

Информатика и системные науки (ИСН-2017)

УДК 681.3(07)

**МОДЕЛИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА ТОМОГРАФИИ  
ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК РЕАКТОРА ВВЭР-  
1000**

*Г. В. Банзак, к.т.н., доцент*

*Одесская государственная академия технического*

*регулирования и качества*

*banzak@mail.ru*

**MODELLING OF ALGORITHM OF TOMOGRAPHY  
ALLOCATING WARMLY  
ASSEMBLY OF REACTOR AWER-1000**

G.V. Banzak. The new algorithm of a passive tomography of nuclear fuel which uses a way angular projections of own radiation allocating warmly assembly is developed.

allocating warmly assembly, tomography of nuclear fuel, radiation

Разработан новый алгоритм пассивной томографии ядерного топлива, который использует способ угловых проекций собственного излучения тепловыделяющих сборок.

тепловыделяющие сборки, томография ядерного топлива, излучение

В большинстве разработанных к настоящему времени методов, как правило, используется активная томография, предполагающая наличие источника излучения, проходящего через обследуемый объект, и приемника (или группы приемников), регистрирующего прошедшее через объект излучение. Для анализа состояния ядерного топлива (ЯТ), в частности, тепловыделяющих сборок, целесообразно использовать пассивную эмиссионную томографию, основанную на регистрации собственного гамма-излучения продуктов деления (ПД) ЯТ с последующим определением их

Computer Sciences and System Sciences (CS&SS-2017)

## Информатика и системные науки (ИСН-2017)

активности внутри исследуемой тепловыделяющей сборки (ТВС).

Для формирования пространственных проекций поля собственного излучения ТВС возможны несколько способов реализации компьютерной томографии. Вне зависимости от способа реализации компьютерной томографии представляется весьма сложным, с конструктивной точки зрения, радиальное перемещение гамма-детектора или контролируемой ТВС. Поэтому далее компьютерная томография ЯТ исследуется только для угловых проекций собственного излучения ТВС [1,2].

При расположении детектора в  $n$ -ой точке наблюдения на расстоянии  $R_n$  от оси ТВС измеренная интенсивность гамма-излучения  $i$ -го изотопа с энергией  $E_{\gamma_j}$  в точке расположения детектора равна:

$$I_n^i = \sum_m A_{mi} k_{ij} w_{mn} \varepsilon(E_{\gamma_j}), \quad (1)$$

где  $A_{mi}$  – активность  $i$ -го изотопа для  $m$ -го твэла с учетом его реального состояния;  $k_{ij}$  – выход гамма-линии с номером  $j$  для  $i$ -го изотопа;  $w_{mn}$  – коэффициент вклада  $m$ -го твэла в интенсивность излучения  $i$ -го изотопа с энергией  $E_{\gamma_j}$ , учитывающий эффекты ослабления при распространении пучка гамма-излучения от  $m$ -го твэла до  $n$ -ой точки наблюдения;  $\varepsilon(E_{\gamma_j})$  – эффективность регистрации детектора для энергии  $E_{\gamma_j}$ ,  $m=1, \dots, M$ , где  $M$  – общее число твэлов в ТВС.

При измерениях в выделенном пике полного поглощения конкретного реперного изотопа можно опустить постоянные  $k_{ij}$ ,  $\varepsilon(E_{\gamma_j})$  и записать выражение (1) в упрощенном виде:

$$I_n = \sum_m A_m w_{mn} \cdot \quad (2)$$

Распределение продуктов деления может быть использовано для контроля целостности оболочек твэлов, так как в случае разгерметизации твэла распределения легкоподвижных и малоподвижных продуктов деления будут отличаться. Увеличение среднего выгорания ЯТ по зоне до 60-70 ГВт·сут/т приводит к существенным значениям локального выгорания. Это позволяет более уверенно идентифицировать негерметичные твэлы.

Таким образом, предложено использование методов алгебраической реконструктивной пассивной томографии (АРТ) для восстановления изображения внутренней структуры тепловыделяющих сборок. С этой целью разработан новый алгоритм пассивной томографии ядерного топлива на примере ВВЭР-1000, который использует способ угловых проекций собственного излучения ТВС. Компьютерные эксперименты томографии данного объекта показали, что оптимальными являются измерения интенсивности излучения в 360 точках расположения детектора относительно оси ТВС для двух и более значений энергии гамма-излучения реперного изотопа  $^{134}\text{Cs}$ . В этом случае предложенный метод АРТ позволяет идентифицировать на восстановленных томограммах дефектные твэлы с уровнем протечки более 30 %, а также отсутствие твэлов в ТВС.

#### Список литературы

1. Банзак О.В. Методика проектирования цифрового гамма-спектрометра / О.В. Банзак, А.В. Карпенко, О.В. Маслов, В.А. Мокрицкий // Система обробки інформації. – №1(108). – Харків, 2013. – С. 35–38.
2. Банзак О.В. Полупроводниковые детекторы нового поколения для радиационного контроля и дозиметрии ионизирующих излучений / О.В. Банзак, О.В. Маслов, В.А.Мокрицкий: Под ред. В.А. Мокрицкого, О.В. Маслова. – Монография. – Одесса, 2013. – Изд-во «БМВ». – 220 с.