

## ФАКЕЛЬНАЯ СТРУКТУРА ДРЕЙФОВОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ

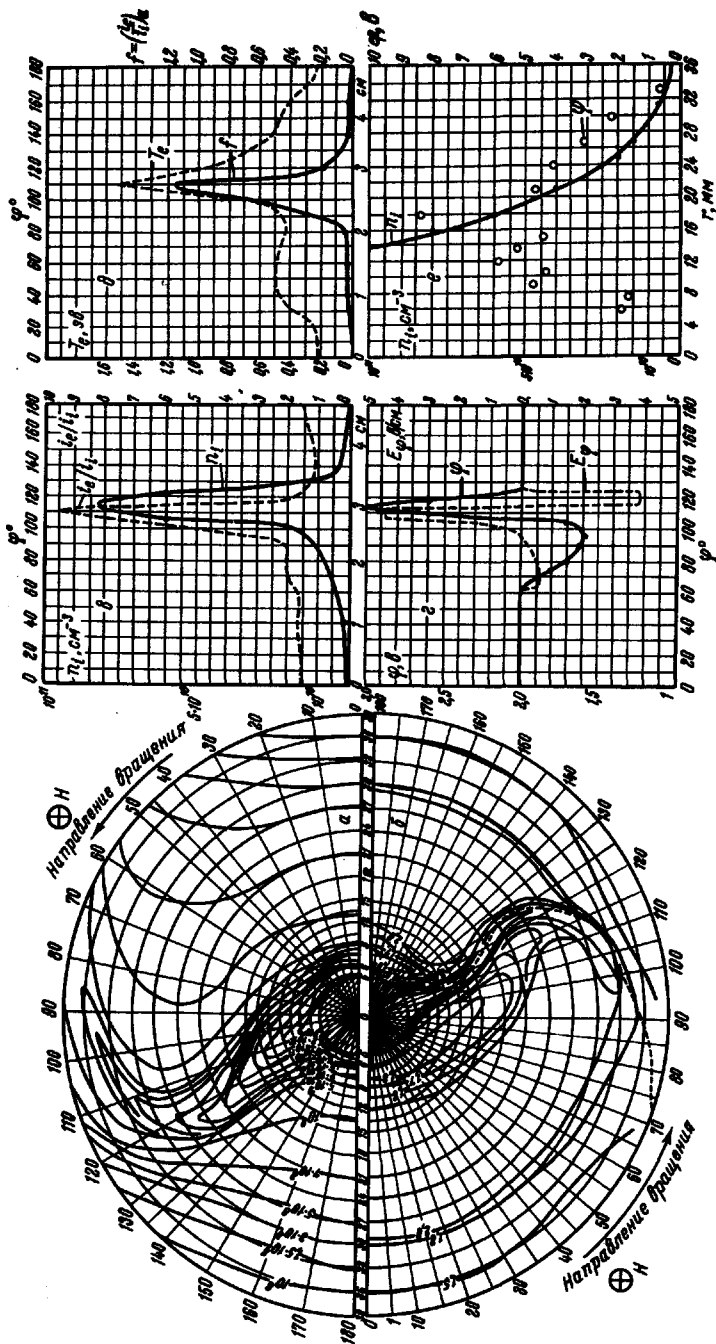
М.А.Власов

В работе [1] отмечалось, что в дуговом разряде низкого давления при определенных условиях возникает дрейфовая неустойчивость, которая выражается в появлении факелов, вырывающихся из столба дуги. Такая неустойчивость приводит к повышенному уходу частиц поперек магнитного поля с коэффициентом диффузии, близким к боровскому  $D_i = 10^7 T_e/H$ . С изменением магнитного поля характер неустойчивости меняется, однако вблизи критического поля всегда наблюдается устойчивое однородное вдоль магнитного поля факельное образование, стационарно вращающееся в конную сторону с частотами порядка нескольких кГц. Число устойчивых факелов зависит от режима разряда и в описываемых экспериментах менялось от одного до трех. Стационарный характер вращения факела в некоторых случаях позволили подробно изучить топографии плотности и потенциала в неустойчивом режиме. Измерения проводились с помощью зондовой методики. Зонд был изготовлен из вольфрамовой проволоки диаметром 0,2 мм в форме плоской петли, вытянутой вдоль магнитного поля. Измерение плотности проводилось по ионному току насыщения на холодный зонд, а измерения потенциала по плавающему потенциалу накаливаемого зонда. Зонд перемещался по радиусу, что позволило проанализировать распределение плотности  $n_i$  и потенциала  $\psi$  по всему сечению разряда. Зондовый сигнал подавался на пластины осциллографа, запуск которого осуществлялся сигналом с опорного неподвижного зонда. Кроме того, на фиксированном радиусе были получены осциллограммы зондовых сигналов при нескольких значениях потенциала зонда, это

позволило построить зондовые характеристики для различных точек разряда по азимуту.

Измерения проводились на водороде при  $p = 10^{-3}$  тор и  $N = 730$  э. Анодное напряжение и ток дуги составляли 200 в и 100 ма. При этих условиях вблизи критического поля наблюдалось существование двух факелов.

Естественно предположить, что факел является результатом развития начального возмущения плотности, возникшего на границе дугового столба. Из-за различия в дрейфовых скоростях ионов и электронов на границе такого возмущения возможно возникновение разделения зарядов, которое приведет к возникновению азимутального электрического поля и дрейфу плазмы наружу. В результате образуется факел, поведение которого определяется характером движения частиц внутри него и их уходом на торцы камеры. Такая картина образования факела качественно хорошо подтверждается экспериментально измеренным распределением плотности и потенциала в факеле (рис. I а и б), которое наглядно демонстрирует наличие поляризации в факеле и его связь с плазмой внутри дугового столба. На рис. I, в приводится распределение плотности плазмы по азимуту на радиусе  $r = 16$  мм. Видно, что плотность заряженных частиц возрастает в факеле примерно на два порядка, одновременно наблюдается увеличение отношения электронного тока насыщения к ионному току насыщения на зонд ( $i_e/i_i$ ). Оба эти факта указывают на повышенный уход частиц вдоль факела, который естественно связан с дрейфом частиц. Азимутальное электрическое поле  $E_\varphi$ , приводящее к такому дрейфу, может быть получено из азимутального распределения потенциала на данном радиусе (рис. I, г). Видно, что поляризация приводит к появлению электрического поля  $E_\varphi$  до 4 в/см. Распределение  $n_i$  и  $\varphi$  вдоль факела (пунктирная кривая на рис. I, б) приводится на рис. I, е. Падение плотности с радиусом связано с уходом частиц на торцы. Из анализа зондовых характеристик можно определить, как изменяются граничные условия в факеле. В нашем случае торцы системы находятся под анодным потенциалом, поэтому в качестве характе-



рисунки граничных условий можно выбрать отношение электронного тока к ионному на зонд при потенциале анода  $f = (i_e/i_i)_a$ . Как видно из рис. I, д, величина  $f$  резко возрастает в факеле, что говорит о повышенном уходе электронов из факела на торцы. При наблюдаемом распределении потенциала это указывает на значительное увеличение электронной температуры  $T_e$  в факеле. Зная зависимости  $\varphi$ ,  $i_e/i_i$

и  $f$  от азимута, можно, пользуясь выражением  $f = (i_e/i_i) e^{-\psi/T_e}$ , определить азимутальное изменение электронной температуры. Результаты вычислений приведены на рис. I, д.

Таким образом, анализ экспериментальных результатов указывает на то, что развитие дрейфовой неустойчивости приводит к появлению сравнительно узкого факела, вдоль которого плазма уходит поперек поля. Вне факела характер диффузии остается классическим, о чем свидетельствует низкое значение плотности и малая величина  $i_e/i_i$  в этих областях.

Различие в потоках заряженных частиц на торцы и боковые стенки камеры приводит к появлению тока вдоль факела. Причем из изменения  $f$  с азимутом (рис. I, д) следует, что в среднем по факелу течет направленный наружу ионный ток  $I_i$ . Взаимодействие этого тока с магнитным полем приводит к появлению силы  $1/c [\vec{I}_i \vec{H}]$ , которая может быть ответственна за вращение факела. Следует также отметить, что полученное распределение  $n_i$  и  $\psi$  по сечению разряда хорошо подтверждается наблюдаемыми в этих режимах плазмограммами [I].

Поступило в редакцию

21 июля 1965 г.

#### Литература

[I] М.А. Власов. Письма ЖЭТФ, 2, 274, 1965.