УСЛОВИя РАСПАДА ДРЕЙФОВой ВОЛНы И ОЦЕНКи ТУРБУЛЕНТНЫХ ФЛУКТУАЦИЙ плазмы

Карбушев Д.Н., Хвесюк В.И.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия, hnoimahi@yandex.ru, khves@power.bmstu.ru

Рассматривается процесс перехода от упорядоченной плазменной волны (здесь имеются в виду ITG волны) к турбулентной структуре подобно рассмотрению на примере перехода от ламинарного течения к турбулентному в жидкости [1]. Такое рассмотрение дополняет существующие теории [2], изучающие отдельно либо динамику неустойчивых дрейфовых волн, либо динамику и корреляцию турбулентных вихрей (колебаний).

Обсуждается наблюдаемый экспериментальный результат [3], где на спектре дрейфового сигнала виден переход двух квазигармоник с определёнными частотами дрейфового диапазона к шумовым спектрам. Данный эксперимент представляется как последовательность из возникновения среди турбулентного шума квазигармонических дрейфовых волн, их роста вследствие неустойчивости, их распада, наблюдаемого в виде срыва сигнала осцилляции, развитой турбулентности в виде шума, существующего конечное время, постепенного затухания турбулентных флуктуаций и возникновения новой подобной череды наблюдаемых явлений.

Вводится условие распада дрейфовых волн [4], заключающееся в растущем (из-за неустойчивости) локальном изменении плотности и температуры плазмы, что приводит к изменению исходных условий возникновения ITG неустойчивости. Согласно [2] ограничение роста амплитуды волны связано с предельным значением энергии, которую плазма может вводить в развитие волны. Согласно [4] ограничение связано с тем, что градиент плотности плазмы на образующей поверхности волны сравнивается с градиентом в плазме, что вызывает нарушение существования волны и её распад. Несмотря на разные предположения работ [2] и [4], оценки граничного значения амплитуды дают одинаковый результат. Отличия в работах [2] и [4] заключаются в том, что в [2] предполагается выход волны на максимальное значение, и далее – существование в таком состоянии неопределённое время, а в [4] – переход в турбулентное состояние. Это позволяет сделать оценки средних значений турбулентных флуктуаций.

Приводятся оценки турбулентных флуктуаций по наблюдениям, полученных в экспериментах с использованием BES технологии [5]. Поскольку после достижения критического значения амплитуды возможен только один вариант дальнейшего развития событий – распад волны, наиболее вероятно, что распад волны означает разделение её на отдельные элементы, линейные размеры которых – порядка полуволны. Тогда вместо волны с нарастающей амплитудой должно возникнуть множество элементарных возмущений, сохраняющих структуру волны в том смысле, что эти возмущения должны располагаться линейно, при этом должны чередоваться возмущения с повышенной и пониженной плотностью плазмы по сравнению со средними, невозмущёнными значениями плотности, и перемещаться со скоростью волны. Именно такая картина наблюдается на графических изображениях, полученных с помощью BES технологии [5].

Литература.

1. Г. Шлихтинг. Возникновение турбулентности. – М.: ИЛ. 1962.
2. W. Horton. Turbulent transport in magnetized plasmas. – World Scientific. 2012.
3. Г.М. Батанов, В.Е. Бенинг, В.Ю. Королев, А.Е. Петров, К.А. Сарксян, Н.Н. Скворцова, Н.К. Харчев // Физика плазмы. 2002. 28(2). C.128-143.
4. V.I. Khvesyuk // J. Fusion Energy. 2012. V. 31. P. 273–278.
5. G.R. McKee et al.// Nucl. Fusion. 2001. V.41(9). 1235.