Моделирование и оценка погрешности измерений термоядерной мощности токамака ИТЭР [[1]](#footnote-1)\*)

Ковалев А.О., Родионов Р.Н., Воробьёв В.А., Портнов Д.В., Кащук Ю.А.

ЧУ ГК Росатом «Проектный центр ИТЭР», г. Москва, Россия, [A.Kovalev@iterrf.ru](mailto:A.Kovalev@iterrf.ru)

Эта работа посвящена анализу производительности радиометров термоядерных нейтронов ИТЭР: Диверторного монитора нейтронного потока (ДМНП), Монитора нейтронного потока (МНП) и Микрокамер деления (МКД). Средства диагностики будут измерять полный выход нейтронов и термоядерную мощность плазмы ИТЭР в широком диапазоне величин, 7 порядков. Системы могут быть абсолютно откалиброваны с очень хорошей точностью (до 10%) с использованием стандартизированных источников нейтронов (генераторов нейтронов и/или изотопных источников).

Плазма как источник нейтронов представляет собой пространственно распределенный объемный объект с изменяющимися во времени параметрами, такими как геометрия плазмы, положение магнитной оси и распределение нейтронов источника в полоидальном профиле плазмы.

Полная погрешность измерений представляет собой комбинацию двух факторов: статистической и систематической погрешности. Статистическая погрешность может быть минимизирована путем оптимизации массы чувствительного материала детекторов. Однако источники и возможный уровень систематической погрешности должны быть хорошо изучены на стадии проектирования.

Мы исследовали влияние выделенных параметров плазмы на систематическую погрешность измерений диагностик ДМНП, МНП и МКД. Для моделирования скорости реакции деления урана детекторов нейтронных диагностик в различные моменты времени был реализован подход с использованием функций Грина. В модель измерений были включены диапазоны линейных зависимостей, чувствительность детекторов к ДД или ДТ нейтронам источника, концепция стратегии калибровки со стандартным распределением нейтронов, текущую конструкцию систем. Статистическая погрешность была оценена методом средневзвешенного значения. Источниками систематической погрешности являются стратегия калибровки и принятые допущения, когда диагностические приборы в качестве счетчиков не могут различать сигналы, вызванные ДД и ДТ нейтронами источника. Такой эффект и его влияние на измерения был показан на примере сценариев ДД плазмы ИТЭР. В работе также приведены результаты исследования влияния эволюции параметров плазмы на систематическую погрешность измерений мониторов. Были рассмотрены различные методы оценки и компенсации систематической погрешности.

Усовершенствованные алгоритмы измерений и интеграция нейтронных диагностик в единую измерительную схему помогут уменьшить систематическую погрешность и достичь наилучшей возможной точности измерения параметров плазмы ИТЭР.

Работа выполнена в рамках государственного контракта между Частным учреждением «ИТЭР-Центр» и Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» № Н.4а.241.19.22.1123 от 14 февраля 2022 г. «Разработка, опытное изготовление, испытание и подготовка к поставке специального оборудования в обеспечение выполнения российских обязательств по проекту ИТЭР в 2022 году».

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/E/en/IH-Kovalev_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)