

Письма в ЖЭТФ, том 12, стр. 320 – 323

20 сентября 1970 г.

**ПРОНИКНОВЕНИЕ НЕЙТРАЛЬНЫХ АТОМОВ
В ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ПЛАЗМЕННЫЙ ШНУР**

Л.Ф.Исаенко, Л.В.Майоров, Д.А.Щеглов

Проникновение нейтральных атомов в горячую высокоионизованную плазму оказывает существенное влияние на происходящие в ней процессы. Фактически имеем дело с целым комплексом проблем таких как роль этих нейтральных

атомов в материальном балансе плазмы и ее энергобалансе, возможность диагностики плазмы по спектру нейтральных атомов перезарядки и т. д.

Необходимо, следовательно, для конфигураций, близких к геометрии реальных установок, вычислять распределение концентрации плазмы по сечению плазмы, альbedo плазмы по отношению к падающим атомам и энергетический спектр атомов, вылетающих из плазмы. В данной работе производится расчет этих величин для цилиндрической геометрии методом Монте-Карло. Результаты сопоставляются с приближенным аналитическим решением и с экспериментальными данными, полученными при исследовании некоторых режимов установки Т-3.

Вычисления методом Монте-Карло проводились в следующих предположениях:

1) рассматривается цилиндрический плазменный шнур, внутри которого ионная температура T_i , концентрация ионов n_i и величина $\langle \sigma_i v_e \rangle$, (где σ_i — сечение ионизации атома электронами) предполагаются постоянными; 2) плазма считается чисто водородной; 3) зависимость сечения перезарядки $\sigma(v_r)$ атома на протоне от их относительной скорости v_r выбрана в виде $\sigma = A + B \lg v_r$ в соответствии с приведенными в работе [1] экспериментальными и теоретическими данными; 4) на поверхность плазмы падает изотропный моноэнергетический поток нейтральных атомов водорода с энергией 1 эв .

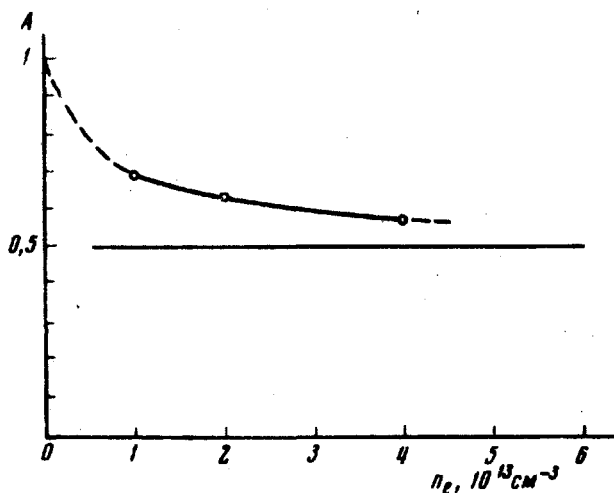


Рис. 1. Альbedo плазмы как функция n_e , пунктирная кривая — асимптотика при $n_e \rightarrow \infty$ (см. [2,3])

Цель работы заключалась в расчете распределения нейтральных атомов $n_0(\rho)$, альbedo плазмы и энергетического спектра вылетающих частиц в рамках этой простой модели, выяснении корректности этой модели для описания распределения $n_0(\rho)$ на установке Т-3 и анализе различных приближений, облегчающих расчет более сложных задач (учитывать или не учитывать зависимость параметров плазмы от пространственной координаты ρ). Параметры плазмы были выбраны близкими к реализуемым в некоторых режимах установки Т-3: $T_i = 200 \text{ эв}$, $\langle \sigma_i v_e \rangle = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3 \cdot \text{сек}^{-1}$, радиус плазменного шнура $a_0 = 15 \text{ см}$. Плотность n_i принимала три значения: 1; 2; $4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$. Расчеты проводились на ЭВМ М-220.

На рис. 1 изображена зависимость альbedo плазмы от плотности n_1 . Как и следовало ожидать, альbedo при увеличении плотности стремится к предельному значению для полуплоскости [2, 3]. На рис. 2 приведены расчетные кривые для концентрации атомов $n_0(\rho)$. Пунктиром дана кривая концентрации $n_0(\rho)$, полученная на установке Т-3 из спектроскопических измерений (по свечению линии H_α). Использован также ход электронной плотности, полученный в работе [4]; в центральной области шнура $n_e \approx 1,4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$. Согласие с расчетом достаточно хорошее (хотя следует принять во внимание невысокую точность экспериментального определения $n_0(\rho)$ при малых значениях ρ).

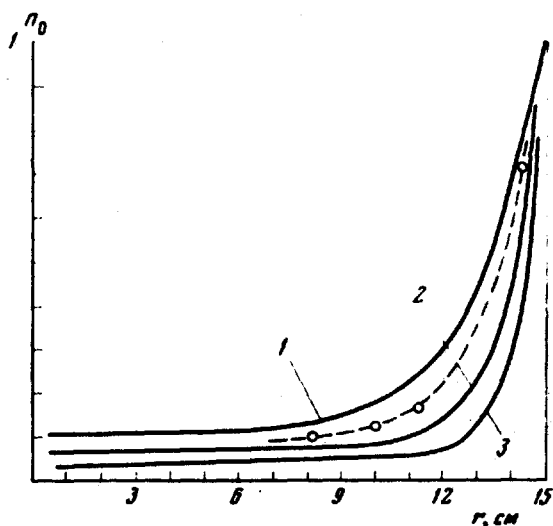


Рис. 2. Распределение концентрации нейтральных атомов по радиусу шнура при различных плотностях. Кривые 1, 2, 3, соответствуют $n_1 = 1; 2; 4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$. Пунктирная кривая — экспериментальная кривая (установка Т-3, ток 60 кА, поле $H_z = 17 \text{ кэ}$)

Были проведены оценки учета анизотропии (в лабораторной системе координат) сечения перезарядки [2]. Пренебрежение анизотропией этого сечения оказалось несущественным.

Получена приближенная аналитическая формула для распределения атомов в цилиндрическом плазменном шнуре в условиях когда плазма является "черной" для влетающих частиц и достаточно прозрачной для атомов с энергией порядка T_1 . Результат расчета по методу Монте-Карло хорошо согласуется с этой формулой.

Автору глубоко благодарны Т.А. Федосейкиной за помощь в проведении расчетов на ЭЕМ, а также Л.А. Арпимовичу за интерес к работе и полезные дискуссии.

Поступила в редакцию
23 июля 1970 г.

Литература

- [1] Б.А.Беляев, Б.Г.Брежнев, Е.М.Ерастов. *ЖЭТФ*, 52, 1170, 1967.
 - [2] Д.Н.Зубарев, Б.Н.Климов, Сб. Физика плазмы и проблема управляемых термоядерных реакций М., Академиздат, I, 135, 1958.
 - [3] О.Б.Константинов, Б.И.Перель. *ЖТФ*, 30, 1485, 1960.
 - [4] N.J.Peacock, D.C.Robinson, M.J.Forest, P.D.Vilcock, V.V.Sannikov. *Nature*, 224, 488, 1970.
-