АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ НА ТОКАМАКЕ Т-15МД ДИАГНОСТИКИ MSE-LS^{*)}

^{1,2}Земцов И.А., ¹Немец А.Р., ³Неверов В.С., ¹Леонтьев Д.С.

¹НИИЦ «Курчатовский институт, Москва, Россия, zemtsov_ia@nrcki.ru

²МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

³Координационный центр «Управляемый термоядерный синтез – международные проекты», Москва, Россия

Работа посвящена моделированию спектров излучения линии серии Бальмера быстрых атомов водорода, инжектируемых в плазму токамака Т-15МД. Анализ расчетных спектров позволяет определить возможность реализации на установке активной спектроскопической диагностики на основе динамического эффекта Штарка (MSE). Диагностика позволяет восстанавливать: профиль индукции магнитного поля, ток плазмы и коэффициента запаса устойчивости [1].

Моделирование спектров производилось методом трассировки лучей при помощи кода Cherab [2]. Были учтены следующие модели излучения: MSE и перезарядочные спектры линии H_{α} для диагностического и нагревных пучков, спектр пассивного излучения в линии H_{α} с учетом уширения за счет эффектов Доплера и Штарка и зеемановского расщепления, спектр тормозного континуума. В качестве синтетических данных использовались результаты моделирования центральной плазмы кодом ASTRA [3] и периферийной плазмы кодом SOLPS 4.3 [4] для сценария с 14 МВт дополнительного нагрева, центральной температурой электронов 4,3 кэВ, плотностью $6 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$ и индукцией магнитного поля 2 Тл на оси шнура, а также модели диагностического пучка, создаваемого инжектором ДИНА-КИ60, и нагревных пучков с энергией 60 кэВ и мощностью 2 МВт. Учитывались компонентный состав пучков, их расходимость и радиальное распределение плотности. В расчетах были учтены отражения от внутренних элементов камеры токамака и его первой стенки и формы хорд наблюдения, формируемые склейкой из двух линз с $F = 200 \text{ мм}$ и $d = 75 \text{ мм}$.

Полученные для разных хорд наблюдения интенсивности затем были пересчитаны в сигнал на матрице детектора с учетом аппаратной функции спектрометра. Общее пропускание системы было принято равным 7%, а квантовая эффективность детектора – 90%.

Результаты расчетов показали, что MSE-LS методика лучше подходит для данной установки, чем поляризационная MSE, из-за достаточно малого расщепления спектра пучков. В оптимальном для наблюдения за диагностическим пучком сечении достигается расщепление MSE-спектра достаточное для восстановления положений максимумов π - и σ -компонент. При этом пространственное разрешение составляет 3...6 см при масштабе 1 : 13...16. Благодаря смещению MSE-спектра в синюю область на него не накладываются яркие линии примесей, излучение нагревных пучков и пассивная линия H_{α} плазмы.

Наилучшим сечением для наблюдения за нагревным пучком является соседнее слева относительно инжекции. Оно позволяет получить высокое пространственное разрешение (2...4 см) и малый масштаб 1 : 8...11. Однако расщепление MSE-спектра достаточно мало, что сильно затруднит обработку сигнала и получение параметров плазмы, а также значительно сужает операционный диапазон диагностики.

Литература

- [1]. F.M. Levinton et. al., Phys. Rev. Lett. **63**, 2060 – Published 6 November 1989
- [2]. Carr M. et. al., Rev. Sci. Instrum., 2018, vol. 89, 083506, <https://doi.org/10.1063/1.5031087>
- [3]. Pereverzev G.V., Yushmanov P.N. ASTRA — Automated System for TRAnsport Analysis. Max-Planck-Institut Für Plasmaphysik. IPP-Report, IPP 5/98, February 2002
- [4]. Kukushkin A.S., Pacher H.D., Kotov V., Pacher G.W., Reiter D. Finalizing the ITER divertor design: the key role of SOLPS modeling. Fusion Eng. Des., 2011, vol. 86(12), p. 2865.

^{*)} DOI – тезисы на английском