МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ НЕЙТРАЛЬНОЙ ИНЖЕКЦИИ ДЛЯ ПРОЕКТА ТЕРМОЯДЕРНОГО ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ ДЕМО-ТИН

Ананьев С.С., Панасенков А.А., Длугач Е.Д., Клищенко А.В., Кутеев Б.В.

НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, Ananyev\_SS@nrcki.ru

Работа термоядерного источника нейтронов (ТИН) в стационарном режиме потребует нагрева плазмы и поддержания тока в ней с помощью инжекции пучков быстрых атомов. В проекте ДЕМО-ТИН [1] предполагается использование шести инжекторов, обеспечивающих мощность дополнительного нагрева до 30 МВт при энергии атомов 500 кэВ. В качестве прототипа для инжектора ДЕМО-ТИН может служить инжектор, детально разработанный для проекта ИТЭР, имеющий идентичный ток атомов при вдвое большей энергии и мощности пучка. Нами была концептуально рассмотрена интеграция инжекторов в комплекс токамака, изменение его основных параметров по сравнению с инжектором ИТЭР и описана конструкция инжектора и его ключевых компонентов [2]. Параметры элементов инжектора нейтрального пучка были определены на основе оптимизационных расчётов [3].

Задача эффективной транспортировки пучка в системе нейтральной инжекции (СНИ) многопараметрическая и требует 3-мерного моделирования и оптимизационных расчётов для всех элементов пучкового тракта. Цели оптимизации — минимизация потерь пучка при его транспортировке и ограничение тепловых нагрузок на компонентах инжектора до величин, допускающих эффективное охлаждение. В докладе представлены методология поиска оптимальной геометрии и результаты исследования различных режимов работы СНИ. Рассмотрены основные факторы, влияющие на эффективность транспортировки, включая неточности настройки и внешние магнитные поля, для которых сформулированы ограничения. В результате проведенных расчетов выбрана оптимальная самосогласованная конфигурация инжектора и исходного ионного пучка, определены рабочие интервалы параметров. Рассчитаны потери нейтрального пучка – геометрические и вследствие реионизации, построены детальные распределения тепловых нагрузок в инжекторе, поперечные профили пучка в различных сечениях, включая профили на входе в плазму. Проведены предварительные оценки ослабления пучка в плазме токамака и построены профили нагрузки на первую стенку. Приведены результаты расчетов магнитной экранировки инжекционного тракта для обеспечения приемлемых величин магнитного поля, наводимого магнитными системами токамака. Рассмотрены вопросы газоснабжения СНИ и проанализированы сценарии накопления трития в различных вариантах её дизайна.

Литература

1. B.V. Kuteev, Yu.S. Shpanskiy and DEMO-FNS Team, Nucl. Fusion 57 (2017) 076039 (8pp).
2. С.С. Ананьев, А.А. Панасенков, Е.Д. Длугач, А.И. Крылов, Б.В. Кутеев, ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез, 2018, т. 40, вып. 1, с. 5—17, DOI: 10.21517/0202-3822-2017-41-1-5-17.
3. С.С. Ананьев, А.А. Панасенков, Е.Д. Длугач, Б.В. Кутеев, ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез, 2018, т. 41, вып. 3, с. 57—79, DOI: 10.21517/0202-3822-2018-41-3-57-79.