Разработка и изготовление первого зеркала для диагностики СВЛ ИТЭР [[1]](#footnote-1)\*)

1,2Орловский И.И., 1,2Вуколов К.Ю., 1,2Андреенко Е.Н.

1 Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия,  
 [orlovskiy\_ii@nrcki.ru](mailto:orlovskiy_ii@nrcki.ru)  
2Координационный центр «Управляемый термоядерный синтез – международные  
 проекты» (УТС-Центр), Москва, Россия, [i.orlovskiy@fc.iterru.ru](mailto:i.orlovskiy@fc.iterru.ru)

Оптическая схема диагностики спектроскопия водородных линий (СВЛ) установки ИТЭР включает в свой состав зеркала для передачи излучения от плазмы к детекторам за биозащитой. При этом первое зеркало, смотрящее на плазму, будет подвержено воздействию нейтронных потоков, тепловых нагрузок, а главное, потоков высокоэнергичных нейтралов перезарядки из плазмы и переосаждению загрязнений с элементов конструкции вакуумной камеры и диагностических каналов. При проектировании узла первого зеркала необходимо было решить задачи выбора материала и технологии изготовления самого зеркала, проработать системы его защиты от неблагоприятных воздействий среды, а также сделать оценку времени жизни в условиях ИТЭР. В ходе работ по поставке диагностики СВЛ на ИТЭР все вышеописанные задачи были успешно выполнены. Полный комплект зеркал для трех каналов СВЛ изготовлен и готов к установке в узлы первого зеркала.

В докладе ретроспективно описываются подходы решения различных аспектов проблемы первого зеркала на фоне развития проекта ИТЭР с его старта до текущего момента. Приведены результаты численного моделирования и экспериментов, проведенных в НИЦ «Курчатовский Институт», а также на плазменных установках по всему миру при участии международной рабочей группы по проблеме первого зеркала в рамках ITPA (International Tokamak Physics Activity).

Основное внимание уделено результатам, имеющим непосредственное отношение к итоговым конструкторским и технологическим решениям. На основе данных расчета потоков частиц на первую стенку в коде EIRINE и моделирования распространения атомов вдоль диагностических портов в пакете Zemax сделан вывод о доминировании процесса эрозии поверхности первого зеркала над осаждением материалов первой стенки во всех диагностических портах СВЛ. На основе анализа свойств оптических материалов и экспериментальных данных по их физическому распылению был сделан выбор в пользу монокристаллического молибдена в качестве материала первого зеркала. Такое зеркало сохраняет приемлемые оптические свойства даже при сильном (~1 мкм) распылении поверхности, что позволяет использовать встроенную в узел зеркала систему очистки на основе разряда в полом катоде для восстановления работоспособности зеркала после возможной аварии системы охлаждения установки. Разработана и квалифицирована в ИТЭР технология изготовления зеркала из монокристаллического молибдена. Разработана и испытана облегченная конструкция зеркала, обеспечивающая необходимые оптические свойства под расчетными тепловыми нагрузками.

В заключение приведены примеры различных организационных и технических проблем, возникавших при изготовлении поставочной партии зеркал в соответствии с правилами ИТЭР.

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