

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЙТРОННОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ НЕЙТРОННЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТОКАМАКА EAST В ХОДЕ *in-situ* КАЛИБРОВКИ ^{*)}

Фридрихсен Д.С., Кормилицын Т.М., Кашук Ю.А.

ЧУ “ИТЭР-Центр”, Москва, Россия, Fridrikhsen.DS@iterrf.ru

Нейтронный диагностический комплекс играет большую роль в определении параметров разряда на термоядерных установках типа токамак. С помощью нейтронных диагностик можно определить ряд важных параметров таких, как ионная температура плазмы, термоядерная мощность реакции, ионная температура плазмы, топливное отношение и т.д. Точность измерений будет зависеть от качества проведенной калибровки. Для некоторых систем выполнение калибровки в лабораторных условиях недостаточно. К таким, например, относятся ионизационные камеры деления (ИКД), предназначенные для определения флюенса нейтронов в точке размещения, и сцинтилляционные спектрометры. Взаимодействие с окружающими конструкционными материалами установки будет влиять на показания диагностик, поэтому важно учитывать это влияние при построении калибровочных зависимостей. Проведение калибровки методом *in-situ* путем размещения внутри вакуумной камеры токамака компактных нейтронных генераторов перед основной кампанией с плазменными разрядами позволит настроить нейтронное диагностическое оборудование с учетом всех геометрических особенностей установки.

В данной работе рассматривается возможность использования нейтронного генератора типа НГ-14 производства ФГУП «ВНИИА» [1] в качестве *in-situ* калибровочного источника токамака EAST в Китае [2]. Полный выход составляет $\sim 2 \times 10^{10}$ и $\sim 2 \times 10^8$ н/сек для Д-Т (характерная энергия нейтронов $E_n \sim 14,1$ МэВ) и Д-Д ($E_n \sim 2,5$ МэВ) нейтронной трубки, соответственно. Модель источника, воспроизводящая геометрию и угловое распределение энергии и выхода НГ-14, размещалась в нескольких точках вдоль главной магнитной оси в вакуумной камере цифрового двойника токамака EAST. Для каждой геометрической конфигурации проведено моделирование транспорта Д-Т и Д-Д нейтронов методом Монте-Карло и определены характеристики нейтронного поля в областях размещения чувствительных элементов нейтронных диагностик установки, таких как Радиальная Нейтронная Камера (6 жидких сцинтилляторов типа BC-501A [3]) и ИКД с радиаторами из урана, размещенные в замедлителе в зале токамака EAST. Учитывая особенности диагностических систем, оценены ожидаемые показания детекторов при различных положениях и типах (Д-Д или Д-Т) калибровочных источников. На основании этого сделаны выводы о возможности проведения такой калибровки рассматриваемых систем токамака EAST с использованием компактного нейтронного генератора НГ-14.

Результаты моделирования нейтронного транспорта с использованием источника, соответствующего выходу нейтронного генератора с запаянной трубкой, составляют основу методики калибровки, разрабатываемой для токамака-реактора ИТЭР, и планируемой к проверке на действующем токамаке EAST.

Литература

- [1]. Сыромуков С.В. и др. Мощный генератор нейтронов НГ-14 с запаянной трубкой для ядерных технологий. — Атомная энергия, 2014, т. 117(6), с. 350-352
- [2]. Jiangang Li and Yuanxi W. The Experimental Advanced Superconducting Tokamak. — Engineering, 2021, v. 7(11), p. 1523-1528
- [3]. Zhong G.Q. et al. Status of neutron diagnostics on the experimental advanced superconducting tokamak. — Review of Scientific Instruments, 2016, v. 87(11)

^{*)} DOI – тезисы на английском