

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕНОСА ЧАСТИЦ В РАЗРЯДАХ С НЕЛОКАЛЬНЫМ ПЕРЕНОСОМ ТЕПЛА В ГЕЛИОТРОНЕ LHD^{*)}

Лашкина Ю.С., Сергеев В.Ю., Шаров И.А., Кривошеев А.Н.

Санкт-петербургский политехнический университет Петра Великого

При инжекции макрочастиц на периферии плазмы в установках с магнитным удержанием формируются положительные возмущения плотности электронов вследствие испарения вещества и отрицательные возмущения температуры электронов из-за поступления холодных испаренных частиц и их излучения. Понятие «нелокального» переноса тепла применяется для экспериментально наблюдаемого нагрева центральных областей плазмы при охлаждении периферии. Рассматриваются два подхода для описания данного явления: 1) моделирование эволюции коэффициента температуропроводности плазмы при предположении её неподвижности [1]; 2) моделирование движения плазмы при неизменном коэффициенте температуропроводности [2]. Цель настоящей работы — проанализировать эволюцию концентрации электронов во время наблюдения NLT тепла при инжекции полистироловых макрочастиц в плазму гелиотрона LHD [1-2].

Эволюция концентрации электронов в предположении отсутствия источников электронов внутри плазменного шнура описывается уравнениями

$$\frac{dn}{dt} = -\text{div}(\Gamma); \Gamma = -D \frac{dn}{dr} + Vn(r), \quad (1)$$

где Γ – поток электронов, D – коэффициент диффузии, V – конвективная скорость. Для восстановления профилей D и V был создан код, использующий эволюцию концентрации $n_e(r, t)$ и алгоритм, предложенный в работе [3]. Решение обратной задачи восстановления постоянных во времени коэффициентов переноса V и D из известной эволюции концентрации $n_e(r, t)$ в алгоритме реализовано с помощью расчета эволюции потока на магнитной поверхности с радиусом ρ .

$$\Gamma(r, t) = -\frac{d}{dt} \int_0^r \rho n(\rho, t) d\rho \quad (2)$$

и для каждого радиуса магнитной поверхности решалась переопределенная система уравнений (3)

$$\Gamma_j(r, t) = -D \frac{dn(r, t)}{dr}_j + V(r)n_j(r, t), \quad j = 1 \dots k \quad (3)$$

где k - количество слоев по времени.

В докладе представлен анализ возмущения плотности электронов в трех разрядах гелиотрона LHD после инжекции полистироловой макрочастицы. Показано, что эволюция возмущений плотности имеет диффузионный характер даже при «нелокальном» переносе температуры электронов.

Работа поддержана ГК Росатом и Минобрнауки России в рамках Федерального проекта 3 (ФП3), проект № FSEG-2025-0002 “Разработка принципов и систем управления и диагностики плазмы токамаков с помощью инжекции вещества”.

Литература

- [1]. N. Tamura et al., Nucl. Fusion 47, 449 (2007).
- [2]. S. Inagaki et al., Plasma Phys. Control. Fusion 52, 075002 (2010).
- [3]. Егоров С.М. и др. Диагностика плазмы, вып. 6 (1989).

^{*)} DOI – тезисы на английском