Восстановление потока водорода со стенки по
Hα-спектроскопии в ИТЭР: сравнение баллистической модели с расчетами кодом EIRENE

Кукушкин А.Б.1,2, Лисица В.С.1,2, Неверов В.С.1, Шурыгин В.А.1, Лисго C.В.3, Алексеев А.Г.1

1НИЦ «Курчатовский институт», Россия, Kukushkin\_AB@nrcki.ru
2НИЯУ «МИФИ», Россия
3ITER Organization, France

Измерение потока изотопов водорода внутрь вакуумной камеры является одной из ключевых задач диагностики «Спектроскопия водородных линий», поставляемой Россией в ИТЭР. Для восстановления потока водорода со стенки предлагается использовать баллистическую модель [1] проникновения нейтральных атомов изотопов водорода в плазму, позволяющую быстро, хотя и не в реальном времени, рассчитывать одномерные по координате и скорости функции распределения по скоростям нейтральных атомов изотопов водорода по известным профилям плотности и температуры электронов и ионов в пристеночном слое плазмы. Свободные параметры модели определяются из наблюдаемой спектральной интенсивности в линиях бальмер-альфа изотопов водорода. Для оценки точности восстановления потока водорода со стенки используется подход [2] в рамках т.н. синтетической диагностики, в котором синтетические экспериментальные данные создаются с использованием результатов предсказательного численного моделирования всех интересующих параметров плазмы, в данном случае — численным кодом SOLPS (B2-EIRENE) (см. цитируемую литературу в [2]). Модель спектрального контура линии и обратные задачи из [2] были протестированы при обработке экспериментальных данных на токамаке JET [3] для определения изотопного отношения водорода и дейтерия.

В работе найдена зависимость детектируемого сигнала от плотности потока нейтрального атомарного и молекулярного дейтерия с первой стенки вакуумной камеры в базовых режимах работы ИТЭР. Показана возможность использования баллистической модели проникновения изотопов водорода со стенки в плазму для решения обратной задачи определения потока со стенки по данным спектральных измерений. Во всех рассмотренных сценариях, отличающихся между собой, прежде всего, плотностью плазмы вблизи стенки (плотность изменяется в пределах двух порядков величины), удалось восстановить профиль плотности атомов дейтерия в излучающем слое с ошибкой в пределах 20%, однако ошибка восстановления профиля плотности молекул дейтерия в некоторых сценариях значительно больше. Ошибка восстановления плотности потока атомов дейтерия на излучающем слое во всех сценариях не превышала 100%, что является неплохой точностью для обратной задачи такой сложности. Показано, что имеется слабая зависимость сигнала и восстановленного полного потока атомарного и молекулярного дейтерия от параметров профиля плотности молекул.

Литература.

1. M.B. Kadomtsev, V. Kotov, V.S. Lisitsa, V.A. Shurygin. Proc. 39th EPS Conference & 16th Int. Congress on Plasma Physics, Stockholm, 2012, ECA, 36F, P4.093.
2. A.B. Kukushkin, V.S. Neverov, A.G. Alekseev, S.W. Lisgo, A.S. Kukushkin. Fusion Sci. Tech., 2016, 69(3), 628-642.
3. V.S. Neverov, A.B. Kukushkin, M.F. Stamp, et al. Nucl. Fusion, 2017, 57, 016031 (13pp).