

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИИ ОТКЛИКА ИКД ДМНП ИТЭР<sup>\*)</sup>

<sup>1</sup>Козерук А.А., <sup>1,2</sup>Кормилицын Т.М., <sup>1,2</sup>Обудовский С.Ю., <sup>1,2</sup>Кащук Ю.А.,  
<sup>1,2</sup>Воробьев В.А.

<sup>1</sup>АО «ГНЦ РФ «ТРИНИТИ», Троицк, Москва, Россия [kozeruk.aa@phystech.edu](mailto:kozeruk.aa@phystech.edu)

<sup>2</sup>Частное учреждение «ИТЭР-Центр», Москва, Россия

Строящийся международный экспериментальный термоядерный реактор ИТЭР (англ. International Thermonuclear Experimental Reactor) является первым в мире экспериментальным термоядерным реактором на базе токамака. Задача проекта – демонстрация возможностей использования управляемого термоядерного синтеза (УТС) для выработки энергии. В процессе работы токамака планируется достичь следующих параметров: магнитное поле порядка 5.3 Тл, ток плазмы – 15 МА, мощность термоядерных реакций – 700 МВт при длительности реакций ~300 секунд. Для обеспечения безопасной работы установки и получения достоверной информации о параметрах плазмы при всех возможных сценариях работы токамака разработан широкий комплекс диагностик. Одной из ключевых диагностик, отвечающих за контроль т/я мощности, является нейтронная диагностика Диверторный Монитор Нейтронного Потока ДМНП (англ. Divertor Neutron Flux Monitor). Она измеряет полный выход нейтронов и позволяет определить термоядерную мощность установки. В состав ДМНП входят ионизационные камеры деления (ИКД) с ураном-235 и ураном-238 [1].

Целью работы было детальное моделирование функции отклика ИКД на основе как урана-238, так и урана-235 при регистрации потока быстрых DD- (2,5 МэВ) и DT- (14,1 МэВ) нейтронов, а также потока нейтронов с характерным для реального расположения ИКД ДМНП спектром. Проведены следующие работы – построение модели с учётом реалистичной геометрии электродов и плотности нанесения материала, оценка корректности разработанной численной модели на эксперименте, построение амплитудного спектра ИКД, определение порога дискриминации, анализ калибровочного коэффициента диагностики ДМНП. Для моделирования использовалось специализированное ПО GEANT4 [2]. Экспериментальная проверка модели проводилась при облучении ИКД быстрыми нейтронами источника Am-Be.

Результатом работы стала модель функции отклика ИКД, которая позволяет анализировать измерительные характеристики детекторных узлов ДМНП в разрядах ИТЭР, учитывать вклад особенностей геометрии электродов ИКД в наблюдаемый амплитудный спектр, а также достоверно оценивать калибровочный коэффициент ИКД - коэффициент соответствия между количеством актов деления в рабочем объёме ИКД и скоростью счёта ИКД. Полученная модель предлагается как часть синтетической диагностики ДМНП ИТЭР.

Работа выполнена в рамках договора между Частным Учреждением «ИТЭР-Центр» и АО «ГНЦ РФ «ТРИНИТИ» на выполнение НИОКР от 21.04.2023 г. № 17706413348230000070/20-23/01 «Испытания компонентов нейтронных диагностик ИТЭР (этапы 2023-2024 годов)», заключенного во исполнение государственного контракта №Н.4а.241.19.23.1014 от 18.01.2023 г. на выполнение научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы «Разработка, опытное изготовление, испытание и подготовка к поставке специального оборудования в обеспечение выполнения российских обязательств по проекту ИТЭР в 2023 году».

### Литература

- [1]. Yu. Kashchuk, A. Krasil'nikov, D. Prosvirin, A. Tsutskikh, V. Frunze & C. Walker, “Concept project of ITER divertor monitor of neutron flux”, Instruments and Experimental Techniques, Vol. 49, No. 2, p. 179-186, 2006.2
- [2]. J. Allison et al., “Recent developments in GEANT4,” Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. A Accel. Spectrometers, Detect. Assoc. Equip., vol. 835, pp. 186–225, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.nima.2016.06.125.

<sup>\*)</sup> DOI – тезисы на английском