Условия стабилизации квазижелобковых микронеустойчивостей в источнике нейтронов на основе газодинамической ловушки

1,2Черноштанов И.С., 1,2Котельников И.А., 1,2Приходько В.В.

1Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия,
 I.S.Chernoshtanov@inp.nsk.su
2Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

В качестве одного из возможных термоядерных приложений осесимметричных открытых ловушек в настоящее время рассматриваются генераторы термоядерных нейтронов для материаловедческих приложений, а также для использования в качестве дожигателей радиоактивных отходов и драйверов подкритических ядерных реакторов. Так, с 80-х годов в ИЯФ СО РАН развивается концепция источника нейтронов на основе газодинамической ловушки, в котором путем наклонной инжекции мощных атомарных пучков в мишенную плазму создается популяция высокоэнергичных ионов, производящих термоядерные нейтроны. На установке ГДЛ уже сейчас достигнуты параметры, позволяющие создать источник нейтронов для материаловедческих приложений, при некоторой экстраполяции параметров ГДЛ имеется возможность создания драйвера подкритического реактора [1].

Функция распределения быстрых ионов в рассматриваемом источнике нейтронов будет существенно отличается от максвелловской, а радиус плазмы будет сравним с ларморовским радиусом быстрых ионов. Данные условия могут провоцировать развитие таких микронеустойчивостей, как дрейфово-конусная (Drift-Cyclotron Loss-Cone, DCLC) и двугорбая (Double-Humped, DH) неустойчивости [2]. Развитие обеих неустойчивостей приводит к генерации колебаний с частотой порядка ионной циклотронной, вытянутых вдоль силовых линий магнитного поля и бегущих по азимуту. Эти колебания приводят к аномальному рассеянию ионов и могут существенно влиять на транспорт частиц и энергии из источника. Наиболее распространенный метод стабилизации DCLC неустойчивости – заполнение конуса потерь теплыми ионами – может приводить к возбуждению DH неустойчивости, развивающейся за счет разности средних поперечных скоростей горячих и теплых ионов. Таким образом, при проектировании источника нейтронов на основе газодинамической ловушки возникает задача выбора режимов работы, не только оптимальных с точки зрения генерации нейтронов, но и исключающих возбуждение DCLC и DH неустойчивостей [3].

Настоящая работа посвящена исследованию квазижелобковых микронеустойчивостей в открытой ловушке с наклонной атомарной инжекцией. Параметры генератора нейтронов и функция распределения быстрых ионов выбираются из сравнения с результатами, полученными с использованием численного кода DOL [3]. Дисперсионное соотношение для неустойчивых колебаний найдено в приближении малости длины волны по сравнению с радиусом плазмы [2]. Продемонстрирован стабилизирующий эффект повышения температуры теплых ионов, исследовано влияние изотопного состава плазмы на устойчивость, найдены режимы работы источника нейтронов, благоприятные для стабилизации DCLC либо DH неустойчивостей.

Литература.

1. А.А. Иванов, В.В. Приходько. УФН, 2017, т. 187, вып. 5, с. 547–574
2. M.J. Gerver. Phys. Fluids, 1976, vol. 19, No 10, pp. 1581-1590
3. Д.В. Юров, В. В. Приходько, Ю. А. Цидулко. Физика Плазмы, 2016. Т. 42, № 3. с. 217–233