инжекция нейтрального пучка для нагрева и генерации токов в сферическом токамаке Глобус-М, Глобус-м2

Щёголев П.Б., Минаев В.Б., Тельнова А.Ю., Бахарев Н.Н., 1Гончаров П.Р., Гусев В.К., Курскиев Г.С., Патров М.И., Петров Ю.В., Сахаров Н.В., Толстяков С.Ю.

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург, Россия,   
 [peter\_shchegolev@mail.ioffe.ru](mailto:peter_shchegolev@mail.ioffe.ru)  
1Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого,  
 г. Санкт-Петербург, Россия

Инжекция нейтрального пучка — принципиальный метод для нагрева плазмы и генерации тока в токамаке-реакторе, поскольку она обеспечивает возможность его стационарной работы. Инжекция пучка атомов особенно важна в компактных термоядерных источниках нейтронов на основе сферического токамака из-за ограниченного числа методов дополнительного нагрева, применимых в условиях высокой плотности и относительно низкого магнитного поля. Следовательно, одной из основных целей экспериментов на токамаках Глобус-М, Глобус-М2 является исследование и демонстрация эффективного нагрева плазмы и генерации токов увлечения пучком атомов.

Сферический токамак Глобус-М [1] оборудован инжектором нейтральных частиц, способным доставлять в плазму дейтериевый/водородный пучок атомов мощностью 1 МВт с энергией до 30 кэВ [2]. В последнее время на установке достигнут определенный прогресс в исследованиях нагрева плазмы и генерации тока пучком атомов [3]. Эксперименты проводили в плазме токамака при тороидальном магнитном поле Btor = 0,4 Tл, в диапазоне токов плазмы Ip = 0,17 – 0,23 MA, прицельный параметр инжекции составлял 32 см. Водород и дейтерий использовались в качестве рабочего газа для плазмы-мишени и инжектируемого пучка.

Обсуждается программа модернизации комплекса нейтральной инжекции токамака Глобус-М2, которая включает в себя модернизацию существующего нейтрального инжектора, ввод в строй его нового ионного источника с энергией частиц до 40 кэВ и установку второго инжектора, который обеспечит дополнительный пучок водорода/дейтерия мощностью 1 МВт с энергией до 50 кэВ. Выполнен анализ геометрии инжекции второго пучка атомов, и выбрана оптимальная схема экспериментов. Для моделирования потерь быстрых частиц использовали трехмерный алгоритм [4], в то время как численные расчеты основных параметров плазмы для разрядов Глобус-М2 (Btor ≤ 1 Tл, Ip ≤ 0,5 MA) выполняли с помощью кода ASTRA [5]. Кроме этого, представлены первые результаты выполненного для токамака Глобус-М моделирования радиальных профилей плотности тока быстрых ионов на основе работы [6] с учётом экранирующего эффекта электронов плазмы.

В заключении приводятся результаты предсказательного моделирования параметров разряда токамака Глобус-М2 с инжекцией двух пучков атомов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-32-00454 мол\_а.

Литература

1. Гусев В.К., Голант В.Е., Гусаков Е.З. и др., ЖТФ, т.69 (1999) № 9, стр. 58-62
2. Гусев В. К., Деч А.В., Есипов Л.А. и др., ЖТФ, т.77 (2007) № 9, стр. 28-43
3. Щёголев П.Б., Бахарев Н.Н., Гусев В.К. и др., ЖТФ, т.85 (2015) № 9, стр. 62-66
4. Bakharev N.N., Chernyshev F.V., [Goncharov P.R.](http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004324221&amp;eid=2-s2.0-84948614421), et al., [Nuclear Fusion](http://www.scopus.com/source/sourceInfo.uri?sourceId=29066&origin=recordpage), 55 (2015) 043023
5. Pereversev G.V., Yushmanov P.N., (2002), IPP, 5/98, Garching, Germany
6. Goncharov P.R., Kuteev B.V., Sergeev V.Yu., et al., Nuclear Fusion, 51 (2011) 103042