

ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ПЛАЗМЫ ТОКАМАКА ^{*)}

Вершков В.А., Мельников А.В., Елисеев Л.Г.

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский Институт», Москва, Россия,
nrcki@nrcki.ru*

В докладе дается обзор современного состояния исследований трех основных составляющих спектра турбулентности, имеющих относительно широкие частотные интервалы и размеры более ионного ларморовского радиуса. В последние годы получены новые данные о характеристиках этих флуктуаций. В настоящее время сложилось понимание, что в наблюдаемых спектрах турбулентности можно выделить три основных типа флуктуаций, различающихся по частотному диапазону и корреляционным свойствам. Это широкополосные (Broad Band-BB), квази-когерентные (Quasi-Coherent-QC), и стохастические низкочастотные флуктуации (SLF). Флуктуации BB имеют наиболее широкий частотный диапазон от 0 до 200-400 кГц и дают основной вклад в полную амплитуду флуктуаций. Характерные размеры BB близки к предсказываемым теорией для неустойчивостей Ion Temperature Gradient (ITG) и Trapped Electron Mode (TEM). BB - наименее коррелированные флуктуации, их типичная радиальная и полоидальная корреляционные длины составляют около 1 см, длина корреляции вдоль магнитно-силовой линии < 2 метров. Квази-когерентные флуктуации (QC) проявляются в виде локальных максимумов на частотных спектрах, однако наиболее отчетливо они видны на спектрах когерентности, поскольку они имеют радиальные и полоидальные корреляционные длины, существенно большие, чем BB. Для QC наблюдались корреляции вдоль магнитно-силовой линии на длине до 10 м. На T-10 наблюдались два типа таких флуктуаций: низкочастотные – LFQC и высокочастотные – HFQC. Характерные полоидальные размеры и зависимости от параметров разряда в экспериментах на T-10 позволили предположить, что LFQC и HFQC являются проявлениями ITG и TEM соответственно. Полоидальное вращение QC совпадает с дрейфовым [ExB] вращением по величине и направлению. В докладе показана связь характеристик этих мод с параметрами разряда. В настоящее время по результатам зарубежных токамаков сложилось мнение, что существует только один тип QC, наблюдающийся при низкой плотности плазмы и он определяется неустойчивостью TEM. Для устранения этого противоречия необходимы дополнительные исследования. На T-10 с помощью диагностики пучком тяжелых ионов и на DIII-D с помощью диагностики фарадеевского вращения плоскости поляризации показано наличие магнитной составляющей у QC. Гирокинетическое моделирование этих экспериментов показало, что свойства QC близки к микро-тиринг моде (MTM). Дополнительным свидетельством MTM характера QC является сильная зависимость их спектров от профиля тока на T-10 и FTU и дискретная модовая структура, обнаруженная в корреляциях вдоль силовой линии в экспериментах на TEXTOR. Стохастические низкочастотные флуктуации (SLF), возбуждаемые в диапазоне от 0 до 50 кГц, наименее исследованы. Тем не менее, на T-10 было обнаружено, что SLF имеют целый ряд характерных особенностей. Так, на стороне слабого магнитного поля эти флуктуации могут вращаться в сторону, противоположную QC. SLF некоррелированы вдоль магнитной силовой линии на LFS, но коррелированы на HFS. В последних экспериментах на DIII-D путем сравнения спектров в L, I и H режимах было показано, что флуктуации в области SLF (до 70 кГц) могут быть связаны с переносом частиц. В докладе приведены новые данные о характеристиках SLF на T-10.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)