

МЕТОДЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ДЕФЕКТНЫХ ТВС В РЕАКТОРЕ МБИР

П.А. Дворников, С.Н. Ковтун, Д.А. Лукьянов, С.С. Шутов, А.С. Жилкин
ГНЦ РФ-Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского, г. Обнинск



Дается описание проектируемой системы контроля герметичности оболочек твэлов реактора МБИР. Предлагается метод локализации ТВС с негерметичными твэлами на работающем реакторе для сокращения времени поиска дефектной ТВС на остановленном реакторе. Метод основан на использовании показаний детекторов системы КГО по запаздывающим нейтронам и моделировании распределения теплоносителя по петлям теплообмена.

Ключевые слова: исследовательский реактор МБИР, КГО твэлов, система КГО по запаздывающим нейтронам, локализация дефектных ТВС.

Key Words: MBIR Research Reactor, Fuel Element Monitoring, Delayed Neutron Detection System, Failed Fuel Assemblies Localization.

ВВЕДЕНИЕ

Многофункциональный быстрый исследовательский реактор (МБИР) – новая исследовательская ядерная установка с многоцелевым реактором на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем, предназначенная для проведения широкого спектра исследований в обоснование инновационных проектов атомной энергетики. Планируемый срок ввода в эксплуатацию – 2019 г.

Основные характеристики МБИР [1]: мощность тепловая 150 МВт; плотность потока нейтронов в активной зоне не менее $5 \cdot 10^{15}$ 1/(см²·с); схема теплоотвода трехконтурная (натрий, натрий, вода), двухпетлевая; топливо смешанное уран-плутониевое; проектный срок службы до 50-ти лет. Предварительный вариант картограммы РУ МБИР приведен на рис. 1 [1].

Основные требования, предъявляемые к разрабатываемому реактору, заключаются в необходимости достижения высокой плотности потока нейтронов в реакторе, а также проведения исследований разных видов топлива, конструкционных и других материалов для обоснования реакторных технологий с различными типами теплоносителей, включая газовый, жидкометаллические, жидкосолевые теплоносители. Экспериментальные устройства в активной зоне реактора МБИР включают в себя петлевые каналы, вертикаль-

© П.А. Дворников, С.Н. Ковтун, Д.А. Лукьянов, С.С. Шутов, А.С. Жилкин, 2013

ные, горизонтальные и наклонные экспериментальные каналы, материаловедческие сборки [1, 2].

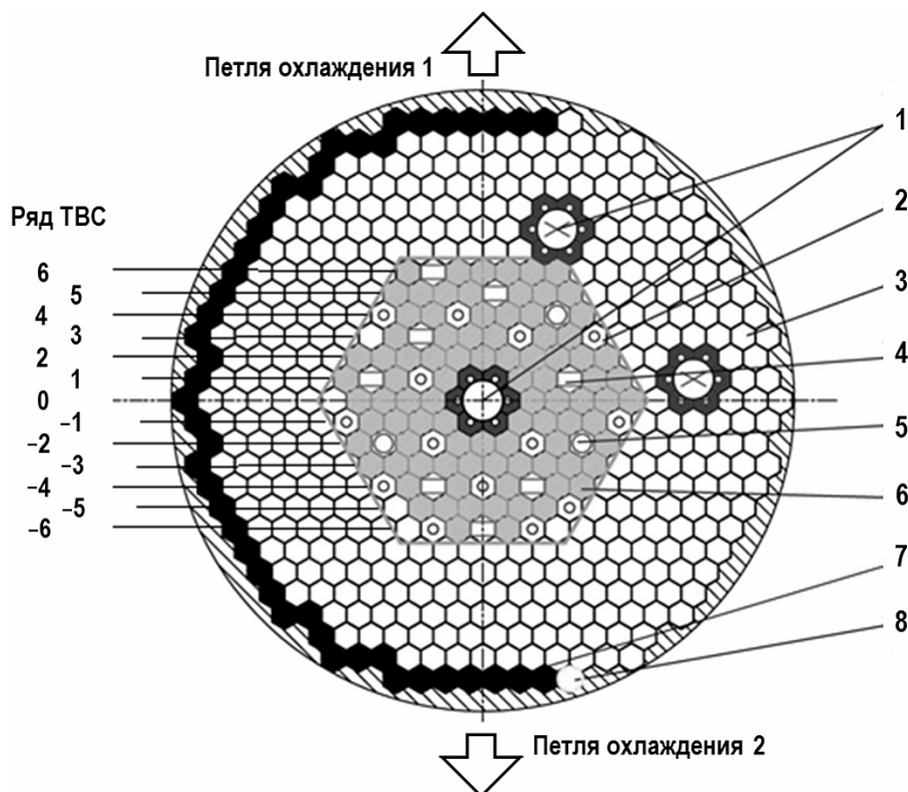


Рис. 1. Картограмма активной зоны РУ МБИР: 1 – канал петлевой (3 шт.); 2 – экспериментальная сборка (14 шт.); 3 – сборка бокового экрана (337 шт.); 4 – рабочий орган СУЗ (8 шт.); 5 – экспериментальный канал (3 шт.); 6 – ТВС (90 шт.); 7 – ВРХ (45 шт.); 8 – ячейка для загрузки ТВС

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ОБОЛОЧЕК ТВЭЛОВ МБИР

Система контроля герметичности оболочек (КГО) твэлов является основным средством оперативного контроля технического состояния активной зоны и выполняет функции по обеспечению нормальной и безопасной работы реакторной установки [3]. По показаниям системы КГО определяется целостность оболочек твэлов, оценивается характер дефектов, количество негерметичных твэлов, а также местоположение дефектных ТВС с негерметичными твэлами в активной зоне.

Система КГО МБИР состоит из следующих систем (подсистем).

1. Система КГО по газу предназначена для непрерывного измерения активности газообразных продуктов деления (Xe^{133} , Xe^{135} , $\text{Kr}^{85\text{m}}$, Kr^{87} , Kr^{88}) в газовой подушке реактора. Показания системы используются для регистрации появления газовых течей в оболочках твэлов (начальная стадия развития дефекта).

2. Система КГО по натрию предназначена для контроля за накоплением в теплоносителе первого контура радиоактивных продуктов деления Cs^{137} , Cs^{134} , Cs^{136} , Cs^{138} , I^{131} , I^{133} и других. Показания системы свидетельствуют о развитии дефектов до стадии прямого контакта топлива с теплоносителем, а также позволяют оценить загрязнение поверхностей оборудования первого контура долгоживущими радио-

активными продуктами деления.

3. Система КГО по запаздывающим нейтронам предназначена для непрерывного измерения плотности потока запаздывающих нейтронов, испускаемых продуктами деления, попадающими в теплоноситель первого контура через дефекты в оболочке твэла. Показания системы используются для регистрации дефектов типа «прямой контакт топлива с теплоносителем». Система также позволяет оценивать местоположение дефектных ТВС.

4. Внутриреакторная система определения дефектных сборок (СОДС-Р) предназначена для работы на остановленном реакторе и совмещена с перегрузочной машиной. Система контролирует активность продуктов деления в инертном газе, при помощи которого происходит отдувание теплоносителя из контролируемой ТВС в кессоне механизма перегрузки.

5. Вне реакторная система определения дефектных сборок после их выгрузки из реактора (СОДС-ГО) предназначена для работы на остановленном реакторе при выполнении отмывки сборок от натрия. Система должна контролировать активность продуктов деления в отмывочных средах (газ, пар, вода) на выходе из гнезда отмывки ТВС.

Отметим, что система СОДС-Р позволяет однозначно идентифицировать дефектные ТВС, содержащие негерметичные твэлы, на остановленном реакторе. Проблема заключается в том, что процедура наведения перегрузочной машины на ТВС, проведение технологических операций для подготовки к отбору проб и анализа занимают достаточно много времени, поэтому необходимо до нескольких суток остановка реактора для контроля всех ТВС активной зоны.

Привлекательным является следующий подход. Контроль на остановленном реакторе производится только при наличии в активной зоне дефектных ТВС с негерметичными твэлами, обнаруженных при работе реактора на мощности. Причем область поиска можно существенно сократить за счет предварительной оценки местоположения (локализации) дефектной ТВС на работающем реакторе.

Рассмотрим далее физические основы метода локализации дефектных ТВС с помощью системы КГО по запаздывающим нейтронам.

МЕТОД КГО ТВЭЛОВ ПО ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ НЕЙТРОНАМ

В основе метода лежит принцип индикации утечки продуктов деления из поврежденных твэлов в теплоноситель [4]. В качестве реперных радионуклидов выбраны предшественники запаздывающих нейтронов. Осколки деления— предшественники запаздывающих нейтронов выходят в теплоноситель в тех случаях, когда оболочка твэла повреждена и топливо в месте повреждения контактирует с теплоносителем. Таким образом, измерение потока нейтронов, испускаемых теплоносителем первого контура в местах расположения детекторов системы, позволяет вести непрерывный контроль за появлением дефектов типа «контакт топлива с теплоносителем» и их развитием.

Для обнаружения дефектных ТВС, содержащих негерметичные твэлы, на трубопроводах петель охлаждения и на экспериментальных петлевых каналах на выходе из активной зоны устанавливаются детекторы запаздывающих нейтронов (ДЗН) на основе ионизационных камер деления [6]. Сигналы ДЗН

подаются на измерительное устройство, где выполняется формирование цифрового сигнала, который соответствует плотности потока нейтронов от теплоносителя (натрия) первого контура и теплоносителя, циркулирующего по экспериментальным каналам.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ КГО ПО ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ НЕЙТРОНАМ

ДЗН системы КГО по запаздывающим нейтронам, установленные за корпусом реактора на трубопроводах петель охлаждения первого контура (рис. 1), регистрируют нейтроны, источниками которых являются продукты деления ядерного топлива – предшественники запаздывающих нейтронов (ПЗН), «прострел» нейтронов активной зоны, гамма-излучение от активной зоны и теплоносителя первого контура.

ПЗН попадают в теплоноситель через дефекты в оболочке твэла, а также с поверхности твэла, ТВС и других внутриреакторных конструкций активной зоны, загрязненных топливными материалами (так называемое поверхностное загрязнение).

Общая скорость счета импульсов от ДЗН, установленного на k -ой петле охлаждения, $N_k(t)$ ($k = 1, 2$) может быть представлена как

$$N_k(t) = N_k^{DN}(t) + N_k^{Surf}(t) + F_k(t), \quad (1)$$

где $N_k^{DN}(t)$ – вклад от запаздывающих нейтронов, связанных с дефектами в оболочке твэла; $N_k^{Surf}(t)$ – вклад от запаздывающих нейтронов, связанных с поверхностным загрязнением; $F_k(t)$ – вклад от нейтронов активной зоны и фотонейтронов.

Составляющие сигнала $N_k^{Surf}(t)$ и $F_k(t)$ образуют уровень фона в показаниях ДЗН. Очевидно, что для решения задачи КГО требуется определить зависимость величины $N_k^{DN}(t)$ от местоположения негерметичного твэла, для чего рассмотрим физические модели

- выхода ПЗН в теплоноситель первого контура;
- переноса ПЗН в теплоноситель первого контура из активной зоны реактора к месту расположения ДЗН.

Выберем в качестве отсчета систему координат, связанную с центром активной зоны реактора. Предположим, что в некоторый момент времени t в некоторой точке \mathbf{R} появляется источник ПЗН в теплоноситель первого контура с интенсивностью

$$I(\varphi(\mathbf{R}, t); \sigma_f(\mathbf{R}); n(\mathbf{R}); H(G, T, m, t)) = n(\mathbf{R}) \times \sigma_f(\mathbf{R}) \times \varphi(\mathbf{R}, t) \times H(G, T, m, t), \quad (2)$$

где первые три множителя определяют скорость делений в твэле тяжелых ядер с общей плотностью $n(\mathbf{R})$ и средним сечением $\sigma_f(\mathbf{R})$ в потоке нейтронов $\varphi(\mathbf{R}, t)$, а функция $H(G, T, m, t)$ определяет выход ПЗН из негерметичного твэла в теплоноситель.

Физическая сущность функции $H(G, T, m, t)$ заключается в том, что выход ПЗН из негерметичного твэла в теплоноситель зависит от величин расхода $G(t)$ через ТВС с негерметичным твэлом; температуры $T(t)$ в месте контакта топлива с теплоносителем; параметра $m(t)$, определяемого видом топлива, его состояни-

ем (выгоранием), условиями гидродинамики теплоносителя в месте дефекта, размером и типом дефекта твэла. Функция H принимается как некий параметр, меняющийся во времени и определяющий количество ПЗН, выходящих в единицу времени из негерметичного твэла в теплоноситель. Очевидно, что когда $H(G, T, m, t) = 0$, интенсивность источника ПЗН равна нулю, т.е. твэл является герметичным.

Для исследования поведения ПЗН, вышедших в теплоноситель, введем функцию $M_k(\mathbf{R}, G_k)$, которая определяет относительную долю осколков деления, переносимых в потоке теплоносителя из точки \mathbf{R} в некоторый эффективный измерительный объем k -го ДЗН ($k = 1, 2$), из которого запаздывающие нейтроны регистрируются детектором с эффективностью ε_k . Значения функции зависят от места расположения негерметичной ТВС в активной зоне \mathbf{R} и расхода G_k теплоносителя через петлю теплообмена k .

Тогда составляющая скорости счета импульсов k -го ДЗН от запаздывающих нейтронов, связанных с возникновением дефекта в оболочке твэла, в момент времени t

$$N_k^{DN}(t) = n(\mathbf{R}) \times \sigma_f(\mathbf{R}) \times \varphi(\mathbf{R}, t - t_{tr}^k) \times \\ \times H(G(t - t_{tr}^k), T(t - t_{tr}^k), m(t - t_{tr}^k)) \times \\ \times M_k(\mathbf{R}, G_k) \times \varepsilon_k \times B(\lambda_i, a_i, t_{tr}^k, t_0), \quad (3)$$

где t_0 – эффективное время цикла теплоносителя в первом контуре. Функция $B(\lambda_i, a_i, t_{tr}^k, t_0)$ связывает интенсивность запаздывающих нейтронов i -ой группы с абсолютным выходом a_i и постоянной распада λ_i с интенсивностью выхода ПЗН. Эта функция учитывает распад ПЗН за время их доставки теплоносителем t_{tr}^k в эффективный измерительный объем k -го ДЗН и влияние рециклических ПЗН, пришедших в этот объем к моменту времени t после предыдущих циклов теплоносителя.

Отметим, что для функций $\varphi(\mathbf{R}, t - t_{tr}^k)$, $H(G(t - t_{tr}^k), T(t - t_{tr}^k), m(t - t_{tr}^k))$, $B(\lambda_i, a_i, t_{tr}^k, t_0)$, записанных в правой части выражения (3), можно приближенно использовать общее эффективное время доставки t_{tr} для каждого ДЗН, так как в реальных условиях работы реактора разница во временах доставки не должна превышать нескольких секунд. Величина t_{tr} при работе реактора на номинальном уровне мощности по предварительным оценкам составляет около 40 секунд. Оценка проводилась исходя из геометрических размеров корпуса реактора, диаметра главных трубопроводов первого контура и величины общего расхода теплоносителя первого контура через реактор.

Учитывая идентичность конструкции и симметричность расположения ДЗН на различных петлях теплообмена, для проведения дальнейших расчетов можно считать, что эффективности регистрации близки $\varepsilon_1 \approx \varepsilon_2$. Тогда отношение сигналов от запаздывающих нейтронов, связанных с дефектом в оболочке твэла, по различным петлям ($k = 1, 2$)

$$N_1^{DN}(t) / N_2^{DN}(t) \approx M_1(\mathbf{R}, G_1) / M_2(\mathbf{R}, G_2). \quad (4)$$

Видно, что отношение составляющих скоростей счета ДЗН определяется отношением функций $M_k(\mathbf{R}, G_k)$, значения которых зависят только от места расположения негерметичного твэла в активной зоне и распределения расхода теплоносителя по петлям теплообмена.

Для решения задачи выделения в показаниях ДЗН составляющей сигнала от запаздывающих нейтронов, связанных с дефектами в оболочке твэла, в соответствии с уравнением (1) необходимо из общей скорости счета k -го ДЗН вычесть фоновые составляющие:

$$N_k^{DN}(t) = N_k(t) - N_k^{Surf}(t) - F_k(t). \quad (5)$$

Очевидно, что в условиях отсутствия негерметичных твэлов $N_k^{DN}(t) = 0$ общая скорость счета импульсов от ДЗН определяется только фоновыми составляющими, что дает возможность непосредственно определять фон при эксплуатации реактора.

Таким образом, для решения задачи локализации дефектной ТВС по показаниям ДЗН требуется гидродинамический расчет переноса осколков деления в потоке теплоносителя для определения относительной доли ПЗН, регистрируемых ДЗН на различных петлях теплообмена, в зависимости от места расположения дефектной ТВС. Рассмотрим далее упрощенные модели переноса ПЗН для использования в системе КГО МБИР.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПЕРЕНОСА ПЗН

Модель «пятна»

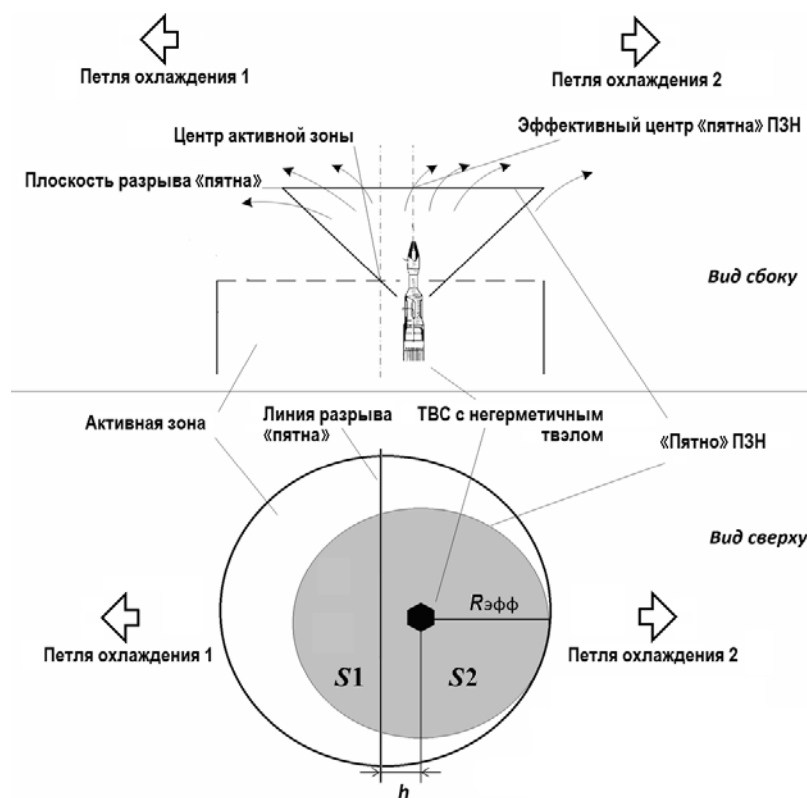


Рис. 2. Схема переноса ПЗН в модели «пятна»

Представим, что ПЗН выходят из дефектной ТВС в потоке натрия через верхние выходные камеры в верхнюю смесительную и, перемешиваясь с теплоносителем, выходящим из соседних ТВС, образуют эффективное «пятно», которое по мере подъема вверх продолжает перемешиваться и расширяться в потоке теплоносителя (рис. 2). Перемешиваясь, это «пятно» (будем считать его круглым в сечении) достигает некоторой условной горизонтальной плоскости, в которой

начинает разделяться на две части $S1 = S1(\mathbf{R}, G_1)$ и $S2 = S2(\mathbf{R}, G_2)$, которые переносятся затем по двум различным петлям первого контура. Назовем эту условную плоскость плоскостью разрыва эффективного «пятна» ПЗН, а линию, вдоль которой происходит разрыв, – линией разрыва.

В рамках модели «пятна» будем полагать, что

– эффективный центр «пятна» при достижении плоскости разрыва находится над ТВС с негерметичными твэлами;

– линия разрыва «пятна» проходит через середину активной зоны на равном расстоянии от входных патрубков главного трубопровода первого контура.

При работе реактора на номинальном уровне мощности расходы теплоносителя по каждой петле охлаждения первого контура должны быть равны между собой. В этом случае, учитывая вышеизложенное, можно предположить, что

$$M_1(\mathbf{R}, G_1) / M_2(\mathbf{R}, G_2) \approx S_1(\mathbf{R}) / S_2(\mathbf{R}) . \quad (6)$$

Очевидно, что для всех ТВС, удаленных от линии разрыва «пятна» на одинаковое расстояние h , отношение площадей $S1$ и $S2$ одинаковое. Это условие устанавливает предельную точность локализации для данного алгоритма – ряд активной зоны, в котором может находиться от 3 до 11 ТВС (см. рис. 1).

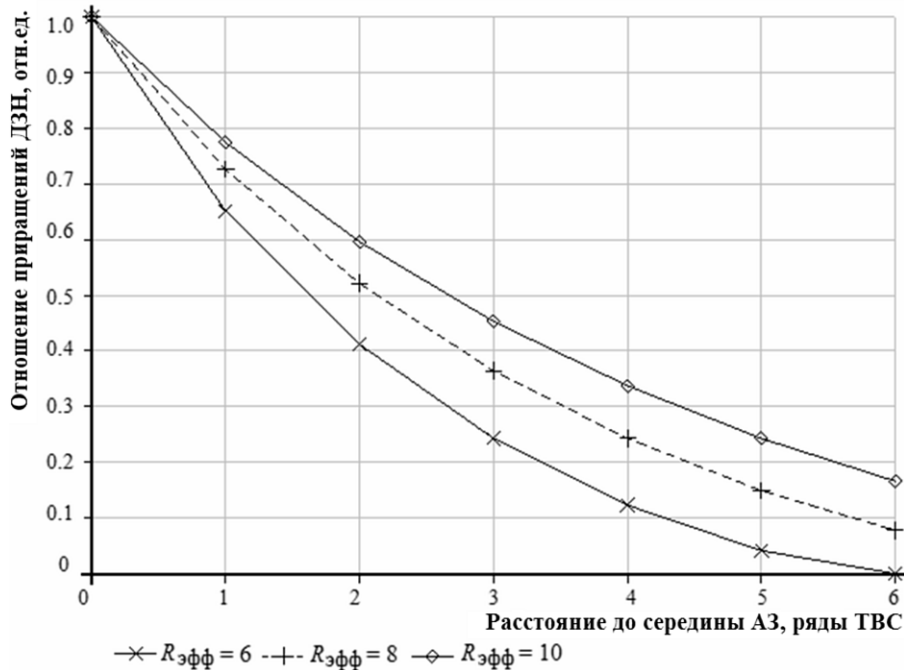


Рис. 3. Отношение приращений показаний ДЗН в зависимости от расстояния дефектной ТВС до середины активной зоны для гидродинамической модели «пятна»

Окончательное выражение, на основании которого строится алгоритм локализации дефектных ТВС, имеет вид

$$N_1^{DN}(t) / N_2^{DN}(t) \approx S1(h) / S2(h) . \quad (7)$$

Алгоритм имеет один «настроечный» параметр – эффективный радиус «пятна» ПЗН – $R_{эфф}$. Для предварительной оценки параметра было использовано

эмпирическое значение аналогичного параметра программы локализации, применяемой на реакторе БН-600 и также использующей гидродинамическую модель «пятна» [5]. На основании диффузионной модели распространения ПЗН в потоке теплоносителя величина эффективного радиуса «пятна» ПЗН для БН-600 была скорректирована с учетом соотношения скоростей теплоносителя, и ее значение было оценено как $R_{эфф} \approx 8 \pm 2$ ряда ТВС. На рисунке 3 приведены значения отношений приращений показаний ДЗН (N_1^{DN} / N_2^{DN} , если $N_1^{DN} \leq N_2^{DN}$ или N_2^{DN} / N_1^{DN} , если $N_1^{DN} > N_2^{DN}$) в зависимости от расстояния дефектной ТВС до середины активной зоны при величине $R_{эфф}$ равной шестому, восьмому и десятому рядам ТВС.

Полученные результаты означают, что при разгерметизации ТВС из любого ряда активной зоны теоретически должны изменяться показания ДЗН каждой петли. В реальности, однако, при малых разгерметизациях на периферии активной зоны (пятый, шестой ряды) незначительные приращения показаний ДЗН, установленного на петле, находящейся в противоположной части активной зоны, могут быть скрыты фоновыми шумами.

Модель «облака»

Опыт эксплуатации программы локализации на БН-600 показал, что модель «пятна» не может объяснить случаи, когда при разгерметизации твэла на периферии активной зоны увеличивались показания не только ДЗН, контролирующего активность теплоносителя того же сектора активной зоны, но и детекторов других секторов. Одно из возможных объяснений – перемешивание теплоносителя, включая многократную циркуляцию осколков деления по контуру с частичным перемешиванием в напорной камере. Для учета данного эффекта авторами статьи была предложена модифицированная гидродинамическая модель переноса ПЗН – модель «облака» ПЗН.

В отличие от модели «пятна» в данной модели нет четких границ области распространения ПЗН. Осколок, выходящий из негерметичного твэла, при достижении плоскости разрыва может удаляться от эффективного центра «облака» (находящегося над дефектной ТВС) на случайное расстояние r , которое подчиняется нормальному распределению с параметром $R_{эфф}$:

$$f(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}r} e^{-\frac{r^2}{2R_{эфф}^2}}. \quad (8)$$

Параметр $R_{эфф}$ в данном случае есть эффективный радиус «облака» ПЗН. На рисунке 4 приведены значения отношений приращений показаний ДЗН для модели «облака» в зависимости от расстояния дефектной ТВС до середины активной зоны при величине $R_{эфф}$ равной шестому, восьмому и десятому рядам ТВС.

Отметим, что значение эффективного радиуса «пятна» ПЗН будет уточнено по результатам гидродинамических расчетов, тестирования алгоритма при проведении испытаний на этапе пуска и в процессе эксплуатации реактора.

ПРОЦЕДУРА ЛОКАЛИЗАЦИИ ДЕФЕКТНОЙ ТВС

Для локализации дефектных ТВС предварительно производится расчет с помощью моделей «пятна» и (или) «облака» опорных откликов ДЗН (7) для каждого ряда ТВС. Локализация дефектных ТВС на работающем реакторе проводит-

ся на основании сравнения реальных откликов ДЗН с расчетными опорными значениями. После остановки реактора с помощью системы СОДС-Р вначале проверяется ряд ТВС, для которого отношение показаний ДЗН наиболее близко к расчетному значению и в котором наиболее вероятно находится дефектная сборка. Затем проводится проверка ТВС в следующем по вероятности нахождения дефекта ряду и т.д.

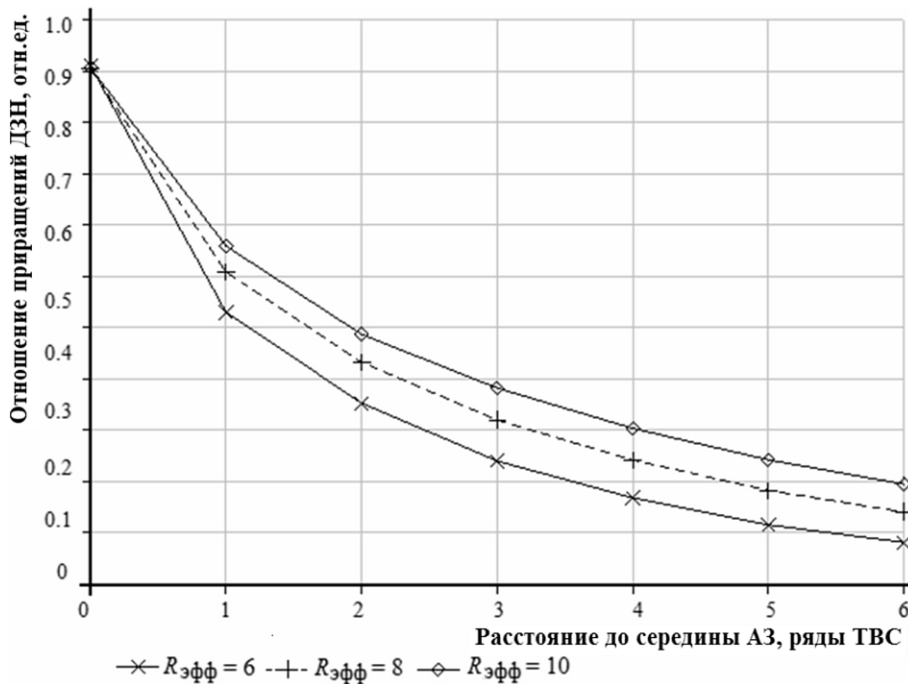


Рис. 4. Отношение приращений показаний ДЗН в зависимости от расстояния дефектной ТВС до середины активной зоны для гидродинамической модели «облака»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрены системы КГО МБИР и предложены простые гидродинамические модели переноса осколков деления в потоке теплоносителя для оценки откликов детекторов системы КГО по запаздывающим нейтронам в зависимости от места расположения дефектной ТВС.

Предложенный в работе подход к локализации ТВС с негерметичными твэлами на работающем МБИР позволяет существенно сузить область поиска на остановленном реакторе и сократить время простоя.

Литература

1. Третьяков И.Т., Лопаткин А.В., Романова Н.В. и др. От БОР-60 к реактору МБИР: преемственность и развитие / Сборник докладов научно-технического семинара «Роль реактора БОР-60 в инновационном развитии атомной отрасли». ОАО «ГНЦ НИИАР», г. Димитровград, 2 марта 2010 г.
2. Зайко И.В., Левченко М.О., Лопаткин А.В. и др. Нейтронно-физические особенности активной зоны МБИР // Атомная энергия. – 2013. – Том 114. – №4. – С. 188-191.
3. Общие положения обеспечения безопасности исследовательских ядерных установок НП-033-01. Утверждены Постановлением Госатомнадзора России от

16.01.2002 г. № 2.

4. *Скоморохов А.О., Лукьянов Д.А.* Применение метода перекомпенсации для определения местоположения негерметичных сборок в реакторах на быстрых нейтронах // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2007. – №2. – С.39–43.

5. *Лукьянов Д.А., Скоморохов А.О., Воропаев А.И. и др.* Система экспертного анализа данных по КГО твэл реактора БН-600 на базе центра технической поддержки ГНЦ РФ-ФЭИ // Безопасность АЭС и подготовка кадров: тез. докл. XII Международной конференции, Обнинск, 4–7 октября 2011 г. – Обнинск : ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2011. – Ч. 1. – С. 88–89.

6. *Жилкин А.С., Гурьев С.А., Осипов С.Л. и др.* Локализация дефектных ТВС в активной зоне реактора БН-600 с помощью секторной системы КГО // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2011. – №1. – С.83–91.

Поступила в редакцию 24.05.2013 г.

ABSTRACTS OF THE PAPERS

УДК 621.039

Development of closed nuclear fuel cycle technologies of fast reactors for large scale nuclear energetic \ V.I. Rachkov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Hier Scool. Nuclear Power Engineering) – Obnibsk, 2013. 10 pages. – References, 11 titles.

Problems of modern nuclear power engineering are brought up and described are the possible solutions on the basis of closed nuclear fuel cycle with fast reactors that meet the requirements of inherent safety for large scale nuclear power industry. This article analyses the content of acting since 2010 Federal State Program “Nuclear power technologies of new generation for the period of 2010–2015 and in perspective until 2020” and its progress. The conclusion is that main principles of “Nuclear power engineering development strategy in Russia in the first half of XXI century”, approved by the government of RF in 2000, remain the same even though they require development concerning new reality at the market of organic fuels, state of Russian and world economies and higher safety requirements (Fukushima) as well as nuclear nonproliferation.

УДК 621.311.25

Model analysis of spent fuel pit severe accident for SUNPP (Unit 1) under blackout and heat removal failure using MELCOR 1.8.5 \ A.S. Balashevsky, D.V. Shevielov, N.I. Vlasenko, V.Ya. Kozlov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Hier Scool. Nuclear Power Engineering) – Obnibsk, 2013. 9 pages, 1 table, 8 illustrations. – References, 7 titles.

The calculation model of the spent fuel pit for SUNPP (Unit 1) using MELCOR 1.8.5 computer code has been created. The loss of heat removal from spent fuel pit initiating event has been analyzed. Time limits of fuel damage, hydrogen generated mass and melt-concrete interaction having been estimated.

УДК 621.039.564.5

Methods for localization of failed fuel assemblies in MBIR reactor \ P.A. Dvornikov, S.N. Kovtun, D.A. Lukyanov, S.S. Shutov, A.S. Zhilkin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Hier Scool. Nuclear Power Engineering) – Obnibsk, 2013. 10 pages, 4 illustrations. – References, 6 titles.

The paper describes the designed fuel element monitoring system for MBIR fast research reactor. The method for localization of failed fuel assemblies on the power operating reactor is proposed. As a result, the time of failed fuel assemblies search on shutdown reactor can be reduced. The method is based on monitoring of delayed neutrons emitted by fission products in coolant, and modeling of the loop distribution of liquid metal coolant.

УДК 621.039

Simulation of irradiation of the personnel involved in the process of AMB SNF cutting under water \ V.P. Smirnov, A.Z. Gayazov, I. V. Kuzmin, A.Yu. Leshchenko, S.V. Semenovych, V.V. Serebryakov, A.S. Hrenov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Hier Scool. Nuclear Power Engineering) – Obnibsk, 2013. 8 pages, 1 table, 4 illustrations. – References, 3 titles.

The article presents the basic factors of radiation exposure of the personnel in the process of work implementation for handling AMB SNF on the site of FSUE “PA “Mayak”. The results of experimental researches of mechanisms of formation of radiation sources impacting dosimetric situation are provided. The basic approaches to develop the model of formation of radiation exposure of the personnel and results of calculation of the parameters of dosimetric situation at working places using newly developed model are presented.