Потери быстрых ионов, вызванные тороидальными альфвеновскими модами в сферическом токамаке Глобус-м2 [[1]](#footnote-1)\*)

Балаченков И.М., Бахарев Н.Н., Варфоломеев В.И., Гусев В.К., Ильясова М.В., Курскиев Г.С., Минаев В.Б., Патров М.И., Петров Ю.В., Сахаров Н.В., Скрекель О.М., Тельнова А.Ю., Тюхменева Е.А., Хилькевич Е.М., Шевелев А.Е., Щеголев П.Б.

ФТИ им. Иоффе, г. Санкт-Петербург, Россия, [balachenkov@mail.ioffe.ru](mailto:balachenkov@mail.ioffe.ru)

Тороидальные альфвеновские моды (TAE) оказывают влияние на удержание быстрых ионов в токамаках, так как возбуждение TAE обычно происходит за счет резонанса с быстрыми ионами со скоростями порядка альфвеновской, в областях пространства, где в тороидальной геометрии происходит перезамыкание ветвей альфвеновского континуума для соседних полоидальных гармоник [1]. Потери, связанные с распространением TAE, оказываются достаточно высоки: так, в работе [2] на установке DIII-D сообщается о потерях до 70% инжектированных в плазму ионов. В сферических токамаках именно TAE являются наиболее опасными из альфвеновских неустойчивостей, так как на ширину частотного зазора, в котором могут существовать TAE влияет аспектное отношение токамака [3], вследствие чего эта неустойчивость наблюдалась практически на всех сферических токамаках, и также приводила к потерям.

При этом, достаточно важной является задача предсказания потерь в тех или иных режимах работы токамака. Для этого исследовалась зависимость потерь быстрых ионов от амплитуды возмущения, от тока по плазме и тороидального магнитного поля. Потери оценивались по данным различных диагностик: анализатора атомов перезарядки (NPA), нейтронного спектрометра, и широкополосного SPDболометра, а также быстродействующей матрицы SPD-фотодиодов. Ранее, по данным диагностики NPA была получена [4] регрессионная зависимость величины кратковременного снижения интенсивности сигнала анализатора во время отдельных вспышек TAE в токамаке Глобус-М2 [5]. Показана достаточно сильная зависимость величины от тока по плазме в степени порядка ,   
и слабая зависимость от магнитного поля. Полученная зависимость от амплитуды возмущения в степени порядка не объясняет характер потерь, главным образом по причине того, что изменение сигнала NPA не свидетельствует об окончательных потерях частиц, а только об их перераспределении в фазовом пространстве. Для исследования величины потерь от амплитуды возмущения использовались данные широкополосного SPD болометра, регистрирующего в том числе отдельные частицы. Полученная зависимость имеет линейный характер, что свидетельствует [6] о преимущественно когерентном характере потерь. Это также подтверждается присутствием ярко выраженной гармоники на частоте альфвеновской моды на спектрах некоторых сигналов быстродействующей матрицы SPD-фотодиодов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (проект № 21-72-20007).

Литература

1. W.W. Heidbrink., Phys. Plasmas **15**, 055501 (2008).
2. H.H. Duong et al., Nucl. Fusion **33**, 749 (1993)
3. N.F. Cramer, in The Physics of Alfven Waves (Willey-VCH, Weinheim, 2001), p. 201.
4. И.М. Балаченков, Н.Н. Бахарев, В.И. Варфоломеев, В.К. Гусев, М.В. Ильясова, Г.С. Курскиев, В.Б. Минаев, М.И. Патров, Ю.В. Петров, Н.В. Сахаров, О.М. Скрекель, А.Ю. Тельнова, Е.М. Хилькевич, А.Е. Шевелев, П.Б. Щеголев // ЖТФ **92**, №1, 45 (2022).
5. V.B. Minaev et al., Nucl. Fusion **57**, 066047 (2017).
6. M. García-Muñoz et al., Nucl. Fusion 50, 084004 (2010).

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLIX/Mu/en/AX-Balachenkov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)