, U — падение напряжения на дуге, t — время.

Для определения η_t необходимо знать энергию, вложенную в разряд W_d , и внутреннюю энергию газа W_t

$$\eta_t = W_t / W_d.$$



Зависимость коэффициента превращения электрической энергии дуги во внутреннюю энергию газа от начального давления газа.

Величину внутренней энергии газа W_t можно оценить по соотношению

$$W_t = P(V - \alpha M)/(k - 1),$$

где P — импульсное давление, V — объем, M — масса газа, k — показатель адиабаты, α — коэффциент.

Сложность определения внутренней энергии состоит в том, что она не является величиной постоянной, так как объем газа меняется при движении метаемого тела в канале ускорения. Для того чтобы исключить влияние этого фактора на величину W_t , была проведена серия экспериментов в режиме манометрической бомбы, т.е. при $V = \text{const}$. Для этого вместо мембраны и снаряда устанавливалась заглушка. Эксперименты проводились при следующих параметрах: объем разрядной камеры 1.5 дм^3 , вкладываемая энергия W_d $100\text{--}500 \text{ кДж}$, начальное давление газа (водорода) $40\text{--}350 \text{ атм}$. Полученная экспериментальная зависимость η_t от начального давления газа представлена на рисунке. Зависимость имеет растущий характер и при начальных давлениях газа порядка 300 атм η_t достигает величины $0.7\text{--}0.8$, при дальнейшем увеличении давления до 400 атм тенденция к росту η_t менее выражена.

Кроме экспериментальных исследований теплообмена между дугой и газом были сделаны теоретические оценки механизма теплообмена для двух его типов: электронного и лучистого. На основе этих оценок был сделан вывод о том, что основная доля энергии в разрядах данного типа при начальных давлениях водорода 400 атм переносится излучением. Этот вывод подтверждается характером зависимости η_t , свидетельствующим о том, что с ростом плотности газа растет доля поглощаемой им энергии и уменьшаются потери на нагрев стенок разрядной камеры. Полученная экспериментальная зависимость позволяет также выбирать оптимальные режимы работы легкогазового ускорителя с точки зрения соотношения начального давления в разрядной камере и вкладываемой энергии.