испытания охлаждаемых вольфрамовых модулей тепло-защитной облицовки дивертора стационарнОЙ плазмОЙ В ПЛМ [[1]](#footnote-1)\*)

1Федорович С.Д., 1,2Будаев В.П., 1Дедов А.В., 1Карпов А.В., 1,2Мартыненко Ю.В., 1Губкин М.К., 1Лукашевский М.В., 1Комов А.Т., 1Захаренков А.В., 1Варава А.Н., 1Лубенченко А.В., 1Слива А.П., 1Марченков А.Ю., 1Чан Куанг В., 1Рогозин К.А., 1Коньков А.А., 1Квасков В.C., 1Васильев Г.Б., 1Штелинг В.С.

1Национальный исследовательский университет «МЭИ», [fedorovichsd@mail.ru](mailto:fedorovichsd@mail.ru),  
2Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

Для термоядерного реактора-токамака необходимы исследования взаимодействия плазма-стенка при мощной стационарной плазменной нагрузке на диверторные пластины теплозащитной облицовки [1]. В работе проведены испытания охлаждаемых опытных макетов вольфрамовых модулей теплозащитной облицовки дивертора в стационарной плазме плазменной установки ПЛМ (плазменный линейный мультикасп) [2]. Опытные макеты изготовлены в АО «НИИЭФА», использовалась технология и материалы, применяемые для создания вольфрамовой теплозащитной облицовки дивертора ИТЭР. Вольфрамовый модуль устанавливался в плазменный разряд, плазменный поток был направлен нормально к вольфрамовой поверхности, диаметр плазмы - 35 мм. Параметры гелиевой плазмы в ПЛМ: магнитное поле на оси - 0,01 Тл, в каспах - до 0,2 Тл температура электронов ~2 эВ с фракцией горячих электронов до 50 эВ и более, концентрация плазмы более 1 х 1012 см-3. Разработанная система охлаждение модуля дисперсным водо-воздушным потоком, генерируемым специальной форсункой, обеспечивала эффективное охлаждение модуля, не допуская эффектов разрушения компонентов модуля, которые наступают при плазменной нагрузке без охлаждения модуля. Давление воды в потоке охлаждения 3,6 атм, давление воздуха 8 атм, расход воды 1 л/мин, расход воздуха 45 л/мин. Суммарное время плазменного облучения вольфрамового модуля - 160 минут. Плазменно-тепловая нагрузка на вольфрамовую поверхность достигала 1,2 МВт/м2. Не наблюдалось значительных изменений поверхности (изначально гладкой) после плазменных испытаний в ПЛМ, Рис. 1.

Для создания условий при интенсивном дугообразовании в стационарном плазменном разряде при мощной плазменной нагрузке в усовершенствованной установке ПЛМ использовался лазерный стенд на основе мощного лазерного комплекса для генерации дуг. На поверхности вольфрамовых модулей наблюдались кратеры в результате взаимодействия с плазмой и действия дуговых процессов, возникала рекристаллизация поверхности вольфрама под действием мощной нагрузки.

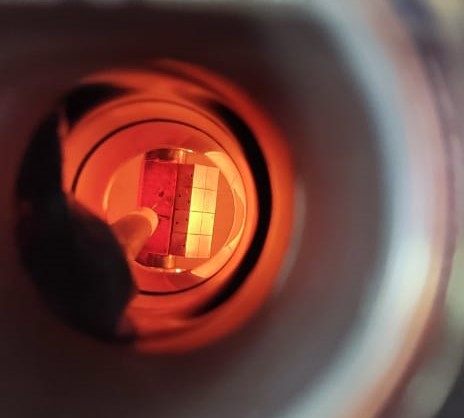
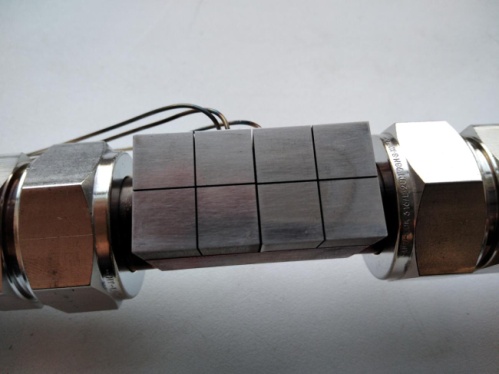
(а) (б)

Рисунок 1 − Охлаждаемый вольфрамовый диверторный модуль во время (а) и после (б) облучения в ПЛМ

Плазменные испытания выполнены в рамках проекта 223 ЕОТП-УТП ГК «Росатом», анализ материалов проведен при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (FSWF-2020-0023, оценки радиационных эффектов проведены при поддержке гранта РФФИ 19-29-02020.

Литература

1. Будаев В.П. ВАНТ, сер. Термоядерный синтез. – 2015. – Т.38, №4. –С. 5
2. Будаев В.П. и др. ВАНТ сер. Термоядерный синтез. –2017. –Т.40, №3. –С.35

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLIX/Mu/en/CD-Fedorovich_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)