ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ ТЕРМОЯДЕРНОГО ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ

Ананьев С.С., Спицын А.В., Кутеев Б.В., Черкез Д.И.

НИЦ Курчатовский институт, г.Москва, Россия, ananyev\_ss@nrcki.ru

В России разрабатывается концепция термоядерного источника нейтронов (ТИН). Это имеет несколько направлений применения: (i) для научных исследований (нейтронная дифракция и пр), (ii) для тестирования конструкционных материалов будущих ядерных и термоядерных реакторов, (iii) для управления подкритическими ядерными системами и (iv) для утилизации ядерных отходов (в том числе, пережигание минорных актинидов).

Образование нейтронов с энергией 14 МэВ в термоядерной реакции является принципом работы ТИН. Реакция происходит при взаимодействии нейтральных пучков дейтерия и трития (с энергией 140 и 500 кэВ общей мощностью до 30 МВт) с DT термоядерной плазмой. Плазма создается в установке типа токамак. Токамак имеет сверхпроводящую магнитную систему. Реакция синтеза в плазме токамака служит дополнительным каналом образования термоядерных нейтронов. Ожидаемые потоки нейтронов в установке составляют 0,2 МВт/м2с. Проект предусматривает стационарный режим работы установки с КУИМ=0,3. Размеры токамака согласно проекту R=2.5 m, A=3 [1]. Вакуумная откачка осуществляется криогенными насосами ИТЭР-овского типа [2].

Важным элементом ТИН является система термоядерного топливного цикла. Она обеспечивает все системы установки смесью дейтерия и трития в равном отношении (D:T=1:1). В ее состав входят системы откачки топлива из установки, системы его очистки, системы хранения и повторного использование.

Ввод топлива в установку осуществляется в виде пучков нейтральных атомов, в виде пеллет, с использованием сверхзвуковых газовых струй и с использование газовых клапанов. Основным способом ввода топлива являются пучки нейтральных атомов.

Система топливного цикла спроектирована таким образом, что оборот топлива происходит (в режиме реального времени) за время не более 1.5-2 часов. Отработанное топливо перерабатывается в системе в стационарном режиме с расходом до 75 м3Па/с . Система разделения изотопов используется только для удаления из топливной смеси примести протия, поскольку все системы ТИН (включая систему нейтральной инженции и пеллет-инжекции) используют смесь дейтерия и трития с равным содержанием D и Т. Протий образуется в результате ядерных реакций нейтронов с конструкционными материалами и изначально растворён в материалах. В результате, установка разделения изотопов перерабатывает от 0.5 до 5 % от общего потока топлива. В системе долговременного хранения изотопов водорода использованы геттерные накопители. Их объём равен количеству топлива, которое необходим для работы ТИН в течение суток.

На установке необходимо иметь запас топлива, количество которого будет достаточным для работы установки в течение суток для её стабильного функционирования. Это количество примерно равно 0,75 кг. Расход трития равен 0.3 кг в год с выгоранием топлива в результате термоядерной реакции и его потери. Воспроизводства трития планируется в результате (Li, n) реакций.]

Литература

1. Б.В. Кутеев и др. Nucl. Fusion 51 (2011) 073013
2. Технические основы для разработки отчетов ИТЭР G A0 FDR 1 01-03-05 W0.2