Влияние рассеяния электронов на плотность плазмы в расширителе

Д.И. Сковородин, А.Д. Беклемишев

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

Осесимметричные открытые ловушки являются одним из кандидатов для создания энергетического термоядерного реактора либо нейтронного источника [1,2]. К их достоинствам относятся простота конструкции и возможность удержания плазмы с высоким β ~ 0,6. В современных ловушках определяющую роль в энергобалансе плазмы (и балансе количества частиц) играют продольные потери, поэтому их исследование требуется для определения перспективы таких систем.

Так как в открытой ловушке силовые линии магнитного поля оканчиваются на материальной поверхности, важно определить режим потерь по электронному каналу. Для их подавления может служить расширитель за пробкой ловушки, в котором магнитные силовые линии расходятся от оси. Плотность плазмы, вытекающей вдоль расширяющейся силовой трубки, падает по мере удаления от пробки. Сильное падение плотности плазмы в расширителе приводит к образованию потенциального барьера для электронов. Величина барьера устанавливается самосогласованным образом так, чтобы обеспечить амбиполярность потерь. Из-за этого большая часть электронов, проникших за магнитную пробку, возвращается в ловушку электрическим полем, и только небольшая доля надтепловых электронов достигает стенки. При степени расширения поля больше 40 холодные электроны, эмитированные стенкой, также не попадают в магнитную пробку из-за горба потенциала Юшманова. Поэтому электронная теплопроводность на торец ловушки существенно подавляется, а продольные потери определяются условиями удержания ионов. Энергия, уносимая одной ион-электронной парой, оказывается примерно равной 8 электронным температурам [3].

Для заметной доли электронов в расширителе эффективный потенциал имеет форму ямы между магнитной пробкой и потенциальным барьером. Наличие таких захваченных электронов очень важно, поскольку оно меняет распределение электрического потенциала в расширителе. Скачок амбиполярного потенциала смещается от стенки в объём расширителя [4], и в результате снижается вероятность образования униполярных дуг на поверхности плазмоприёмника. Функция распределения захваченных электронов устанавливается за счет кулоновского либо аномального [3,4] рассеяния за счет «трения» с электронами, вылетающими из ловушки и вторичными электронами. 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. Используется модельный столкновительный член в форме интеграла Ландау с максвелловскими потенциалами Розенблюта-Трубникова. Кинетическое уравнение интегрируется на сетке при помощи разностной схемы. Самосогласованный потенциал определяется из условия квазинейтральности плазмы.

Литература

1. A.D. Beklemishev, Fusion Science and Technology, 63 (1T), 46 (2013).
2. A.A. Ivanov, V.V. Prikhodko, Plasma Phys. Control. Fusion, 55, 1 (2013).
3. Конкашбаев И.К., Ландман И.С., Улинич Ф.Р.// ЖЭТФ. 1978. Т. 74. Вып. 3. С. 956.
4. Мирнов В.В., Рютов Д.Д.// Итоги науки и техники: физика плазмы. 1988. Т. 8. C. 77.