Технологии переработки и обращения с дейтерий-тритиевым топливом в термоядерном/ГИБРИДНОМ реакторе

С.С. Ананьев1, Б.В. Кутеев1,2

1НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, Ananyev\_SS@nrcki.ru
2Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Термоядерные реакторы и гибридные системы синтез-деление (ГССД) [1, 2], использующие в работе изотопы водорода в качестве основного топлива, представляются перспективными при производстве электроэнергии, наработке делящихся нуклидов для реакторов деления, а также фундаментальных и прикладных исследований, использующих интенсивные нейтронные потоки [3]. Их работа потребует организации в таких установкахтопливного цикла, обеспечивающего горение термоядерной плазмы изотопами водорода, а также переработку топливной смеси и воспроизводство трития. Сегодня прототипы системы топливного цикла термоядерных установок были созданы как в России, так и за рубежом. Примером отечественного проекта может служить тритиевый завод токамака ТСП (АО «ТРИНИТИ»), а также тритиевый комплекс длительной инжекции тритиевых топливных таблеток в ВНИИЭФ [4].

Были созданы и успешно эксплуатировались тритиевые системы на токамаках TFTR (США), и JET (Англия), которые применяли разные подходы при работе с тритием. Опыт эксплуатации этих установок может быть полезен при создании будущих термоядерных реакторов. Усилия мирового сообщества в последние годы были направлены на проектирование топливного цикла токамака ИТЭР, который планирует начать эксперименты с дейтерий-тритиевой плазмой в 2034 году. Возможности расширенного воспроизводства трития в ГССД также обсуждаются. Гибридная установка будет способна воспроизводить топливо как для собственной работы, так и для внешних потребителей. В ГССД за счет существенного увеличения коэффициента производства трития на один термоядерный нейтрон возможно производство топлива для первой загрузки термоядерных реакторов. В рассматриваемых установках архитектура топливных систем будет иметь свою специфику при общей идеологии. Стационарные условия эксплуатации потребуют оптимизации топливных систем и технологий, повышения эффективности переработки топливной смеси и максимального снижения количества трития в топливном цикле.

В докладе приводится обзор различных концепций топливного цикла термоядерных установок, обсуждаемых международным сообществом последние 30 лет. Обсуждаются методы моделирования топливных потоков и количества трития в установках, применяемых их разработчиками. Приводятся результаты анализа кандидатных технологий, которые могут быть использованы при проектировании базовых систем топливного цикла термоядерной установки [5].

Работа поддержана Национальным исследовательским центром «Курчатовский институт» (28.09.2020 № 1934а).

Литература

1. B.V. Kuteev еt al , E.A. Azizov, P.N. Alexeev, V.V. Ignatiev, S.A. Subbotin and V.F. Tsibulskiy, Nucl. Fusion 55 (2015) 073035 (8pp), doi:10.1088/0029-5515/55/7/073035
2. В.V. Kuteev, P.R. Goncharov, Fusion Science and Technology, volume 76, 2020-issue 7, p 836-847. <https://doi.org/10.1080/15361055.2020.1817701>
3. B. V. Kuteev, P. R. Goncharov, V. Yu. Sergeev, and V. I. Khripunov, Plasma physics reports Vol. 36, No. 4, 2010
4. Б.В. Кутеев, ЖТФ 1999 том 69, вып. 9. 04;12
5. S.S. Ananyev, B.V. Ivanov, B.V. Kuteev, Fusion Engineering and Design 161 (2020) 111940, https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2020.111940