Плазменная установка ПЛМ-2 для полномасштабных испытаний материалов термоядерного реактора стационарными мегаваттными нагрузками: проектные параметры

Будаев В.П., Дедов А.В., Комов А.Т., Федорович С.Д.

Национальный исследовательский университет «МЭИ», г.Москва, Россия, budaev@mail.ru

Для разработки проектов и сооружения термоядерных реакторов (ИТЭР, ТИН, ДЕМО) требуются полномасштабные испытания материалов, макетов и прототипов стенки и дивертора. Имеющиеся технологии испытания пучковыми нагрузками не достаточны для этих целей, несмотря на то, что они обеспечивают мощный суммарный тепловой поток на материалы. Исключительно важным представляется обеспечить адекватные условия плазменной нагрузки на материалы [1]. Для таких целей проектируется установка ПЛМ-2 ⎯ линейная магнитная ловушка со стационарным многочасовым удержанием плазмы с параметрами, способными обеспечить соответствующие реакторным плазменные нагрузки на материалы:

– продольное магнитное поле – 0,25 Тл, секция магнитного поля до 2,5 Т;

– диаметр плазменного пучка – 3,5 – 10 см;

– длительность разряда – стационарная, до 500 мин и более;

– плотность электронов плазмы – 1019 – 1020 м–3;

– энергия ионов в потоке на мишень – 1 – 300 эВ;

– поток ионов на мишень ~1023 – 1025 м–2 с–1;

– тепловые стационарные потоки на материал мишени - более 10 MВт м–2;

– флюенс стационарного потока – аналогичный термоядерному реактору в стационарной фазе;

– охлаждение модулей стенки и мишеней – стационарное, испытание модулей с водяным, двухфазным парогазовым, жидкометаллическим охлаждением;

– ИЦР нагрев плазмы 0,5-27 МГц, использование геликоновых антенн;

– модуль с мощными пучковыми тепловыми нагрузками на мишень – до 2 ГВт/м2 длительностью до 1 мс с частотой до 20 Гц (аналогичными экстремальным нагрузкам при ЭЛМах и срывах в диверторе термоядерного реактора);

– обеспечение режима «detached», аналог закрытого дивертора реактора-токамака;

– жидкометаллические (ЖМ) элементы стенки/лимитеры из лития, олова и других ЖМ;

– технологии управления и турбулентного нагрева плазмы электродами под напряжением;

– испытуемые материалы – вольфрам, молибден, конструкционные стали, графит, литий, олово, тантал, никель, титан, иридий, платина, железо, медь, композиционные сплавы.

Установка ПЛМ-2 не имеет аналогов в России, с параметрами, аналогичными самой мощной установки в мире MAGNUM-PSI (Евросоюз), будет построена на базе имеющейся установки ПЛМ (НИУ «МЭИ») [2].

 Работа поддержана Мегагрантом РФ № 14.Z50.31.0042.

Литература

1. Будаев В.П. ВАНТ сер. Термоядерный синтез, 38, 4, 5 (2015).
2. Будаев В.П. и др. ВАНТ сер. Термоядерный синтез, 40, 3, 23 (2017).