ПОЛНОМАСШТАБНЫЙ ПРОТОТИП ЦЕНТРАЛЬНОЙ СБОРКИ ДИВЕРТОРА ИТЭР [[1]](#footnote-1)\*)

Маханьков Н.А., Маханьков А.Н., Литуновский Н.В., Мазуль И.В., Пискарев П.Ю., Мазаев С.Н., Окунев А.А., Кузнецов В.Е., Гурьева Т.М., Лапин А.В., Васильев В.А.

АО «НИИЭФА», Санкт-Петербург, Россия, [makhann@niiefa.spb.su](mailto:makhann@niiefa.spb.su)

Основные функции центральной сборки дивертора (ЦСД) ITER, расположенной под сепаратрисой, заключаются в отражении нейтральных частиц и защите тела кассеты, а также систем диагностики от прямого взаимодействия с плазмой. ЦСД состоит из стальной опорной конструкции (СОК), на которую установлены обращенные к плазме компоненты (ОПЭ). Существует три различных ОПЭ: внутренняя отражающая мишень (ВОМ) ОПЭ; ОПЭ купола; наружная отражающая мишень (НОМ) ОПЭ. ЦСД представляет собой активно охлаждаемый компонент с давлением воды на входе 3,3 МПа и температурой воды на входе 110°C. Все ОПЭ ЦСД облицованы плоскими вольфрам-медными плитками (W-Cu). Все ОПЭ должны быть испытаны высокими тепловыми потоками и должны продемонстрировать способность выдерживать N=5000 циклов при q = 5 МВт/м2 и N=300 циклов при q=10 МВт/м2. ЦСД представляет собой высоковакуумное оборудование и имеет заданную допустимую скорость утечки 1·10-10 Па·м3/с.

На этапе квалификации, в рамках, Соглашения о поставке (СП) полномасштабного прототипа ЦСД (ПП ЦСД), все ОПЭ ЦСД были изготовлены и успешно протестированы в АО «НИИЭФА». Была разработана и квалифицирована технология сварки взрывом для соединения CuCrZr / SS, лазерная и орбитальная сварки для соединений SS / SS, пайка вольфрамовой облицовки к подложке CuCrZr. Для контроля изготовленных компонентов были разработаны и внедрены протоколы неразрушающего контроля. Все ОПЭ ЦСД успешно прошли испытания на нагрузку высокими тепловыми потоками. ПП ЦСД успешно прошел гидравлические испытания на расход воды и давление, а также испытание на утечку горячего гелия.

Одной из основных проблем, выявленных при изготовлении прототипа ЦСД, было несоответствие геометрии поверхностей, обращенных к плазме, расположенных на отражающих мишенях ЦСД, к требуемой. ОПЭ купола ПП ЦСД имели самое значительное отклонение поверхности облицовки - намного превышающее допустимые допуски по профилю поверхности и по шагу поверхности между соседними ОПЭ. Последующая научно-исследовательская работа была направлена на измерение поверхностных деформаций на всех этапах изготовления ОПЭ, поиск способов их минимизации и оценку возможности применения обратного инжиниринга как способа соблюдения допусков поверхности ОПЭ.

Другой проблемой при изготовлении ПП ЦСД были дефекты пайки облицовки ОПЭ купола. Избыток припоя приводит к его проникновению в зазоры между облицовочными плитками ОПЭ купола и к перемещению расплавленного припоя, за счет гравитационных сил, от вершины ОПЭ купола к его концам, а также к дефектам пайки. Дозирование припоя по его удельному весу (по площади) помогает свести к минимуму дефекты пайки.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/E/en/IB-Makhankov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)