

О ЗАВИСИМОСТИ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ ИЗ ПЛАЗМЫ УСТАНОВОК ТОКАМАК ОТ ЭФФЕКТИВНОЙ ЧАСТОТЫ СТОЛКНОВЕНИЙ ЭЛЕКТРОНОВ

Г. А. Бобровский, К. А. Разумова

Ток, текущий по плазменному шнуру в установках Токамак, выполняет функции нагрева и удержания плазмы. Поэтому концентрация электронов n_e , температура T_e и ток I связаны между собой определенным соотношением [1] и не всегда возможно изменять их независимым образом. Такая возможность существует, например, в разрядах со сравнительно большим начальным давлением водорода, когда при заданном токе температура электронов в широком интервале почти не зависит от концентрации [1]. Подобная слабая зависимость $T_e(n_e)$ позволяет проследить изменение коэффициентов переноса с концентрацией или эффективной частотой столкновений $\nu_{эфф}$. Величина $\nu_{эфф}$ вычисляется из измерений электропроводности плазменного шнура и связана с n_e зависимостью, близкой к пропорциональной, но в отличие от n_e учитывает существование в плазме неконтролируемого количества примесей или развитие коллективных процессов.

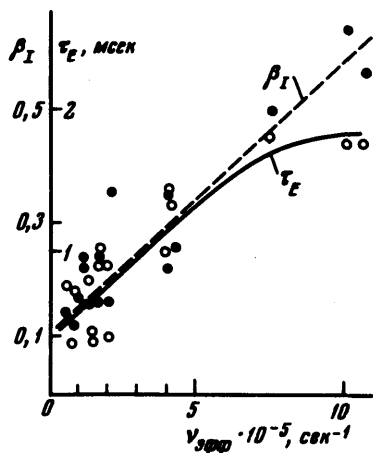


Рис. 1

На рис. 1 и 2 представлены полученные на установке Токамак ТМ-3 зависимости $\beta_I = 8\pi n_e T_e / H_I^2$ (H_I — магнитное поле тока) и энергетического времени жизни $\tau_E = \frac{3}{2} \frac{n_e T_e}{jE - Q}$ (j — плотность тока, E — напряженность продольного электрического поля, Q — излучаемая из плазмы мощность) от $\nu_{эфф}$ при двух фиксированных значениях тока, 35 и 12 кА. Обе величины, β_I и τ_E , характеризуют удержание энергии в плазменном шнуре. Рис. 1 иллюстрирует режимы разряда ($I = 35$ кА, $H_z = 27$ кэ), в которых коэффициенты переноса лишь в 3 — 5 раз больше неоклассических, однако зависимость их от $\nu_{эфф}$ находится в явном

противоречии с теорией, развитой Галеевым и Сагдеевым [2]. В отличие от ее предсказаний, как τ_E , так и β_I значительно растут с увеличением частоты. Поскольку коэффициенты переноса, по-видимому, не могут быть меньше неоклассических, естественно ожидать "насыщения" кривой $\tau_E(\nu_{эфф})$, которое и наблюдается на рис. 1.

Совсем другой характер носит зависимость β_I и τ_E от $\nu_{эфф}$ в режимах с малым током разряда (рис. 2, $I = 12$ кА, $H_z = 14$ кЭ), где зависимость $\tau_E(\nu_{эфф})$ качественно не противоречит предсказываемой теоретически. Однако коэффициенты переноса на порядок величины выше теоретических.

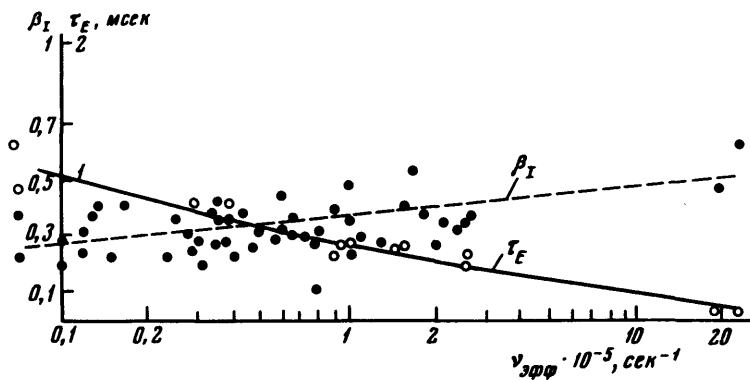


Рис. 2

Такой же результат был получен Арцимовичем при интерпретации экспериментов на установке Т-3а, проведенных при таких же плотностях тока: $\tau_E \sim \sigma^2 / 30 \nu_{эфф} \rho_l^2$ (σ – малый радиус плазменного витка,

ρ_l – ларморовский радиус электрона в поле H_l) [3]. В этих условиях β_I практически не зависит от $\nu_{эфф}$.

Резюмируя, можно сказать, что в плазме установок Токамак при существующих на сегодняшний день параметрах коэффициент теплопроводности в 3 – 10 раз превышает неоклассический [2], однако роль процессов, приводящих в аномально высокой теплопроводности, уменьшается с увеличением тока и концентрации электронов.

В заключение авторы приносят благодарность Л.А.Арцимовичу за полезные обсуждения.

Поступила в редакцию
21 июня 1971 г.

Литература

- [1] Г.А.Бобровский, Э.И.Кузнецов, К.А.Разумова. ЖЭТФ, 59, 1103, 1970.
- [2] А.А.Галеев, Р.З.Сагдеев, ЖЭТФ, 53, 348, 1967.
- [3] Л.А.Арцимович. Письма в ЖЭТФ, 13, 101, 1971.