Магнитные острова и удержание заряженных частиц в токамаке

О.И. Подтурова, В.И. Ильгисонис, Е.А. Сорокина

НИЦ “Курчатовский институт”, Москва, Россия, Podturova\_OI@nrcki.ru
Российский университет дружбы народов, Москва, Россия, olga\_podturova@list.ru

Исследованы траектории движения заряженных частиц в магнитной конфигурации токамака с магнитными островами. Траектории частиц рассчитаны численно c использованием трёхмерного авторского численного кода. Поскольку предметом анализа являлись различные траектории всех возможных типов, характерных для токамака, то интегрировались точные уравнения движения без ограничений на величину ларморовского радиуса и других параметров орбиты, связанных с использованием дрейфового приближения. Использовался симплектический интегратор по методу Гаусса шестого порядка. Островная магнитная конфигурация задавалась аналитически с использованием ранее предложенного универсального гамильтонова описания магнитных полей произвольной топологии [1]. Данное описание обобщает традиционное потоковое представление магнитного поля и также гарантирует точное выполнение условия соленоидальности даже в отсутствии осевой симметрии. Цепочка магнитных островов формировалась при расщеплении рациональной магнитной поверхности базовой магнитной конфигурации со вложенными магнитными поверхностями под воздействием малого резонансного возмущения. Дополнительное возмущение с иной заходностью и еще более низкой амплитудой вызывало частичную эргодизацию силовых линий магнитного поля в окрестности Х-точек цепочки островов. Показано качественное отличие влияния островной структуры магнитного поля на траектории запертых и пролетных частиц. Запертая частица практически не «чувствует» границ острова и описывает типичную «банановую» траекторию вне зависимости от соотношения ширины банана и ширины острова – эффект, ранее обнаруженный для объемной эргодической области [2]. Траектория пролётной частицы, в зависимости от того, стартует она внутри или вне острова, напротив, может быть ограничена его пределами. Проанализирована возможность захвата частицы островом и локализации в присепаратрисной области в зависимости от энергии частицы и величины питч-угла. Показано, что значение магнитного шира в острове влияет лишь на скорость «размешивания» пролетных частиц в полоидальном сечении, но не на радиальную локализацию траекторий.

Работа частично поддержана грантом № 13-02-00645 Российского фонда фундаментальных исследований и грантом № 3328.2014.2 Президента Российской Федерации поддержки ведущих научных школ Российской Федерации.

Литература.

1. В.И. Ильгисонис, А.А. Сковорода, ЖЭТФ, 2010, т.137(5), с.1018-1030
2. О.И. Подтурова, А.А. Сковорода, Е.А. Сорокина, В.И. Ильгисонис. XLI Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, 2014, Звенигород. М.: ПЛАЗМАИОФАН, с. 95