Особенности переноса в ряде нестационарных процессов в токамаке Т-10

С.В. Неудачин

НИЦ «Курчатовский институт», Moсква, РФ, neudatchin@nfi.kiae.ru

Проведен анализ переноса плотности при пилообразных колебаниях в различных режимах с Ip до 300 кА, Bz =2.3-2.5 T, ne(0) до 5 1019/m3), ранее исследованный лишь в одном омическом режиме Т-10 [1]. И в омических режимах, и при центральном ЭЦРН с небольшой мощностью, и при ЭЦР-генерации тока с целью подавления колебаний (период достигал 30 мс), скорость пинчевания частиц Vp в центральной части шнура близка к неоклассической (0.05-0.1 м/c при r/a=+/- 0.2 и направлена внутрь),как и в работе [1]. А вот при мощности ЭЦРН превышающей ~1.5 МвТ нами часто наблюдаются пилообразные колебания плотности, выглядящие как колебания с обратной фазой (подскок в моменг внутреннего срыва на хордах интерферометра с r/a = +/- 0.13 и спад на при r/a = +/- 0.4. Это означает немонотонность профилей ne и появление направленной наружу скорости пинчевания [2].

Роль низкорациональых поверхностей q=1, 1.5, … в формировании внутреннего транспортного барьера (ВТБ) исследована в ряде экспериментов Т-10. Формирование ВТБ в Т-10 наблюдалось как понижение χe на фронте тепловой волны в области q≈1 (при включении центрального ЭЦРН на фоне плазмы с подавленными пилообразными колебаниями сформированной нецентральным ЭЦРН) при нагреве как на 1-й [3] так и на 2-й гармониках [4] ЭЦР. Нелокальное уменьшение χe в центральной части шнура обнаружено при появлении (или приближении) поверхности q=1 [5]. Улучшенное удержание примесей около q=1 в омических режимах отмечено в [6]. Существование ВТБ на q= 1.5, 2 отмечено в режиме улучшенного удержания после инжекции больших пеллет [7]. А вот о существовании ВТБ в стационарной фазе ЭЦРН мнения авторов расходятся [8-9]. Для изучения ВТБ сейчас проводится эксперименты с программируемом сдвигом плазменного шнура. Сдвиг на 6 см (20% малого радиуса) был проведен за 60 мс, полная пространственная ширина приема детекторов ЭЦ-излучения определена экспериментально и составляет около 1 см. Основная задача – изучить ВТБ сравнимой или большей ширины при ЭЦРН.

При почти подавленных пилообразных колебаниях с периодом более 30 мс наблюдается новый эффект (и при нецентральной ЭЦР-генерации тока и при прямом вводе нецентрального ЭЦРН). Вызванный колебанием выброс тепла не распадается в зоне r/a≈ 0.4 в течении 10-15 мс. Распространение импульса тепла наружу отсутствует. Мы интерпретируем это как понижение χe при росте gradTe/Te в узкой зоне шириной в 2-3 см. Величина χe становится примерно в 2.5 раза меньше чем положено по скейлингу L-моды. Планируется проведение экспериментов с рефлектометрическими измерениями свойств турбулентности в этой зоне. Автор выражает благодарность Ю. Д. Павлову за проведение экспериментов, а Д. А. Кислову и Н. А. Кирневой за полезные дискуссии.

Литература

1. Dnestrovskij Yu.N., Neudachin S.V., Pereverzev G.V. Sov. J. Plasma Physics 1984 p 236
2. Neudatchin S.V. et al 2012 39th EPS Conf. on Contr. Fus. and Pl. Phys. (Stokholm) v.2, p 68
3. Bagdasarov A A, Vasin N L, Neudatchin S V and Savrukhin P V 1991 Pl. Phys. and Control Nucl. Fus. Res. (Proc. 15th Int. Conf., Washington, 1990) vol 1 (Vienna: IAEA) p 253
4. Neudatchin S V., Kislov A. Ya, Krupin V. A. et al 2003 Nucl. Fusion 43 1405
5. Neudatchin S., Inagaki S., Itoh K., Kislov A., et al 2004 J. Plasma and Fus. Res. Series 6 134
6. Бугаря В.И. и др 1983 Физика Плазмы т 9 вып 5 стр 914
7. Pavlov Yu.D.,et al 2006 Proc. 21st IAEA Fusion Energy Conf. (Chengdo, 2006) EX/P3-11
8. Razumova K A et al 2000 Plasma Phys. Control. Fusion 42 943
9. Kirneva N A et al 2000 27th EPS Conf. on Cont. Fus. and Pl. Phys. (Budapest, 2000) P2.031