Моделирование сигналов оптических диагностик водорода на начальной стадии нарастания тока разряда на пред‑термоядерной фазе работы ИТЭР

1Минашин П.В., 1,2Хайрутдинов Р.Р., 1,3Кукушкин А.Б., 1Лукаш В.Э.

1НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, [Minashin\_PV@nrcki.ru](mailto:Minashin_PV@nrcki.ru)  
2Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, г. Троицк,  
 г. Москва, Россия  
3Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия

Одной из важных задач, решаемых на пред-термоядерной фазе работы ИТЭР, при которой тороидальное магнитной поле вдвое или втрое ниже его значений на термоядерной фазе (B0 = 5,3 Тл), является проблема нарастания («разгона») тока в плазме на начальной стадии разряда, состоящая в преодоления т.н. радиационного барьера с помощью необходимого неомического нагрева. Актуальность проблемы обусловлена тем, что в ИТЭР с помощью индукционной системы можно создать только относительно низкое значение напряженности тороидального электрического поля, E ≈ 0,3 В/м, что предопределено, в первую очередь, большими размерами установки [1 – 3].

Моделирование эволюции пространственных распределений основных параметров плазмы на пред-термоядерной фазе работы ИТЭР с половинным значением магнитного поля проведено с помощью транспортного кода DINA [4] с учетом многопроходного поглощения инжектируемого ЭЦ излучения (модуль ECH\_Multipass) [5]. В рамках предсказательного моделирования решались следующие задачи:

- учет нагрева плазмы с помощью инжекции ЭМ-волны с параметрами второй гармоники «необыкновенной» ЭЦ-волны в плазме (мода Х2) [6],

- оптимизация сценария ввода тока с учетом имеющихся ограничений на входные параметры задачи, а именно необходимость преодоления радиационного барьера при (относительно термоядерной фазы) пониженной низкой начальной плотности и пониженной эффективности ЭЦ нагрева [7],

- исследование возможности российских поставочных оптических диагностик в ИТЭР («Спектроскопии водородных линий» и «Активной спектроскопии») отслеживать динамику параметров плазмы на стадии преодоления радиационного барьера в ИТЭР.

Показано, что интенсивность излучения в линии бальмер-альфа на хордах наблюдения из экваториального порта EP11 в полоидальной плоскости позволяет отслеживать динамику плотности нейтральных атомов изотопов водорода на стадии преодоления радиационного барьера в ИТЭР на пред-термоядерной фазе с половинным значением магнитного поля.

Литература

1. ITER Physics Expert Group on Energetic Particles, Heating and Current Drive, ITER Physics Basis Editors, Nuclear Fusion, 1999, 39, 2495.
2. Stober J., Jackson G.L., Ascasibar E., Bae Y.S., et al., Nuclear Fusion, 2011, 51, 083031.
3. Mineev A.B., Kavin A.A., Lobanov K.M., Final Report on Contract No. ITER/CT/12/430000650 (Phase 1), 2013.
4. Khayrutdinov R.R., Lukash V.E., Journal of Computational Physics, 1993, 109, 193 – 201.
5. Minashin P.V., Kukushkin A.B., Khayrutdinov R.R., Lukash V.E., EPJ Web of Conferences, 2015, 87, 03005.
6. Farina D., Henderson M., Figini L., Ramponi G., et al., Nuclear Fusion, 2012, 52, 033005.
7. Ricci D., Farina D., Figini L., Granucci G., et al., Proc. 43rd EPS Conference on Plasma Physics, Leuven, Belgium, 2016, O5.130.