

DOI: 10.34854/ISPAF.51.2024.1.1.045

НЕЛИНЕЙНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОТИРИНГОВОЙ МОДЫ В СФЕРИЧЕСКОМ ТОКАМАКЕ ГЛОБУС-М

^{1,2}Киселев Е.О., ¹Бахарев Н.Н., ¹Варфоломеев В.И., ¹Гусев В.К., ¹Курскиев Г.С.,
¹Мицаев В.Б., ¹Мирошников И.В., ¹Патров М.И., ¹Петров Ю.В., ²Пономаренко А.М.,
¹Сахаров Н.В., ¹Солоха В.В., ¹Тельнова А.Ю., ¹Теплова Н.В., ¹Токарев В.А.,
¹Тюхменева Е.А., ¹Хромов Н.А., ¹Щеголев П.Б., ^{1,2}Яшин А.Ю.

¹ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия, post@mail.ioffe.ru

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия, office@spbstu.ru

Одной из причин аномального переноса в плазме токамаков являются развивающиеся в ней различные микронеустойчивости, вызывающие потери тепла и частиц, а также приводящие к увеличению теплопроводности и уменьшению времени удержания энергии. Для экспериментального изучения термоизоляции плазмы проводятся исследования зависимости времени удержания энергии τ_E от различных параметров плазмы, таких как: тороидальное бета β_T , нормализованный ларморовский радиус ρ^* , столкновительность ν^* , аспектное отношение A , вытянутость k и другие. В ходе этих исследований было обнаружено, что зависимость τ_E от столкновительности и от тороидального магнитного поля B_T в сферических токамаках проявляется сильнее, чем в классических (для сферических токамаков $MAST B_T \tau_E \propto \nu^{*-0.82}$ [1], $NSTX B_T \tau_E \propto \nu^{*-0.97}$ [2] и Глобус-М2 $B_T \tau_E \propto \nu^{*-1}$ [3], в то время как для токамаков с большим аспектным отношений зависимость слабее $B_T \tau_E \propto \nu^{*-0.01}$ [4]).

Сильная зависимость времени удержания энергии от столкновительности может говорить о снижении потерь тепла при уменьшении ν^* . Возможным объяснением данного явления может быть снижение активности микронеустойчивостей, например, микротиринговой моды (МТМ), создающей магнитное перезамыкание на масштабе ионного ларморовского радиуса. В результате gyrokinетического моделирования в плазме с улучшенным удержанием на сферических токамаках $NSTX$ [2][5], $MAST$ [1] и Глобус-М [6] было обнаружено, что МТМ нестабильна и, действительно, ее активность снижается при уменьшении ν^* .

Данная работа посвящена нелинейному моделированию микротиринговой неустойчивости с помощью кода GENE [7]. Исследования проводились в центральной области плазмы компактного сферического токамака Глобус-М [8] (большой радиус $R = 0.36$ м, малый радиус $a = 0.24$ м, аспектное отношение $A=1.5$, ток плазмы I_p до 200 кА, тороидальное магнитное поле B_T до 0.4 Тл). Получено, что поток тепла, связанный с флуктуациями электромагнитного поля, сравним с потоком тепла, полученным с помощью транспортных вычисления кодами $ASTRA$ [9] и $NUBEAM$ [10].

Приводятся также анализ результатов полноволнового моделирования возможного сигнала обратного доплеровского рефлектометра, рассеянного на флуктуациях плотности плазмы микротиринговой моды, полученного кодом $IPF-FD3D$ [11].

Эксперименты проведены на УНУ "Сферический токамак Глобус-М", входящей в состав ФЦКП "Материаловедение и диагностика в передовых технологиях". В рамках выполнения гос. задания осуществлена подготовка нагревных (тема 0034-2021-0001) и диагностических систем (0040-2019-0023) токамака.

Литература

- [1]. Valovic M et al 2011 Nucl. Fusion 51 073045
- [2]. Kaye S M et al 2013 Nucl. Fusion 53 063005
- [3]. G.S. Kurskiev et al 2022 Nucl. Fusion 62 016011
- [4]. ITER Physics Basis 1999 Nucl. Fusion 39 217
- [5]. Guttenfelder W 2012 Physics of Plasmas 19 022506
- [6]. Kiselev E O et al 2018 EPS P1.1104
- [7]. Dannert T and Jenko F 2005 Phys. Plasmas 12 072309
- [8]. Gusev V.K et al. 2013. Nucl. Fusion 53 093013
- [9]. Pereverzev G and Yushmanov P N 2002 Max-Planck IPP report 5/98
- [10]. Pankin A, et al // Computer Phys. Communications. 2004. V. 159. P. 157.
- [11]. Lechte C et al 2017 Plasma Phys. Control. Fusion 59 075006