ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНАЛЬНЫХ ПОТОКОВ В ТОКАМАКах ГЛОБУС-М и ТУМАН‑3М

Л.Г. Аскинази\*, В.В. Буланин, В.К. Гусев\*, С.В. Лебедев\*, В.Б. Минаев\*, А.В. Петров, Ю.В. Петров\*, Н.В. Сахаров\*, С.Ю. Толстяков\*, А.С. Тукачинский\*, Н.А. Хромов\*, А.Ю. Яшин

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
 г. Санкт‑Петербург, Россия, [V.Bulanin@spbstu.ru](mailto:V.Bulanin@spbstu.ru)  
\*Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург, Россия,  
 [Vasily.Gusev@mail.ioffe.ru](mailto:Vasily.Gusev@mail.ioffe.ru)

В докладе обобщаются результаты исследований зональных потоков в токамаках с различными магнитными конфигурациями и заметно отличающимися аспектными отношениям R/a [1, 2]. Токамак Глобус-М (R = 0,36 м, a = 0,24 м,) имел вытянутую магнитную конфигурацию с дивертором при аспектном отношении R/a = 1,5. Токамак ТУМАН-3М (a = 0,21 м, R = 0,53 м) представляет собой лимитерную тороидальную систему с круглыми магнитными поверхностями и аспектным отношением R/a = 2,52. Основным методом исследований зональных потоков являлась допплеровская рефлектометрия, которая позволяла регистрировать потоки в направлении E × B дрейфа в радиальном электрическом поле в области низких частот и на частотах геодезической акустической моды (ГАМ). На токамаке ТУМАН‑3М использовался двухчастотный рефлектометр, ориентированный на измерения шира скорости вращения плазмы. На токамаке Глобус-М для регистрации ГАМ использовался комплекс диагностик, включающий помимо допплеровской рефлектометрии зондовые методы и регистрацию колебаний излучения на линии Dα. Эксперименты продемонстрировали сходные характеристики развития ГАМ. Колебания скорости на частоте ГАМ наблюдались на периферии разрядов до перехода в Н-моду. Они не развивались вне последней замкнутой магнитной поверхности. К основным результатам, полученным на токамаке ТУМАН-3М следует отнести определение связи колебаний шира скорости вращения на низких частотах с вариациями амплитуды ГАМ. Было обнаружено, что при минимуме шира скорости вращения, который, можно полагать, вызван широм скорости зонального потока, уровень широкополосных турбулентных флуктуаций возрастает. Одновременно возрастает и уровень ГАМ, которая, как известно, возникает в результате нелинейного развития дрейфовых колебаний. Таким образом, развитие ГАМ контролируется широм скорости зонального потока. На токамаке Глобус-М новые результаты были получены при исследовании пространственной структуры ГАМ. Определено, что колебания плотности на частоте ГАМ представляют собой колебания с полоидальным числом m = 0, что не соответствует теоретическим представлениям, в то время, как колебания магнитного поля, возникающие при развитии ГАМ имеют структуру с m = 2, отвечающую данным теории. На обоих токамаках удалось провести бикогерентный анализ сигналов допплеровского рефлектометра, данные которого свидетельствуют о нелинейном характере взаимодействия зональных потоков и плазменной турбулентности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ согласно госзаданию №2014/184, проект 1014 и госзаданию No3.200.2014/K, а также РФФИ, грант № 14-02-00171.

**Литература**

1. Yashin A.Yu., Bulanin V.V., Gusev V.K. et al Nucl. Fusion, 2014, 54, 114015
2. Yashin A.Yu. et al Askinazi L.G., Belorurov A.A. 40th EPS Conf. on Plasma Physics (2013) P2.179