ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТУРБУЛЕНТНОСТИ И ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКОВ В ПРИСТЕНОЧНОЙ ОБЛАСТИ ТОКАМАКА Т-10

Соломатин Р.Ю., Будаев В.П., Грашин С.А., Елисеев Л.Г., Мельников А.В.

НИЦ «Курчатовский Институт», г. Москва, Россия, r.solomatin@list.ru

Перенос частиц в периферийной плазме токамака вблизи границ плазменного шнура носит резко выраженный аномальный характер. Это приводит к сильному увеличению ширины задиафрагменной области плазменного шнура (SOL) [1]. Измерения, проведенные с помощью Ленгмюровских зондов на токамаке Т-10 [2], показали, что конвективный недиффузионный транспорт играет определяющую роль в переносе частиц поперек магнитного поля. Увеличенный недиффузионный перенос определяется сильной плазменной турбулентностью, имеющей «перемежаемый» характер, и связан с наличием в периферийной плазме структур с повышенной плотностью и их радиальным распространением. Изучение характеристик турбулентности плотности и потенциала периферийной плазмы, зависимости характеристик от других параметров плазмы (плотность, температура), а также корреляции периферийной турбулентности с турбулентностью в основной плазме позволяет делать выводы о роли различных механизмов переноса в токамаке. Измерение величин и структуры турбулентных потоков в периферийной плазме позволяет также точнее моделировать баланс частиц и их удержание.

На токамаке Т-10 характеристики периферийной турбулентности и турбулентные потоки исследовались с помощью подвижных ленгмюровских зондов и зондирования пучком тяжелых ионов [3]. Обе диагностики измеряли абсолютные величины и флуктуации плотности и потенциала плазмы в различных зонах плазменного шнура. Измерение потенциала в близко расположенных точках позволяло получить величины радиальных и полоидальных электрических полей в плазме. Движение плазменных структур («блобов») проявляется во всплесках высокой амплитуды на сигналах измеряемых параметров плазмы. Плазменные структуры движутся в радиальном и полоидальном направлениях. Скорость радиального движения составляет ~1000 м/с. Скорость полоидального движения плазменных структур в несколько раз выше, чем радиального, и совпадает с направлением ионного диамагнитного дрейфа. Было обнаружено, что формирование таких структур усиливается с ростом средней плотности плазмы. В разрядах с дополнительным ЭЦР нагревом на Т-10 наблюдалось возникновение «гигантских» плазменных структур, коррелирующее с ухудшением удержания энергии в центральной плазме. Турбулентный поток, связанный с плазменными структурами, также возрастает с ростом плотности и достигает величины, превышающей 50% от общего радиального турбулентного потока. Измерения, проведенные с помощью электрических зондов, показали, что существует сильная радиальная зависимость радиального турбулентного потока частиц. Сравнение измерений, выполненных ленгмюровскими зондами и пучком тяжелых ионов, показали, что в полоидальном направлении турбулентность и турбулентные потоки также неоднородны. В разрядах с низкой плотностью, в которых перемежаемая турбулентность не выражена, в периферийной плазме проявляют себя другие виды турбулентности: низкочастотная МГД и ГАМ колебания.

Литература

1. Zweben S. J. et al. Plasma Phys. Control. Fusion 49 S1 (2007)
2. Kirnev G. S., Budaev V.P., Grashin S.A. et al. Journal Of Nuclear Materials 337-339 (2005).
3. Melnikov A.V. et al. Nucl. Fusion 53 (2013)