

DOI: 10.34854/ICPAF.51.2024.1.1.253

ПРИМЕНЕНИЕ КОДА OPENMC ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕНОСА НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ТОКАМАКЕ TRT

Афанасенко Е.С., Портнов Д.В., Высоких Ю.Г., Кашук Ю.А.

Частное учреждение «ИТЭР-центр», г. Москва, Россия, e.afanasenko@iterrf.ru

С появлением токамаков с высоким нейтронным выходом проведение нейтронно-физического анализа при проектировании конструкции токамака становится необходимостью. Планирование экспериментов и интерпретация полученных результатов требует знания ядерно-радиационных нагрузок. Моделирование переноса нейтронного и гамма-излучений в конструкционных элементах установки позволяет получить распределения нейтронных и гамма-полей, рассчитать мощность источников радиационного энерговыделения, оценить динамику активации конструкций, что важно при проектировании сверхпроводниковых катушек, биологической защиты, систем охлаждения, нейтронных и гамма диагностик плазмы.

OpenMC (Open Monte-Carlo) [1] является одним из расчётных кодов, предназначенных для моделирования процессов переноса ионизирующих излучений в трёхмерной геометрии методом Монте-Карло [2] и предоставляет весь функционал, необходимый для решения вышеуказанных задач. OpenMC является программным комплексом с открытым исходным кодом. Это упрощает его применение, позволяет вносить изменения в код, тем самым развивая данный проект, наращивая его качество силами широкого круга разработчиков и пользователей, а также позволяет модифицировать его под специальные задачи.

В работе проведён нейтронно-физический анализ модели токамака TRT [3], адаптированной для работы с кодом OpenMC. В качестве источника нейтронов рассматривалось пространственное распределение, соответствующее разряду дейтериевой плазмы с ионной температурой 21 кэВ, электронной плотностью $9,4 \times 10^{19} \text{ м}^{-3}$, и полной интенсивностью нейтронного излучения плазмы 10^{17} н/с . В результате были получены пространственное распределение плотности потоков нейтронного и гамма-излучений, плотность источников радиационного нагрева в конструкционных элементах токамака. Проведено сравнение результатов моделирования в ключевых точках с другим транспортным кодом, широко используемом в термоядерных исследованиях. Получено хорошее согласие результатов моделирования между двумя кодами, что говорит о больших перспективах работы с кодом OpenMC в будущем как для задач проекта TRT, так и для других установок УТС.

Работа выполнена в рамках государственного контракта № Н.4к.241.09.23.1060 от 17.04.2023 на выполнение научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы "НИОКР в обоснование программы исследований и технических требований к системам токамака с реакторными технологиями. Этап 2023-2024 годов".

Литература

- [1]. Paul K. Romano, Nicholas E. Horelik, Bryan R. Herman, Adam G. Nelson, Benoit Forget, and Kord Smith, "OpenMC: A State-of-the-Art Monte Carlo Code for Research and Development," *Ann. Nucl. Energy*, 82, 90–97 (2015).
- [2]. Бусленко Н.П. Метод статистических испытаний (Монте-Карло) и его реализация на цифровых вычислительных машинах // Ю.А. Шрейдер. М.: Физматгиз, 1961.
- [3]. А.В. Красильников, С.В. Коновалов и др. Токамак с реакторными технологиями (TRT): концепция, миссии, основные особенности и ожидаемые характеристики // *Физика плазмы*, 2021, том 47, № 11, с. 970–985