

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ НЕЛОКАЛЬНОГО ПЕРЕНОСА ТЕПЛА ПРИ СОЗДАНИИ ВОЗМУЩЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕКТРОНОВ В ГЕЛИОТРОНЕ LHD ^{*)}

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

Санкт-петербургский политехнический университет Петра Великого

Одним из методов исследования поперечного переноса тепла и частиц плазмы является создание возмущения этих параметров и дальнейшее наблюдение эволюции созданного возмущения. Распространение возмущения электронной температуры T_e и концентрации n_e в магнитных ловушках может иметь диффузионный характер, поведение этих параметров в таком случае описывается уравнением диффузии (теплопроводности). Однако, при определенном соотношении параметров плазмы оказывается, что распространение возмущения не подчиняется уравнению диффузии: при снижении температуры электронов на периферии температура в центре шнура возрастает [1]. Это явление называют нелокальным переносом (NLT, Non-local Transport) тепла.

На данный момент не существует общепринятого объяснения явления NLT тепла, а физические модели, объясняющие данное явление, только создаются. Существующие попытки феноменологического описания NLT реализуются в рамках двух подходов. Первый подход предполагает расчет пространственно-временной эволюции коэффициента электронной температуропроводности $\chi_e(r, t)$ из уравнения баланса тепла электронов по данным эволюции $T_e(r, t)$ и $n_e(r, t)$ в предположении неподвижности плазмы [2,3]. Второй подход предполагает расчет по тем же данным пространственно-временной эволюцией скорости движения плазмы $v(r, t)$ в предположении неизменности во времени $\chi_e(r)$ [4,5].

В докладе продемонстрированы результаты применения обоих вышеуказанных подходов к экспериментальным данным об эволюции электронной температуры $T_e(r, t)$ и концентрации $n_e(r, t)$ после инъекции полистироловых макрочастиц в плазму гелиотрона LHD. Проведен анализ влияния уровня создаваемого возмущения концентрации на переход от диффузионного к NLT характеру распространения возмущения T_e .

Анализ экспериментальной эволюции концентрации плазмы в разрядах с проявленным NLT тепла демонстрирует диффузионный характер распространения возмущения n_e во всех разрядах. Показано, что это может свидетельствовать в пользу подхода, учитывающего возможные движение плазмы при создании возмущений.

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

Литература

- [1]. V.D. Pustovitov, Plasma Phys. Control. Fusion 54, 124036 (2012).
- [2]. N. Tamura et al., Nucl. Fusion 47, 449 (2007).
- [3]. S. Inagaki et al., Plasma Phys. Control. Fusion 52, 075002 (2010).
- [4]. V.Yu. Sergeev et al., Plasma and Fusion Research 14, 3402121 (2019).
- [5]. В.Д. Пустовитов, Избранные вопросы физики плазмы и ее применения, вып. 1 (2017).

^{*)} DOI – тезисы на английском