

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ ВЫСОКОПОТОЧНОГО ИСТОЧНИКА «ГПИ-2»: ИТОГИ ПЕРВОГО ЭТАПА МОДЕРНИЗАЦИИ *)

Степанов Н.О., Черкез Д.И., Спицын А.В.

НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, Stepanov NO@nrcki.ru

Одной из приоритетных задач при проектировании термоядерных реакторов (ТЯР) следующих поколений является изучение взаимодействия плазмы с обращенными к ней материалами (ОПМ). Так, ОПМ во время эксплуатации реактора будут взаимодействовать с большими стационарными тепловыми и корпускулярными потоками, которые будут приводить к эрозии поверхности, смещению атомов из узлов кристаллической решетки и активации. Помимо этого, будут происходить процессы захвата с последующей диффузией в теплоноситель тяжелого изотопа водорода – трития, влияющие на рециклинг топлива и накладывающие дополнительные ограничения, связанные с радиационной безопасностью, а совместное влияние всех перечисленных факторов способно провоцировать новые негативные эффекты [1]. Несмотря на важность изучения взаимодействия плазмы с ОПМ, эксплуатирующиеся сегодня ТЯР не в состоянии обеспечить нужные параметры плазменного потока и длительности импульса, на уровне ожидаемом в ИТЭР и ДЕМО. Поэтому целесообразно создание стационарных высокопоточных плазменных установок. Так, экспериментальные стенды, на основе ВЧ-генераторов, способны создавать плазму высокой плотности ($10^{11} \div 10^{13} \text{ см}^{-3}$) без посторонних примесей, связанных с разрушением электрода [2], а также имеют ряд других преимуществ.

Для проведения исследований по взаимодействию дейтериевой плазмы с материалами ТЯР в НИЦ «Курчатовский институт» был создан стационарный высокопоточный плазменный источник «ГПИ-2». ВЧ-подсистема экспериментального стенда включает в себя: генератор (максимальная выходная мощность – 2 кВт, рабочая частота – 13,56 МГц), устройство автоматического согласования и водоохлаждаемую полуволновую антенну (тип антенны: Н-Н, симметрия: $m = +1$) [3]. В настоящий момент полностью завершен первый этап модернизации установки, в ходе которого: установлена дополнительная катушка магнитного поля (максимальное магнитное поле на оси, $B = 0,4 \text{ Тл}$); произведена доработка вакуумного ввода линейного перемещения и размещенного на нем диагностического комплекса; собрана новая опорная рама. Перед измерением параметров плазмы, были заново определены: величина давления рабочего газа, дейтерия, и линейный профиль магнитного поля, при которых наблюдался максимальный удельный ионный ток. В результате проведенной модернизации экспериментального стенда «ГПИ-2», удалось повысить плотности ионного тока и электронов, в области установки держателя экспериментальных образцов вплоть до 344 мА/см^2 и $1 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$ соответственно, против 18 мА/см^2 и $1 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-3}$ в предыдущей конфигурации.

Исследование выполнено в рамках научной программы Национального центра физики и математики, направление № 8 «Физика изотопов водорода».

Литература

- [1]. M.J. Baldwin, D. Nishijima, M.I. Patino, et al / Pisces-RF: A helicon-plasma based linear-device for the study of fusion relevant plasma-materials-interactions/ Nuclear Materials and Energy, Volume 36, 2023.
- [2]. Геликонный источник плотной плазмы для линейных плазменных установок / Е.И. Кузьмин, И.В. Шиховцев // Физика плазмы. –2021. –№6. –С. 507 – 517.
- [3]. Проект установки для изучения взаимодействия плазмы с материалами на основе ВЧ-источника геликонного типа / Д.И. Черкез, Н.П. Бобырь, А.В. Спицын, С.С. Ананьев // Вопросы атомной науки и техники. –2020. –№3.–С. 101 – 110.

*) [DOI – тезисы на английском](#)