моделирование поведения изотопов водорода в элементах топливной системы термоядерного реактора ДЕМО-тин

Ананьев С.С., Спицын А.В., Кутеев Б.В., Чеботарев Р.С.

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, Ananyev\_SS@nrcki.ru

Для успешного проектирования сложных технических устройств, использующих водород, требуется иметь инструментарий, позволяющий рассчитывать потоки и накопление изотопов водорода в отдельных узлах этих систем. Авторами ранее был создан код «Tritium Cycle of Fusion Neutron Source» [1, 2] (ТС-FNS), ориентированный на моделирование оборота тяжелого изотопа водорода трития в системах термоядерного реактора. В дальнейшем, код был модернизирован (до «Fuel Cycle of Fusion Neutron Source» — FC-FNS) для получения возможности использовать код для решения большего круга задач, требующих расчетов накопления и распределения водорода в различных элементах рассматриваемых систем.

В докладе описан концептуальный топливный цикл для термоядерного реактора, использующего в качестве источника нейтронов термоядерную плазму, стационарно поддерживаемую в тороидальной магнитной ловушке [3]. Основное отличие термоядерного источника нейтронов (ТИН) от демонстрационного термоядерного реактора (ДЕМО) заключается в том, что для ТИН нет необходимости достижения условия зажигания термоядерной реакции, а достаточно обеспечить мощность термоядерной реакции, сопоставимую с мощностью дополнительного нагрева плазмы. В отличие от чистого термоядерного реактора без делящихся материалов, необходимая термоядерная мощность ТИН может быть до 100 раз меньше при сопоставимой общей тепловой мощности в связи с тем, что основное энерговыделение происходит в подкритическом бланкете за счет реакций деления, что существенно снижает требования к параметрам плазмы и материалам токамака.

Приведены расчеты, выполненные для проекта ДЕМО-ТИН с термоядерной мощностью 3 – 50 МВт путем моделирования поведения всех изотопов водорода в системах токамака и определения их потоков и запасов в каждой системе. Учитываются потери в результате термоядерной реакции в плазме и β-распада трития, производство водорода в бланкете (устройстве для производства водорода в термоядерном реакторе), увеличение количества водорода в системах за счет механизмов высвобождения водорода из конструкционных материалов в процессе эксплуатации установки и его образования в результате термоядерных реакций.

В структуре концептуального топливного цикла (ТЦ) рассматриваются элементы, разработанные в рамках подготовки проектов ИТЭР и ДЕМО. Для уменьшения газовой смеси, накапливаемой в элементах систем, производится оптимизация схемы ТЦ в соответствии с параметрами ДЕМО-ТИН. Сравниваются две альтернативные схемы обеспечения газом инжекторов нейтральных атомов: с использованием смеси дейтерия и трития в равных долях и дейтерия без примеси трития, что подразумевает использования отдельной газовой системы.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и Правительства Москвы в рамках научного проекта № 15-38-70030 мол\_а\_мос.

Литература

1. Anan’ev S.S. et al. Fuel cycle for a fusion neutron source // Physics of Atomic Nuclei, 78(10), 1138-1147, 2015
2. S.S. Ananyev, et al., Concept of DT fuel cycle for a fusion neutron source DEMO-FNS, Fusion Eng. Des. (2016), Volumes 109–111, Part A, Pages 57–60
3. B.V. Kuteev, at al. // Published 26 June 2015 © 2015 IAEA, Vienna Nuclear Fusion, Volume 55, Number 7.