Особенности ЛокальныХ и нелокальныХ процессов формирования внутренних транспортных барьеров около поверхности q = 1 в токамаках

Неудачин С.В., Шелухин Д.А., Мустафин Н.А.

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Роль низкорациональных поверхностей q в формировании внутреннего транспортного барьера (ВТБ) показана на многих машинах ранее. Формирование ВТБ в Т-10 наблюдалось 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 [1] так и на 2-й гармониках [2] ЭЦР. Внезапное и нелокальное (внутри 30 – 40% r/a) уменьшение теплопроводности (ITB-event или BTБ-событие) было обнаружено в различных режимах JT-60U но исключительная роль qmin = 2,5, 3, 3,5, 4 видна лишь при небольшой мощности дополнительного нагрева [3]. Приведенная в данном докладе наша интерпретация экспериментов D-III-D со слабым обратным широм [4] приводит к появлению очень широкого ВТБ-события (0 < r/a < 0,8) при qmin = 2 и при qmin = 1,25.

Нелокальное уменьшение χe в центральной части шнура (0<r/a<0.3-0.4) обнаружено при появлении (или приближении) поверхности q = 1 в T-10 [5 – 6] после полного или частичного отключения нецентрального ЭЦРН. В пределах ошибок расчетов возможно появление зоны слабого отрицательного шира. Уменьшение χe в узкой зоне центральной части шнура отмечено после пилообразных колебаний при контр и ко-генерации ЭЦ-тока [7 – 8]. ВТБ-событие обнаружено при отключении газонапуска в Омических режимах T-10 и наблюдается как одновременное появление роста Te в зоне 0,2 < r/a < 0,5, то есть вокруг поверхности q = 1. В отличие от ВТБ при ЭЦРН описанного выше, в данном случае начинается накопление примесей. В докладе обсуждается противоречивые теоретические представления о влиянии поверхностей q = 1, 1,5, 2… на формирование ВТБ.

Недавно описан новый тип ВТБ, вызываемого почти подавленными нецентральным ЭЦРН и ЭЦ-генерацией тока пилообразными колебаниями [9]. В данном докладе описана эволюция переноса и турбулентности (спектров по к-перпендикулярному) при появлении и последующем разрушении данного ВТБ. В разных сериях разрядов продемонстрировано, что при узкой зоне генерации тока (полуширина 1 см вычислялась кодом ASTRA/OGRAY) ВТБ создается лишь при генерации тока в узкой пространственной зоне шнура (тоже 1 см или r/a = 3%). Это совпадает с зоной самого эффективного подавления пилообразных колебаний при ЭЦ-токе генерируемом слегка за q = 1 [10]. Возможно, исключительность данной зоны связана с предсказываемой теоретиками области с повышенным широм Er на краю острова q = 1 [10]. Авторы планируют получить и новые данные в текущей кампании Т-10 2016-2017 гг.

Литература

1. 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
2. Neudatchin S.V., Kislov A.Ya, Krupin V.A. et al 2003 Nucl. Fusion **43** 1405
3. Neudatchin S.V., Takizuka T., et al. 2004 Nucl. Fusion 44 p. 945-953
4. M.E. Austin. U. Texas 1999 DIII–D TECHNICAL BULLETIN A23064
5. Neudatchin S., Inagaki S., Itoh K., Kislov A. et al 2004 J. Plasma and Fus. Res. Series 6 134
6. Neudatchin S.V.,et al 2006 Proc. 21st IAEA Fusion Energy Conf. (Chengdo, 2006) EX/P1-8
7. Kislov D.A., et al., 1995 22th EPS Conf. on Cont. Fus. and Pl. Phys. Bournemouth P.1 p392
8. Kirneva N.A. et al 2000 27th EPS Conf. on Cont. Fus. and Pl. Phys. (Budapest, 2000) P2.031
9. [9] Neudatchin S.V., Shelukhin D.A. et al Proc. 25th IAEA Fus. En. Conf. (St-Petersburg, 2014) EX/P1-43 [10] Kislov D.A. et al 2007 Nucl. Fusion **47** S590
10. Kaveeva E. and Rozhansky V. 2003 30th EPS Conf. on Contr. Fus. and Pl Ph. (St Petersburg) P-3.150