МОДЕЛЬ МНОГОПРОХОДНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ ВНЕШНЕГО ЭЦ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ РАЗРЯДА В ИТЭР

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

1ИФТ НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, [t32amephi[at]gmail.com](mailto:t32amephi@gmail.com)  
2Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, Троицк, Россия

В токамаке-реакторе ИТЭР омический пробой рабочего газа будет возможен только в узком диапазоне значений давления плазмы и дефектов полоидального магнитного поля. В связи с этим для надежного создания плазмы — преодоления радиационного барьера — на начальной стадии в ИТЭР планируется использовать уже доказавший свою эффективность электронно-циклотронный (ЭЦ) резонансный нагрев [[1](#_ENREF_1_1)], [[2](#_ENREF_1_2)], [[3](#_ENREF_1_3)].

Моделирование начальной стадии разряда в ИТЭР с помощью 0D-кода в [[4](#_ENREF_1_4)] показало, что в широком диапазоне начальных условий при учете примесей бериллия для преодоления радиационного барьера необходимо поглощение внешнего ЭЦ-излучения мощностью 3 МВт, для углеродных примесей даже 5 МВт поглощенной мощности ЭЦ-нагрева может оказаться недостаточно для достижения пробоя. Однако в [[4](#_ENREF_1_4)] не проводились расчеты эффективности поглощения внешнего ЭЦ-нагрева. В [[5](#_ENREF_1_5)] проведено 1D-моделирование начальной стадии разряда в ИТЭР с однопроходной моделью поглощения ЭЦ-излучения (расчеты были проведены кодом OGRAY [[6](#_ENREF_1_6)]). Моделирование в [[5](#_ENREF_1_5)] показало, что эффективность поглощения внешнего ЭЦ-нагрева будет мала, поэтому предлагающейся мощности ЭЦ-нагрева может быть недостаточно для преодоления радиационного барьера.

В настоящей работе предложено обобщение модели однопроходного поглощения внешнего ЭЦ-излучения на случай учета многопроходного поглощения для преодоления радиационного барьера на начальной стадии разряда в токамаках. Новая модель использует полуаналитический подход кода CYNEQ [[7](#_ENREF_1_7)] для учета следующих процессов: (а) многократного отражения излучения инжектируемой обыкновенной волны от стенок вакуумной камеры, (б) ее конверсии в необыкновенную волну при отражении от стенки и (в) полного поглощения на одном проходе возникшей при отражении необыкновенной волны. В рамках этой модели проведен параметрический анализ задачи расчета эффективности поглощения инжектируемого излучения для характерных значений температуры и плотности на начальной стадии разряда в ИТЭР.

Литература

1. ITER Physics Expert Group on Energetic Particles, Heating and Current Drive, ITER Physics Basis Editors, Nuclear Fusion, 1999, 39, 2495.
2. Omori T., Henderson M.A., Albajar F., Alberti S., et al., Fusion Engineering and Design, 2011, 86, 951-954.
3. Stober J., Jackson G.L., Ascasibar E., Bae Y.S., et al., Nuclear Fusion, 2011, 51, 083031.
4. Lloyd B., Carolan P.G., Warrick C.D., Plasma Physics and Controlled Fusion, 1996, 38, 1627-1643.
5. Khayrutdinov R.R., Kuyanov A.Y., Lukash V.E., Zvonkov A.V., Proc. 38th EPS Conference on Plasma Physics, Strasbourg, France, 2011, ECA, 35G, P2.085.
6. Звонков А.В., Куянов А.Ю., Сковорода А.А., Тимофеев А.В., Физика плазмы, 1998, 24, 424-435.
7. Kukushkin A.B., Письма в ЖЭТФ, 1992, 56, 503-507.