Глобальная звуковая мода в ловушке с плещущимися ионами

А.Д. Беклемишев, Д.И. Сковородин, К.В. Зайцев

Институт Ядерной Физики СО РАН, Новосибирск, Россия, bekl@bk.ru
Новосибирский Государственный Университет, Новосибирск, Россия

В недавних экспериментах на ГДЛ, как и в более ранних экспериментах на ГОЛ-3 наблюдался новый и интересный класс колебаний. Их модовая структура и частота аналогична звуковой волне запертой в пробкотроне как в резонаторе. Такие моды должны сильно взаимодействовать с баунс-колебаниями ионов и, таким образом, влиять на продольное удержание в зеркальных ловушках. Вероятно, что колебания родственны глобальным акустическим модам (GAM) в токамаках. Однако в случае открытых ловушек трудно согласовать существование этих мод со стандартной теорией волн в плазме. И в ГОЛ-3 и в ГДЛ в соответствующих режимах электронная температура существенно ниже теоретического предела для существования (не только слабости затухания Ландау) ионно-звуковых волн в однородной плазме. Мы рассматриваем различные модели неоднородной анизотропной плазмы высокого давления в зеркальной ловушке в поиске возможного объяснения наблюдаемых колебаний.

Глобальная звуковая мода наблюдалась на ГДЛ по сигналам магнитных датчиков как в стандартных режимах [1] так и в недавних экспериментах с гораздо более высокой электронной температурой и низкой плотностью (с дополнительным ЭЦР нагревом). Структура соответствует звуковой волне с противоположными фазами возмущения давления на противоположных концах пробкотрона, притом, что как правило наблюдается нулевая азимутальная мода. Прямой информации о радиальной структуре моды нет, однако сигналы наблюдаются на внешних (нелокальных) диагностиках, усредняющих возмущение по сечению, так что фазы колебаний хорошо скоррелированы по радиусу. Плазма в ГДЛ – двухкомпонентная, состоит из «тёплой» столкновительной фоновой плазмы и быстрых «плещущихся» ионов со средней энергией около 8 кэВ. Частота моды близка к баунс-частоте быстрых ионов со средней энергией, так что она должна сильно взаимодействовать именно с этой компонентой

Аналогичные моды наблюдались в экспериментах на ГОЛ-3 [2] в сильно отличающихся условиях. Они предположительно рассеивают пролётные ионы в ячейках многопробочной ловушки и, таким образом, значительно снижают продольные потери [3,4]. Это явление играет важную роль в концепции ловушки ГДМЛ [5]. Типичные параметры плазмы в режимах с глобальной звуковой модой находятся в диапазоне от n=1...5x1021м-3, Ti=1...2 кэВ, Te~150 эВ в ГОЛ-3, до n=1...3x1019м-3, Ti~5 кэВ, Te=150...650 эВ в ГДЛ. Частотный спектр колебаний сильно пикирован, частота, по сути, дискретна и слабо меняется в течение разряда. Новое важное свойство колебаний в режимах ГДЛ с дополнительным нагревом – высокая амплитуда. Она в 2-3 раза больше пиковой амплитуды в стандартном режиме, а в среднем превосходит её на порядок. По предварительным оценкам абсолютная амплитуда модуляции давления быстрых ионов вблизи точек остановки составляет порядка 1-2%.

Работа поддержана РНФ, проект 14-12-01007.

Литература.

1. Skovorodin D.I., Zaytsev K.V. and Beklemishev A.D., Phys. Plasmas, 2013, 20, 102123.
2. Arzhannikov A.V., Batrakov A.M., Burdakov A.V., et al., Plasma Physics Reports, 2006, 32, 94.
3. Beklemishev A.D., Fusion Science and Technology, 2007, 51 (2T), 180.
4. Skovorodin D.I., Beklemishev A.D., Fusion Science and Technology, 2013, 63 (1T), 256.
5. Beklemishev A.D., Fusion Science and Technology, 2013, 63 (1T), 46