ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ПЕРИФЕРИЙНОЙ ПЛАЗМЕ ОМИЧЕСКОГО И ЭЦРН-РЕЖИМОВ ТОКАМАКА Т-10

1Грашин С.А., 1,3Драбинский М.А., 1,2Мельников А.В., 1,2Сергеев Н.С., 1,3Хабанов Ф.О.

1НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, [Grashin\_SA@nrcki.ru](mailto:Grashin_SA@nrcki.ru)  
2Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", г. Москва, Россия  
3Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Россия

Измерения в SOL, проведенные ранее с помощью электрических зондов Ленгмюра вблизи последней замкнутой магнитной поверхности (LCFS), показывают [1, 2], что аномальный конвективный недиффузионный транспорт играет определяющую роль в переносе частиц поперек магнитного поля. Турбулентные потоки тепла и частиц создают тепловые нагрузки на внутренние элементы конструкции токамака и способны вызывать усиленное разрушение их поверхности.

Для понимания механизмов переноса частиц и тепла необходимо изучение радиальных распределений плотности, температуры, электрического потенциала и электрических полей в плазме. Флуктуации этих параметров определяют потоки тепла и частиц на периферии токамака. В данной работе проведено исследование поведения параметров периферийной плазмы в OH и ECRH режимах работы токамака Т-10 с вольфрамовыми лимитерами. Измерения проводились с помощью зондов Ленгмюра и диагностики зондирования плазмы пучком тяжёлых ионов (ЗППТИ) [3].

Исследовались зависимости параметров плазмы вблизи границы шнура от базовых параметров разряда – средней плотности, тока, магнитного поля. Проведено сравнение этих зависимостей (скейлингов) для режимов Т-10 с вольфрамовыми и углеродными лимитерами. Такие скейлинги позволяют оценивать параметры периферийной плазмы в отсутствие прямых измерений зондами Ленгмюра.

На границе плазменного шнура в ОН режиме температура *T*e *=*30 – 60 эВ, *n*e ~1019 м−3. Величина продольного теплового потока *Q|| =* 0.5 – 1.5 МВт/м2. Эта величина соответствует предполагаемым тепловым нагрузкам в ненапряженных зонах дивертора ИТЭР.

Радиальное электрическое поле на краю шнура достигает величины 10 кВ/м. С ростом плотности величины *Er* и *φ* на периферии смещаются в отрицательную область, что вероятно связанно с изменением характера процессов переноса в этой зоне.

В экспериментах наблюдались сильные флуктуации потенциала и плотности периферийной плазмы, имеющие «перемежаемый» характер. Относительный уровень флуктуаций достигал 50% в омическом режиме. При включении ЭЦР нагрева наблюдалось увеличение уровня флуктуаций плотности в SOL Т-10. Поперечный турбулентный потока частиц достигал величины ~1022 м–2·с–1 и определял поперечный перенос частиц вблизи LCFS. Большие тепловые потоки¸ связанные, по-видимому, с турбулентным переносом привели к значительному разрушению вольфрамовых лимитеров токамака Т-10.

Литература

1. O.E. Garcia et. al., Turbulence and intermittent transport at the boundary of magnetized plasmas. Physics of Plasmas 12, 2005, doi: 10.1063/1.1925617.
2. Kirnev G.S., Budaev V.P., et al. Journal Of Nuclear Materials 337-339 (2005).
3. Мельников А.В., Электрический потенциал в плазме тороидальных установок. Под ред. Лысенко С.Е., М., НИЯУ МИФИ, 2015. — 260 с.