Функция распределения электронов в расширителе открытой ловушки

1,2Сковородин Д.И., 1,2Беклемишев А.Д.

1Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия
2Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Осесимметричные открытые ловушки являются одним из кандидатов для создания термоядерной системы. На их основе может быть создан эффективный источник нейтронов, а при дальнейшем развитии энергетический реактор синтеза [1]. К их достоинствам относятся простота конструкции и возможность удержания плазмы с высоким относительным давлением β ~ 0,6. В современных ловушках определяющую роль в энергобалансе плазмы играют продольные потери, поэтому их исследование требуется для определения перспективы таких систем. Существенную роль может играть электронная теплопроводность плазмы, для подавления которой применяются специальные расширительные секции за пробками ловушки.

При большой степени расширения потока плазмы холодные электроны, эмитированные стенкой, не могут проникнуть в ловушку через магнитную пробку. Поэтому электронная теплопроводность на торец ловушки существенно подавляется, а продольные потери определяются условиями удержания ионов. При этом для заметной доли электронов в расширителе эффективный потенциал имеет форму ямы между магнитной пробкой и дебаевским скачком на плазмоприемнике. Захваченные электроны меняют распределение электрического потенциала: скачок амбиполярного потенциала смещается от стенки в объём расширителя, что благоприятно для термоядерных приложений. Скачек потенциала обычно равен нескольким электронным температурам, что приводит к появлению сильного электрического поля на поверхности металла. В этом случае появляется опасность развития униполярных дуг, которые приводят к ухудшению условий удержания плазмы.

Существующая теория основана на приближенных аналитических оценках [2,3]. Показано, что при большой степени расширения существенная часть амбиполярного скачка переносится от плазмоприемника в объем расширителя. Недавно были представлены предварительные результаты группы TAE (USA) по кинетическому моделированию электронных процессов в расширителе [5]. Ограничения по устойчивости выбранной численной схемы не позволяют исследовать случай большого коэффициента расширения, который интересен для проектов открытых ловушек [1,4].

В данной работе рассматривается влияние рассеяния электронов на продольный профиль плотности и потенциала в расширителе. Считается, что ионы бесстолкновительные, а для электронов вычисляется стационарное решение кинетического уравнения. Кинетическое уравнение интегрируется на сетке при помощи разностной схемы. Самосогласованный потенциал определяется из условия квазинейтральности плазмы.

Работа поддержана грантом РФФИ 16-32-60181.

Литература.

1. A.A. Ivanov, V.V. Prikhodko, Plasma Phys. Control. Fusion, 55, 1 (2013).
2. Конкашбаев И.К., Ландман И.С., Улинич Ф.Р.// ЖЭТФ. 1978. Т. 74. Вып. 3. С. 956.
3. Мирнов В.В., Рютов Д.Д.// Итоги науки и техники: физика плазмы. 1988. Т. 8. C. 77.
4. D.D. Ryutov, Axial Electron Heat Loss From Mirror Devices Revisited// 5th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, Novosibirsk, Russia (July 5, 2004)
5. D.Barnes, S.Gupta, S.Krasheninnikov, A.Necas, S.Putvinski, and P.Yushmanov, Plasma flow and electron losses in the expander divertor// 10th International Conference on
Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, Daejeon, Korea (August 26, 2014).