Анализ частотной структуры ГАМ и широкополосных плазменных колебаний в токамаке Т-10

А.В. Мельников, Л.Г. Елисеев, С.Е. Лысенко, М.В. Уфимцев\*

НИЦ «Курчатовский институт» 123182 Москва, Россия, Lysenko\_SE@nrcki.ru
\*ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991Москва, Россия

Геодезические акустические моды (ГАМ) — высокочастотная ветвь зональных потоков, считаются одним из возможных механизмов саморегуляции широкополосной турбулентности [1]. На токамаке Т-10 c плазмой круглого сечения (*B* = 1,5 – 2,5 Тл, *R* = 1,5 м, *a* = 0,3 м) ГАМ исследовались зондированием пучком тяжёлых ионов [2]. Было показано, что частота колебаний потенциала плазмы , вызываемых ГАМ, постоянна по малому радиусу [3]. Таким образом, ГАМ на потенциале проявляют свойства глобальной собственной моды плазменных колебаний. Вместе с этим, частота ГАМ пропорциональна скорости звука, или корню из электронной температуры (в одножидкостном приближении), *f* ~ √(*Tе*), для *Tе* на радиусе ρ = *r*/*a* = 0,75. При учёте влияния ионной температуры ρ = 0,9 [4].

В работе проведен спектральный анализ широкополосных колебаний потенциала и плотности плазмы *n*. Показано, что на периферии плазмы, ρ > 0,8, в спектре колебаний потенциала наряду с узким квазимонохроматическим доминирующим пиком ГАМ с частотой *fGAM* ~ 14 кГц, присутствует заметный пик квазикогерентных колебаний с частотой *fQC* ~ 40 – 100 кГц, имеющий значительную полуширину *fQC* ~ 30 кГц (рис. 1). Этот пик присутствует и в спектре колебаний плотности, измеренных по колебаниям тока пучка зондирующих тяжелых ионов. Биспектральный анализ колебаний потенциала показал наличие статистически значимой авто-бикогерентности на частоте ГАМ для тройки () на периферии, ρ > 0.8. Бикогерентность превышает шумовое значение для широкой области частот вплоть до 250 кГц. Это означает наличие трехволнового взаимодействия между ГАМ и широкополосной турбулентностью. Отметим, что наибольшие значения коэффициента бикогерентности соответствуют квазикогерентному пику частот 70 – 100 кГц, что указывает на обмен энергией колебаний между ним и ГАМ. Значимая бикогерентность на частоте ГАМ наблюдается также для авто-бикогерентности (*n*, *n**n*), но в наибольшей степени — для кросс-бикогерентности (*n**n*), рис. 2. Приведенные данные указывают на то, что причиной, порождающей ГАМ на Т-10, является широкополосная турбулентность.

Работа выполнена за счет Российского научного фонда, проект 14-22-00193.



Рис. 1. Спектры колебаний плотности *n*e и потенциала  Рис. 2. Кросс-бикогрентность потенциала и плотности

Литература

1. Fujisawa A., et al., Nucl. Fusion, 2007, v. 47, p. S718.
2. Melnikov A.V. et al., Problems of Atomic Sci. Tech., ser. Plasma Phys., 2013, №1(83) 30.
3. Мельников А.В. и др., Письма ЖЭТФ (2014) т. 100, с. 633.
4. Melnikov A.V., et al. Nucl. Fusion 55 (2015) 063001.