

ИНТЕГРАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА МОМЕНТА ВРАЩЕНИЯ ПЛАЗМЫ В СФЕРИЧЕСКОМ ТОКАМАКЕ ГЛОБУС-М2 ^{*)}

^{1,2}Зенкова О.А., ^{1,2}Киселев Е.О., ¹Балаченков И.М., ¹Бахарев Н.Н., ¹Варфоломеев В.И.,
¹Гусев В.К., ¹Жильцов Н.С., ¹Курские Г.С., ¹Минаев В.Б., ¹Мирошников И.В.,
¹Патров М.И., ¹Петров Ю.В., ¹Сахаров Н.В., ¹Скрекель О.М., ¹Солоха В.В.,
¹Тельнова А.Ю., ¹Ткаченко Е.Е., ¹Токарев В.А., ¹Толстяков С.Ю., ¹Тюхменева Е.А.,
¹Хромов Н.А., ¹Щеголев П.Б.

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

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

В экспериментах на сферическом токамаке Глобус-М2 (большой радиус $R=0.36$ м, малый радиус $a=0.24$ м, аспектное отношение $R/a\sim 1.5$ и вытянутость $k\sim 1.8-2$) при нагреве плазмы с помощью 2 инжекторов высокоэнергичных атомов был получен режим с горячими ионами [3], в котором диагностикой CXRS [1, 2] (активная спектроскопия перезарядки) были зафиксированы скорости тороидального вращения плазмы до 190 км/с.

Исследование переноса момента вращения требует комплексного подхода, включающего решение транспортного уравнения, с заданным коэффициентом переноса момента вращения, правая часть которого содержит внешний крутящий момент от инжекции нейтральных частиц. Для вычисления последнего, используется Монте-Карло код NUBEAM [4], который рассчитывает траектории движения быстрых частиц в токамаке.

В процессе моделирования выяснилось, что скорость тороидального вращения и радиальное электрическое поле могут оказать заметное влияние на функцию распределения быстрых частиц, а также на нейтронный поток. В связи с этим потребовалась разработка программы, позволяющей совместно решать транспортные уравнения и рассчитывать процесс замедления быстрых ионов.

Доклад посвящен результатам применения объединенных кодов ASTRA [5] и NUBEAM для исследования переноса момента вращения плазмы на сферическом токамаке Глобус-М2 в 2 разрядах: #42155, характеризуемый низкой скоростью вращения плазмы (до 10 км/с) и одним инжектором, а также разряд в режиме с горячими ионами #41585 с инжекцией 2 пучками и скоростью вращения до 190 км/с.

Получено, что совместное решение 2 кодов сходится, заметное влияние на скорость вращения плазмы оказывает крутящий момент от столкновений с быстрыми частицами, а также от взаимодействия тока быстрых частиц и магнитного поля. Нейтронный поток при неучете скорости вращения плазмы может быть недооценен на 15%.

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]. Avdeeva G F et al J. Phys.: Conf. Ser. 666 012002 (2016)
- [2]. М.М. Larionova et al J. Phys.: Conf. Ser. 1400 077018 (2019)
- [3]. Курские Г.С., et al, Физика плазмы. Т. 49. № 4. С. 305-321 (2023)
- [4]. Pankin A., McCune D., Andre R., Bateman G., Kritz A. Comput. Phys. Commun T. 159 № 3 С.157-184. (2004)
- [5]. Pereverzev, G. and Yushmanov, P.N. Preprint IPP 2/98 (2002)

^{*)} DOI – тезисы на английском