

МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОБЪЁМНОГО ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ ВВЭР-1000 ПО ПОКАЗАНИЯМ БОКОВЫХ ИОНИЗАЦИОННЫХ КАМЕР

Н.О. Рябов, А.А. Семёнов, Д.А. Соловьёв
*Московский инженерно-физический институт (государственный
университет), Москва, Россия*

Предложена математическая процедура восстановления высотного профиля энерговыделения по показаниям боковых ионизационных камер, основанная на построении оптимальной системы базисных функций, представляющих распределение энерговыделения в реакторе. Предлагаемая методика позволяет уменьшить ошибку в 5 раз по сравнению со штатно методикой.

В реакторах ВВЭР-1000 основным способом оперативного контроля уровня мощности является измерение нейтронного потока с использованием боковых ионизационных камер (БИК). Основное преимущество камер заключается в их высоком быстродействии, позволяющем использовать их сигналы для инициации технологических защит. С другой стороны, размещение датчиков за пределами активной зоны приводит к снижению чувствительности показаний БИК к энерговыделению в центральной области активной зоны.

Для преодоления этого недостатка, в системе аппаратуры контроля энерговыделения третьего блока Калининской АЭС внедрена система, корректирующая показания камер с использованием дополнительных данных – положений ОР СУЗ и температуры теплоносителя на входе в реактор.

При корректировке показаний восстанавливается высотный профиль энерговыделения. Точность восстановления определяет точность корректировки. Для представления высотного профиля используется линейная комбинация функций, каждая из которых является заданной линейной комбинацией синусоид, что позволяет уменьшить количество базисных функций по сравнению с использованием обычного разложения Фурье.

Нами была предложена математическая процедура, позволяющая строить базисные функции, обеспечивающие наилучшее в среднеквадратичном смысле представление высотного профиля энерговыделения и установить взаимосвязь коэффициентов разложения.

Предлагаемая методика восстановления высотного профиля энерговыделения состоит из следующих этапов:

1. Выбор системы оптимальных базисных функций, наилучшим образом представляющих распределение энерговыделения в активной зоне.

2. Идентификация нелинейной модели, связывающей показания БИК и коэффициенты разложения поля энерговыделения по выбранному базису.

3. Расчет функционалов нейтронного поля – интегральной мощности, офсета.

Были проведены тестовые расчёты восстановления поля энерговыделения с использованием комплексной модели энергоблока МФА для 12 кампании 1 блока Калининской АЭС. Расчёты проводились по предлагаемой нами методике и по алгоритму, используемому в настоящее время. По результатам восстановления были построены графики, изображённые на рис. 1(а,б).

На рис. 2(а,б) изображено распределение ошибки восстановления по высоте активной зоны.

Таким образом, проведённые расчёты и анализ их результатов показали, что использование предлагаемой методики позволяют в 5 раз уменьшить ошибку восстановления аксиального профиля энерговыделения, по сравнению со штатной методикой, предлагаемая методика позволяет восстанавливать не только высотный профиль энерговыделения, но и объёмное распределение.

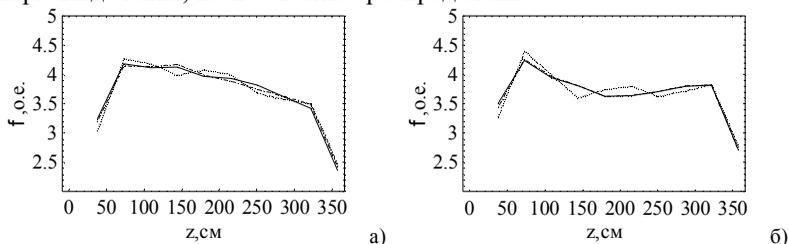


Рис. 1. Сравнение реального и восстановленных профилей энерговыделения при: а) $N_{10}=100\%$; б) $N_{10}=10\%$. Сплошная линия – реальный высотный профиль, штриховая линия – восстановление по штатной методике.

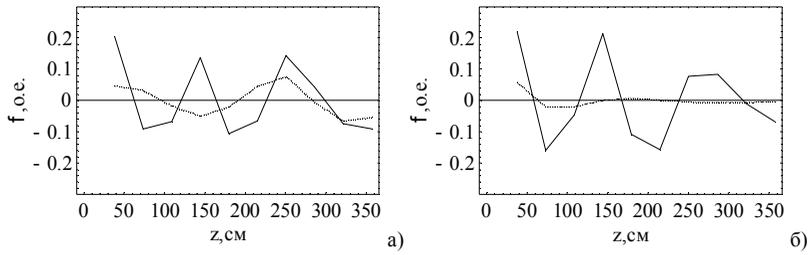


Рис. 2. Распределение ошибки восстановления аксиального профиля энерговыделения при: а) $N_{10}=100\%$; б) $N_{10}=10\%$. Сплошная линия – восстановление по штатной методике.