гибридная численная модель диамагнитного удержания плазмы в осесимметричной открытой ловушке

1Вшивков В.А., 1Дудникова Г.И., 2Черноштанов И.С.

1Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
 Новосибирск, Россия
2Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия,
 I.S.Chernoshtanov@inp.nsk.su

Недавно предложенный режим диамагнитного удержания плазмы [1] в случае успешной экспериментальной реализации дает возможность радикального улучшения параметров плазмы в линейных магнитных системах для термоядерного синтеза. Из-за диамагнетизма магнитное поле полностью вытесняется из занятой плазмой области, что значительно увеличивает эффективное пробочное отношение ловушки и радикально увеличивает время удержания частиц и энергии [1].

В настоящее построены аналитические и численные модели, описывающие равновесное состояние плазмы в диамагнитной ловушке в МГД-приближении для одномерного [1] и двумерного [2] случаев. Показано, что в режиме диамагнитного удержания в ловушке формируется область, занятая плотной плазмой, из которой полностью вытеснено магнитное поле (диамагнитный «пузырь»). Ширина переходного слоя на границе «пузыря» и время удержания вещества и энергии обратно пропорциональны скорости диффузии магнитного поля в плазму, определяемой проводимостью плазмы.

При термоядерных параметрах плазмы длина свободного пробега ионов велика по сравнению с длиной ловушки. Более того, ларморовский радиус ионов превышает ширину найденного в МГД-приближении переходного слоя «пузыря». Таким образом, для описания динамики ионов существенными становятся кинетические эффекты и необходимы модели, основанные на уравнении Власова. Ввиду сложности системы аналитические методы малоприменимы и требуется создание численных моделей, адекватных исследуемым процессам.

В докладе представлена двумерная аксиально-симметричная гибридная численная модель формирования диамагнитного «пузыря» в пробкотроне, основанная на кинетическом приближении для ионной компоненты плазмы и МГД приближении для электронов. Для решения уравнений Власова используется авторская модификация метода частиц в ячейках [3]. Обсуждаются вопросы точности и сходимости созданных алгоритмов и возможности их реализации на вычислительных комплексах современной архитектуры. Получены предварительные результаты зависимости динамики течения плазмы в диамагнитном режиме открытых ловушек от параметров плазмы и магнитной системы.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 18-29-21025 мк.

Литература

1. A.D. Beklemishev. Physics of Plasmas. 2016. 23, p. 082506.
2. M.S. Khristo and A.D. Beklemishev. Plasma and Fusion Research: Regular Articles. 2018. 14, submitted for publication
3. Ю.А. Березин, Г.И. Дудникова, Т.В. Лисейкина, М.П. Федорук. Моделирование нестационарных плазменных процессов. Новосибирск: ИПЦ НГУ 2018 - 486 с.