

ПАРАМЕТРЫ АНОМАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ПРИСТЕНОЧНОЙ ПЛАЗМЫ С ПРИМЕСЬЮ ЛИТИЯ В ТОКАМАКЕ T-15МД ^{*)}

Степаненко А.А.

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
aastepanenko@mephi.ru*

Управление потоками вещества и энергии, приходящими из области удержания горячей плазмы на обращенные к плазме элементы токамака, является одним из ключевых вопросов, решение которых необходимо для создания термоядерного реактора. Среди возможных подходов к проблеме снижения тепловых нагрузок, приходящих на стенки токамака, в настоящее время предлагается использование возобновляемых жидкометаллических покрытий, в частности из лития и олова [1, 2].

Недавно в НИЦ «Курчатовский институт» был введен в строй токамак T-15МД [3]. Программа исследований на установке подразумевает, среди прочего, разработку технологий первой стенки, в том числе с использованием жидкого лития. Расчёты переноса периферийной плазмы T-15МД [4] показывают, что жидкометаллическое покрытие позволяет эффективно снижать тепловые нагрузки на стенки токамака. В режимах с высокой вложенной мощностью испарение и распыление покрытия, однако, может приводить к недопустимо высоким концентрациям примесных частиц на периферии плазменного шнура.

Другим физическим механизмом, влияющим на потоки тепла и частиц на стенку токамака-реактора, является турбулентность пристеночной плазмы [5]. Параметры аномального переноса определяются широким спектром характеристик установки, таких как мощность разряда, концентрация и температура плазмы, геометрия магнитного поля, наличие примесей и другие факторы. Распространённым подходом к описанию аномального переноса является применение моделей двухжидкостной динамики среды, в которых рассматривается коллективная динамика ионов основной плазмы и электронов, а перенос примесей описывается в приближении пассивного скаляра. В то же время оценки [6] показывают, что наличие примесей в неследовых количествах, как, например, при эрозии жидкометаллической литиевой стенки [4], может влиять на параметры турбулентности, что должно быть учтено при анализе транспорта на периферии установки.

В работе представлены результаты моделирования режимов аномального переноса пристеночной плазмы с примесью лития в токамаке T-15МД. Получены дрейфово-редуцированные двумерные уравнения электростатического переноса плазмы с примесью лития для моделирования турбулентной динамики вещества на периферии установки. С использованием библиотеки BOUТ++ [7] выполнены расчёты пространственного и временного спектров флуктуаций плотности, температуры и потенциала плазмы, в зависимости от концентрации и локализации примеси лития. Получены распределения аномальных потоков тепла и частиц за сепаратрисой токамака. Найдены усреднённые самосогласованные профили плотности и температуры плазмы, устанавливающиеся с учётом турбулентности, определен параметр λ_q .

Литература

- [1]. Mirnov S. //J. Nucl. Mater. – 2009. – V. 390. – P. 876-885.
- [2]. Lyublinski I.E. et al. //J. Phys.: Conf. Series. – 2016. – V. 748. – №. 1. – P. 012014.
- [3]. Khvostenko P.P. et al. //Fus. Eng. Design. – 2021. – V. 164. – P. 112211.
- [4]. Marenkov E.D., Kukushkin A.S., Pshenov A.A. //Nucl. Fusion. – 2021. – V. 61. – №. 3. – P. 034001.
- [5]. Nedospasov A.V. //J. Nucl. Mater. – 1992. – V. 196. – P. 90-100.
- [6]. Reiter E. et al. //J. Plasma Phys. – 2023. – V. 89. – №. 1. – P. 905890110.
- [7]. Dudson B.D. et al. //Comp. Physics Comm. – 2009. – V. 180. – №. 9. – P. 1467-1480.

^{*)} DOI – тезисы на английском