Исследование режимов работы установки MK-200UG для моделирования воздействия мощных потоков плазмы на защитные покрытия вакуумной камеры ИТЭР

DOI: 10.34854/ICPAF.2022.49.1.169

1,2Федулаев Е.Д., 1,2Позняк И.М., 2Топорков Д.А., 1,2Сафронов В.М., 2Кочнев Д.М., 1,2Новоселова З.И., 2Карелов С.В., 2Иванов А.И.

1НИУ МФТИ, г. Долгопрудный, РФ
2ГНЦ РФ ТРИНИТИ, г.Троицк, г.Москва, РФ

Во время работы ИТЭР защитные покрытия вакуумной камеры будут подвергаться воздействию мощных потоков плазмы. Это вызовет эрозию материалов и сократит их срок службы. Наиболее теплонагруженным элементом ИТЭР является дивертор. Согласно расчетам, во время срывов тока тепловая нагрузка в этой области может достигнуть 80 МДж/м2 [1]. На существующих сегодня токамаках подобные тепловые нагрузки недостижимы, поэтому для лабораторных исследований материалов применяются иные экспериментальные методы.

Цель работы – исследовать параметры потока плазмы на экспериментальной установке МК-200UG в различных режимах ее работы и выбрать режимы, обеспечивающие испытания материалов в условиях, максимально приближенных к условиям ELM-ов и срывов в ИТЭР.

Установка МК-200UG состоит из следующих компонентов: мощного импульсного плазменного ускорителя, плазмомпровода с продольным магнитным полем и мишенной камеры, в которой размещаются исследуемые образцы. Изменяя режимы работы установки, можно получать плазменные потоки с различными параметрами.

В данной работе были измерены различные параметры плазменного потока. Так для определения полной энергии потока и плотности поглощенной энергии на поверхности мишени были использованы термопарные многоканальные калориметры различных конструкций. При помощи системы магнитных зондов измерены скорость, длительность, диаметр, газокинетическое давление плазменного потока. Давление торможения плазменного потока на мишени регистрировалось при помощи пьезоэлектрического датчика. Напряжение на электродах ускорителя и ток разряда фиксировались с использованием высоковольтного делителя и пояса Роговского.

Таким образом, определены режимы работы системы, наиболее точно повторяющие параметры плазменного потока, ожидаемые в переходных процессах в ИТЭР. При лабораторных исследования взаимодействия плазмы с защитными покрытиями вакуумной камеры установка МК-200UG обладает следующими достоинствами: интенсивность плазменно-теплового потока, фактор теплового воздействия, энергия ионов, магнитное поле в мишенной камере близки к параметрам, ожидаемым во время ELM-ов и срывов тока в ИТЭР. Из недостатков можно выделить малую длительность потока (не более 30 мкс).
Тем не менее, эта величина значительно больше характерного времени формирования примешенной плазмы (менее 2 мкс) и длительность импульса не является препятствием для дальнейших исследований.

Работа выполнена в рамках международного контракта с организацией ИТЭР IO/18/CT/4300001763.

Литература

1. Pitts R.A., Carpentier S., Escourbiac F. et al. A full tungsten divertor for ITER: Physics issues and design status // Journal of Nuclear Materials. – 2013. – V.438. – P.S48-S56.