

## ЛОКАЛИЗАЦИЯ ДЕФЕКТНЫХ ТВС В АКТИВНОЙ ЗОНЕ РЕАКТОРА БН-600 С ПОМОЩЬЮ СЕКТОРНОЙ СИСТЕМЫ КГО

А.С. Жилкин\*, С.А. Гурьев\*\*, С.Л. Осипов\*\*\*, А.В. Саляев\*\*\*,  
В.А. Шаманский\*\*, А.Г. Цикунов\*

\* ГИЦ РФ-Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск

\*\* Белоярская АЭС, г. Заречный

\*\*\* «ОКБМ Африкантов», г. Н. Новгород



Представлены результаты разработки алгоритма и вычислительной программы МЗ6, позволяющей определить направление на дефектную ТВС в активной зоне, сектор и группу ячеек в секторе, в которых она находится. Приведено сравнение результатов расчетов по программе МЗ6 с опытными данными, показано удовлетворительное соответствие для ячеек активной зоны реактора.

**Ключевые слова:** активная зона, алгоритм, дефектная ТВС, расчетная программа, секторная система КГО.

**Key words:** core, algorithm, failed fuel sub-assembly, software, sector failed fuel detection system.

### ВВЕДЕНИЕ

Наиболее эффективный метод контроля целостности оболочек твэлов при работе реактора на мощности основан на регистрации нейтронного излучения теплоносителя, обусловленного выходом из дефектных твэлов предшественников запаздывающих нейтронов. На этом принципе построена так называемая секторная система контроля герметичности оболочек твэлов (ССКГО) [1, 2].

На реакторе БН-600 система ССКГО эксплуатируется с 1984 г. Нейтронные детекторы системы установлены напротив входных окон каждого из шести ПТО за корпусом реактора, за счет чего обеспечивается отдельная регистрация нейтронов из объема теплоносителя, прошедшего через различные секторы активной зоны. Время доставки теплоносителя от дефектной ТВС до места регистрации по разным оценкам составляет 9–12 с. В качестве детекторов нейтронов в системе используются коронные борные счетчики СНМ-14, размещенные в специальных блоках с замедлителем из полиэтилена. Еще шесть детекторов образуют дублирующую систему ССКГО (рис. 1). В настоящее время производится модернизация секторной системы с заменой детекторов, аппаратуры и программного обеспечения.

Как показал опыт эксплуатации, данные этой системы характеризуют техническое состояние твэлов, позволяют определить сектор активной зоны и более точный район в секторе, в котором находится дефектная ТВС.

© А.С. Жилкин, С.А. Гурьев, С.Л. Осипов, А.В. Саляев, В.А. Шаманский, А.Г. Цикунов, 2011

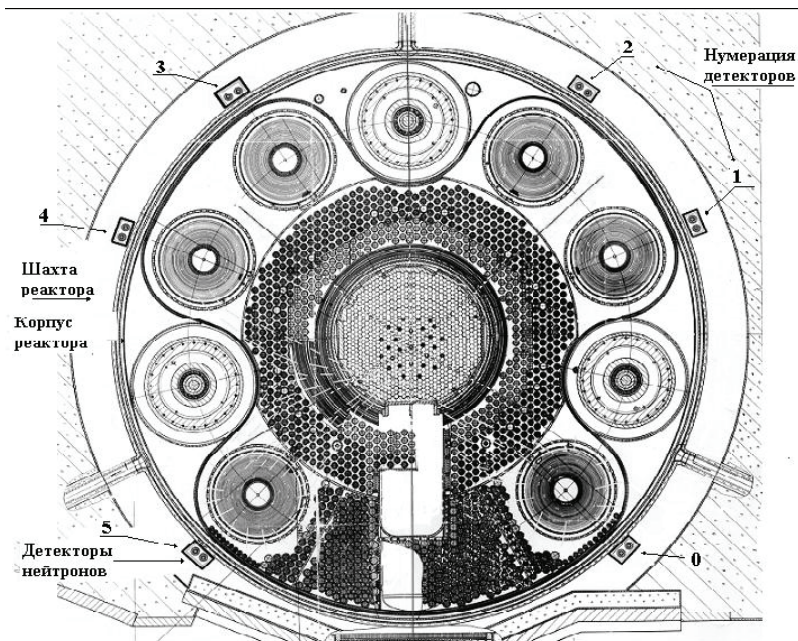


Рис. 1. Реактор с оборудованием и нейтронными детекторами ССКГО

Для функционирования ССКГО не требуется вывода натрия первого контура за пределы бака реактора, что является несомненным преимуществом перед зарубежными аналогами. Локализация повреждений в активной зоне, т.е. определение местоположения ТВС с дефектными твэлами, производится с помощью специально разработанных расчетных программ, в которых используются различные алгоритмы для решения задачи локализации.

В работе описывается алгоритм локализации, разработанный сравнительно недавно. Данный алгоритм заложен в расчетную программу М36, которая принята в опытную эксплуатацию на реакторе БН-600.

Большой комплекс исследований, проведенных на реакторе БН-600, показал, что возможности секторной системы далеко не исчерпаны, и имеются пути ее усовершенствования как средства внутриреакторного контроля и диагностики.

### **ФУНКЦИЯ ОТКЛИКА СЕКТОРНОЙ СИСТЕМЫ КГО**

На рисунке 1 показаны места расположения детекторов нейтронов, которые вместе с регистрирующей аппаратурой образуют ССКГО. Активную зону реактора можно разбить на шесть равных секторов, каждый из которых контролируется отдельным детектором. При этом номер сектора и номер детектора совпадают. Таким образом, показание всей системы в произвольный момент времени состоит из шести чисел, каждое из которых – измеренная скорость счета детектора.

Если при работе реактора на мощности в активной зоне отсутствуют дефектные ТВС, то показания системы целиком обусловлены нейтронами, которые постоянно присутствуют в шахте реактора (фон). Плотность потока этих нейтронов постепенно увеличивается по мере выгорания топлива и извлечения из активной зоны компенсирующих стержней.

В различные периоды работы реактора БН-600 дефектные ТВС располагались в разных местах активной зоны, что отражалось на показаниях системы и свидетельствовало о существовании зависимости от местоположения дефектной ТВС в активной зоне.

Функция отклика системы (обозначим ее как  $FO$ ) – это связь между показаниями ССКГО и местоположением дефектной ТВС в активной зоне. В настоящей работе  $FO$  определена по показаниям системы в различные микрокампании (далее мк) реактора БН-600, когда в активной зоне находилось по одной дефектной ТВС.

Рассмотрим, как определяется  $FO$  на примере 13 мк, когда дефектная ТВС находилась в ячейке активной зоны с координатами 12-07. На рисунке 2 приведены показания ССКГО, измеренные с интервалом времени одни сутки. До того как начался прирост, показания всех шести детекторов были неизменными во времени с точностью до статистических флуктуаций. Эти показания принимали за фоновые и от них вели отсчет приростов для каждого детектора.

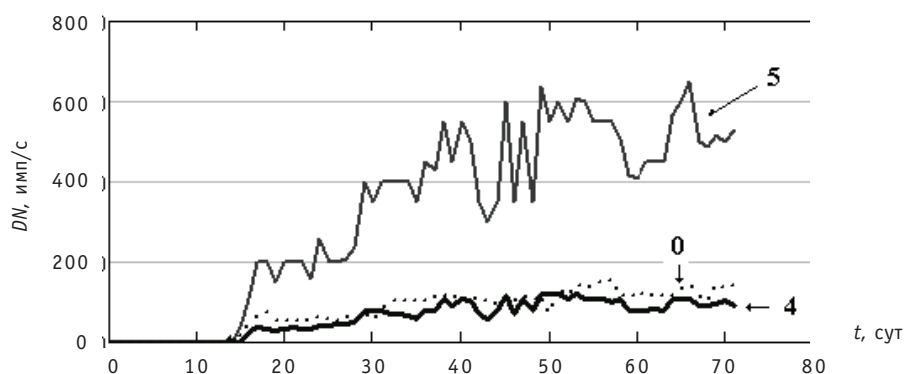


Рис. 2. Зависимость от времени приростов показаний детекторов нейтронов над фоном в период 13 МК реактора БН-600. Цифры 5, 4 и 0 на рисунке соответствуют номерам детекторов ССКГО. Дефектная ТВС П-518 находится в ячейке АЗ 12-07

Прирост показаний детекторов над фоном начался примерно через 20 суток, после того как реактор вышел на постоянный уровень мощности. Еще через 25 суток максимальный прирост показаний детектора, контролирующего сектор с номером  $i = 5$  (рис. 1) составил  $DN_{5max} \approx 600$  имп/с.

В конечном итоге определили функцию отклика для одной ячейки АЗ (обозначим эту функцию в относительных единицах как  $FO_j$ ), содержащую в себе средние по всем измерениям  $t_n$  нормированные показания, вычисленные по формуле

$$FO_j = \sum_{t=t_0}^{t_n} \left( \frac{DN_i(t)}{\sum_{i=0}^5 DN_i(t)} \right) \frac{1}{(t_n - t_0)}. \quad (1)$$

Погрешность измерения зависит от соотношения между приростом показаний и фоном. На реакторе БН-600 наибольший фон имеет место для детекторов  $i=0$  и  $i=5$ . Среднеквадратичная погрешность измерений для этих детекторов равна соответственно  $\pm 17$  и  $\pm 5\%$ . Сравнительно большая погрешность измерений характерна для детекторов на основе счетчиков СНМ-14, которые применяются на БН-600, поэтому в настоящее время проводится замена их на импульсные камеры деления.

Как можно видеть из табл. 1 и рис. 3, наибольший прирост показаний над фоном имел детектор с номером  $i=5$ . Все остальные детекторы имели меньшие приросты показаний. Это означает, что с наибольшей вероятностью предшественники запаздывающих нейтронов попадают в теплообменник с номером  $i=5$  (ПТО-6Б по обозначениям, принятым на БАЭС).

Анализ экспериментальных данных показывает, что существуют положения дефектных ТВС, при которых предшественники запаздывающих нейтронов с оди-

Таблица 1

**Функция отклика ССКГО для ячейки АЗ 12-07, измеренная во время 13 МК реактора БН-600**

Номер детектора $i$	0	1	2	3	4	5
$FO_i$ – нормированные значения показаний в среднем по всем измерениям и среднеквадратичная погрешность измерений	0.18± 0.03	0.017± 0.003	0.012± 0.001	0.045± 0.007	0.124± 0.012	0.63± 0.03

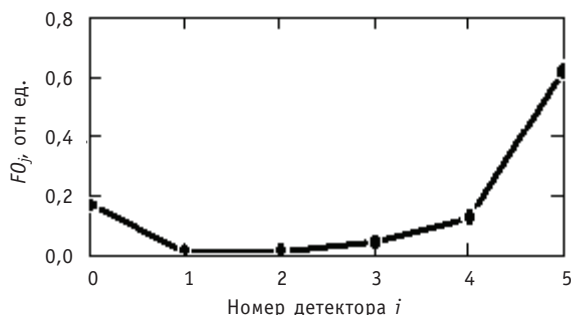


Рис. 3. Функция отклика системы ССКГО для одной ячейки АЗ

наковой вероятностью попадают в соседние ПТО, что соответствует границам секторов АЗ. Особое положение занимает группа ТВС, расположенная вблизи центра АЗ, при разгерметизации которых следует ожидать близкие значения сигналов для всех шести детекторов. Это означает, что теплоноситель равновероятно попадает во все ПТО, и нормированные показания должны уменьшаться при приближении к центру АЗ.

Таким образом, используя экспериментальные данные и общие предположения относительно симметрии реактора и монотонной зависимости функции отклика от радиальной координаты ячейки, составили искомую функцию отклика системы для групп ячеек активной зоны, которые охватывают область от центра АЗ до зоны большого обогащения (ЗБО). Боковая зона воспроизводства (БЗВ) и внутриреакторное хранилище (ВРХ) в настоящей работе не рассматриваются.

Функция отклика  $FO$  представлена в виде матрицы, в которой  $i$  – номер строки, считая сверху, совпадающий с номером детектора и с номером сектора АЗ),  $j$  – номер столбца, считая слева, совпадающий с порядковым номером ячейки с заданной координатой на картограмме ячеек АЗ.

**РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ**

Задача локализации сводится к решению системы линейных уравнений с постоянными коэффициентами, где число неизвестных превышает число уравнений. В нашем случае правая часть в системе уравнений представляет собой измеренную функцию отклика (обозначим ее как  $IFO$ ), левая часть содержит постоянные коэффициенты и искомые неизвестные. Как известно [3], такая система уравнений не имеет решения в общем виде, но могут существовать частные решения, которые позволяют сначала найти решение для сектора АЗ, и затем, зная сектор, определить координату ячейки в секторе, в которой находится дефектная ТВС. Очевидно, что точность решений ограничена точностью, с которой производятся измерения.

Систему уравнений, которая связывает IFO и координаты ячеек, в общем виде можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned}
 a_{0,0} \cdot x_0 + a_{0,1} \cdot x_1 + a_{0,2} \cdot x_2 + a_{0,3} \cdot x_3 + \dots a_{0,n} \cdot x_n &= b_0 \\
 a_{1,0} \cdot x_0 + a_{1,1} \cdot x_1 + a_{1,2} \cdot x_2 + a_{1,3} \cdot x_3 + \dots a_{1,n} \cdot x_n &= b_1 \\
 a_{2,0} \cdot x_0 + a_{2,1} \cdot x_1 + a_{2,2} \cdot x_2 + a_{2,3} \cdot x_3 + \dots a_{2,n} \cdot x_n &= b_2 \\
 a_{3,0} \cdot x_0 + a_{3,1} \cdot x_1 + a_{3,2} \cdot x_2 + a_{3,3} \cdot x_3 + \dots a_{3,n} \cdot x_n &= b_3 \\
 a_{4,0} \cdot x_0 + a_{4,1} \cdot x_1 + a_{4,2} \cdot x_2 + a_{4,3} \cdot x_3 + \dots a_{4,n} \cdot x_n &= b_4 \\
 a_{5,0} \cdot x_0 + a_{5,1} \cdot x_1 + a_{5,2} \cdot x_2 + a_{5,3} \cdot x_3 + \dots a_{5,n} \cdot x_n &= b_5,
 \end{aligned} \tag{2}$$

где  $x_0, x_1, \dots, x_n$  являются неизвестными;  $a_{ij}$  и  $b_i$  – коэффициенты.

Матрица  $\mathbf{A} \equiv [a_{ij}]$ , составленная из коэффициентов  $a_{ij}$  в (2), имеет ранг, равный шести. Это означает, что наибольший порядок, который могут иметь ее миноры, не обращающиеся в ноль, равен шести. Напомним, что минором  $n$ -го порядка матрицы называется определитель, составленный (с сохранением порядка) из  $n_2$  коэффициентов матрицы  $\mathbf{A}$ . Таким образом, каждый минор, который можно составить из матрицы, содержит в себе не более чем 36 коэффициентов (шесть строк и шесть столбцов) или не более шести неизвестных.

Для простоты будем считать, что одна или несколько дефектных ТВС находятся в одном секторе с номером  $i=0$  (рис. 1). В этом случае другие секторы АЗ можно не рассматривать, и число неизвестных в (2) значительно сокращается. Чтобы сократить их до шести, ячейки в секторе объединим в группы и решение будем искать не для отдельных ячеек, а для заданных групп ячеек. Таким образом, задача сводится к определению групп ячеек, в которых имеются дефектные ТВС.

При известном секторе система уравнений (2) будет эквивалентна матричному уравнению

$$\mathbf{M}_0 \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b} \text{ или } \begin{pmatrix} a_{00} & a_{01} & \dots & a_{05} \\ a_{10} & a_{11} & \dots & a_{15} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{50} & a_{51} & \dots & a_{55} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_0 \\ x_1 \\ \dots \\ x_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \dots \\ b_5 \end{pmatrix}, \tag{3}$$

где  $\mathbf{M}_0$  – это минор для сектора  $i=0$ , выделенный из общей матрицы  $\mathbf{A}$ , играющий роль оператора преобразования. Неизвестные  $x_j$  можно рассматривать как числа, характеризующие заданные группы ячеек, для которых преобразование (3) дает вектор  $b_j$ , представляющий собой измеренную функцию отклика IFO. Иными словами, неизвестные  $x_j$  можно рассматривать как координаты неизвестного вектора, для которого преобразование (3) дает вектор IFO с координатами  $b_j$ :

$$IFO = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \dots \\ b_5 \end{pmatrix}.$$

При наличии точного решения  $x_j = 1$ , если дефектная ТВС находится в ячейке с номером  $j$ . В противном случае  $x_j = 0$ . При наличии приближенных решений, как это часто имеет место на практике, имеют место осцилляции значений  $x_j$  вблизи нуля как в положительную, так и в отрицательную области, вызванные погрешностями измерений. При этом соответствующее дефектной ТВС  $x_j$  имеет наибольшее значение.

Если сектор известен, и минор для сектора не равен нулю, т.е.  $|\mathbf{M}_0| \neq 0$ , то матричное уравнение (3) имеет единственное решение, получаемое по формуле, которая эквивалентна правилу Крамера [6]:

$$\mathbf{X} = \mathbf{M}_0^{-1} \cdot \mathbf{b}, \quad (4)$$

где  $\mathbf{M}_0^{-1}$  – обратная матрица, определяемая условием  $\mathbf{M}_0 \cdot \mathbf{M}_0^{-1} = \mathbf{1}$ .

Если требуется определить сектор, в котором находится дефектная ТВС (назовем его «аварийный»), можно применить другой алгоритм. В настоящей работе для определения «аварийного» сектора вычисляли наиболее вероятное направление на дефектную ТВС. Если известно направление на дефектную ТВС, то известен «аварийный» сектор, в котором она находится.

Для определения наиболее вероятного направления на дефектную ТВС рассматривали ячейки (назовем их ячейками направления), которые равномерно распределены по кругу с центром в центре АЗ. При этом для каждого измерения *IFO* производили вычисление коэффициентов корреляции вектора *IFO* с каждой из ячеек направления. Принимали, что дефектная ТВС находится на направлении к той ячейке из рассматриваемого множества ячеек, для которой имеет место максимальный коэффициент корреляции. Для наглядности можно представить, что вектор *IFO*, вращаясь, отмечает те ячейки направления, которые имеют максимальный коэффициент корреляции.

Определив «аварийный» сектор, решаем уравнение (3) с соответствующим минором и находим дефектные ТВС в пределах каждого «аварийного» сектора.

Чтобы оценить точность метода, целесообразно выполнить численный эксперимент, в котором вычисляется координата дефектной ТВС и результат сравнивается с истинной координатой.

### ЧИСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

На реакторе БН-600 показания ССКГО автоматически заносятся в базу данных с заданным интервалом по времени. Для работы вычислительной программы М36 значения показаний ССКГО запрашивали из базы данных реактора. После вычитания начальных фоновых показаний вычисляли приросты показаний и определяли «аварийные» сектора активной зоны. Затем решали уравнение (3) с соответствующими минорами и находили координаты дефектных ТВС в пределах «аварийного» сектора.

На рисунке 4 приведены показания ССКГО реактора БН-600 в период 50 МК (2005 г.), зафиксированные с интервалом времени, равным двум часам. Как можно видеть из рисунка, в определенный момент времени показания ССКГО начали возрастать, что свидетельствует о появлении в активной зоне дефектной ТВС. Наибольший прирост показаний имел детектор с номером  $i=0$ , что соответствует «аварийному» сектору с тем же номером.

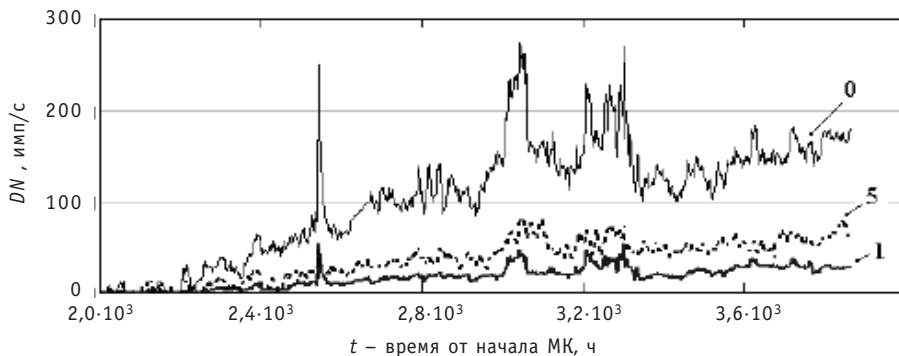


Рис. 4. Зависимость от времени приростов показаний детекторов нейтронов над фоном в период 50 МК реактора БН-600. Цифры 0, 1 и 5 на рисунке соответствуют номерам детекторов ССКГО

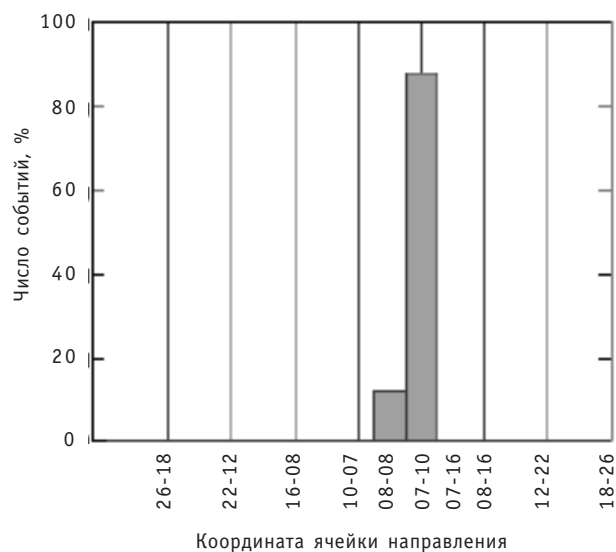


Рис. 5. Статистический анализ измерений для определения вероятного направления на дефектные ТВС

На рисунке 5 приведена гистограмма, на которой по оси абсцис отложены координаты ячеек направления, а по оси ординат – число измерений с максимальным коэффициентом корреляции для данной ячейки. Статистический анализ, как можно видеть из рисунка, показывает, что с вероятностью примерно 90% дефектная ТВС находится на направлении от центра АЗ через ячейку 07-10. Эта ячейка находится в секторе с номером  $i=0$ . Другие направления имеют существенно меньшую вероятность. Это позволяет предположить с достаточной уверенностью, что в других секторах АЗ дефектные ТВС отсутствуют.

Правая часть в уравнении (3), как сказано выше, есть измеренная функция отклика, обозначенная как  $IFO$ . Эту функцию можно представить как вектор, координаты которого есть показания детекторов. В работе в качестве координат вектора использовали нормированные показания детекторов, усредненные по всем измерениям. В следующем выражении приведена измеренная функция отклика в виде таблицы с одним столбцом с указанием среднеквадратичных погрешностей; в качестве оператора преобразования использовали минор  $M_0$ , выделенный из общей матрицы:

$$IFO = \begin{pmatrix} 0.59 \pm 0.015 \\ 0.11 \pm 0.008 \\ 0.032 \pm 0.003 \\ 0.014 \pm 0.001 \\ 0.033 \pm 0.005 \\ 0.22 \pm 0.016 \end{pmatrix} \quad M_0 = \begin{pmatrix} 0.600 & 0.610 & 0.470 & 0.620 & 0.629 & 0.450 \\ 0.230 & 0.207 & 0.470 & 0.080 & 0.070 & 0.040 \\ 0.070 & 0.051 & 0.050 & 0.030 & 0.000 & 0.010 \\ 0.012 & 0.014 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.034 & 0.033 & 0.000 & 0.007 & 0.010 & 0.040 \\ 0.050 & 0.090 & 0.020 & 0.270 & 0.300 & 0.450 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Решения матричного уравнения (3) относительно неизвестного вектора  $X$  получили с помощью формулы (4). В таблице 2 представлены порядковые номера  $j$ , координаты центра для групп ячеек в секторе и значения искомых чисел  $x_j$ , которые характеризуют группы с точки зрения нахождения в них дефектных ТВС. Каждая такая группа охватывает примерно семь ячеек.

Как видно из табл. 2, наибольшее значение имеет число  $x_1 = 2.12 \pm 0.07$ , соответствующее группе ячеек с координатой 10-12. Значения остальных чисел  $x_j$ , как показали численные оценки, отличны от нуля в пределах осцилляций, вызванных погрешностями измерений. На этом основании было сделано заключение, что в

Таблица 2

**Решение матричного уравнения**

Номер группы ячеек $j$	0	1	2	3	4	5
Координата центра группы ячеек	10-15	10-12	08-16	07-13	07-10	08-08
Решение матричного уравнения $x_j$	-1.3	2.12±0.07	-0.1	0.6	-0.55	0.2

расчетной области, которая охватывает семь ячеек активной зоны (рис. 6), находятся одна или несколько дефектных ТВС.

После остановки реактора на плановую перегрузку с помощью внутриреакторной системы обнаружения дефектных ТВС (СОДС-Р) и затем в процессе отмытки от натрия выгруженных из реактора ТВС, было установлено, что в период 50-й МК реактора в активной зоне имела одна дефектная ТВС которая находилась в ячейке с координатой 09-12.

Как можно видеть из рис. 6, дефектная ТВС (отмечена крестом) находится в расчетной области.

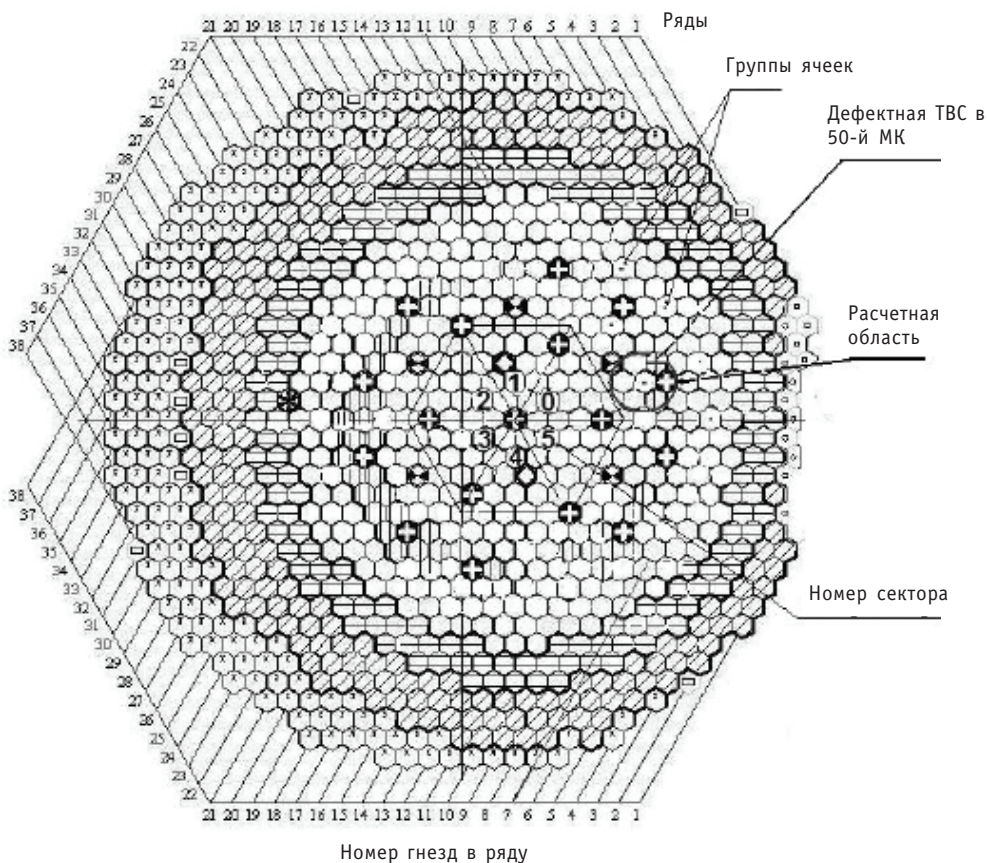


Рис. 6. Картограмма ячеек активной зоны реактора БН-600



## **ВЫВОДЫ**

По опытным данным, полученным на реакторе БН-600 за весь период эксплуатации, составлена матрица коэффициентов для системы уравнений, связывающих показания секторной системы КГО твэлов по запаздывающим нейтронам с местоположением дефектной ТВС в активной зоне реактора.

Разработан алгоритм и составлена вычислительная программа МЗ6, с помощью которой определяется направление на дефектную ТВС в активной зоне, сектор и группа ячеек в секторе, в которых находится дефектная ТВС.

Сравнение результатов расчетов по программе МЗ6 с опытными данными показало в целом удовлетворительное согласие для ячеек активной зоны реактора. При этом точность локализации ограничена погрешностями измерений.

Замена детекторов нейтронов на основе счетчиков СНМ-14 на импульсные камеры деления и усовершенствование измерительных каналов в секторной системе КГО, которая производится в настоящее время в процессе модернизации, позволит повысить стабильность и улучшить точность локализации дефектных ТВС.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

АЗ – активная зона реактора.

КГО – контроль оболочек твэлов.

ССКГО – секторная система КГО по запаздывающим нейтронам.

ТВС – тепловыделяющая сборка.

$F_0$  – функция отклика системы.

$DN$  – прирост показаний детектора нейтронов.

$I_{FO}$  – измеренная функция отклика системы.

МК – микрокампания реактора (155 суток).

$M_0$  – минор, выделенный из общей матрицы для сектора с номером  $i=0$ .

## **Литература**

1. Бабушкин А.А., Лисицын Е.С., Жилкин А.С. и др. Система КГО и СОДС реактора БН-600/Доклад на конференции «Системы и средства радиационного контроля на АЭС». – Нововоронежская АЭС, 1984.

2. Жилкин А.С., Осипов С.Л., Сергеев В.А., Лисицын Е.С. и др. Авторское свидетельство № 1669311, 1991.

3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. – М.: Наука, 1978.

Поступила в редакцию 14.10.2010

the design lifetime. The results of the completed work have shown that the serviceability of the replaceable equipment is ensured for 45 years of operation.

**УДК 621.039.56**

*Problem of the Lowering of the Nuclear Power Plant Personnel Exposure* \O.L. Tashlykov, S.E. Shcheklein, V.I. Bulatov, A.G. Shastin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 6 pages, 3 illustrations. – References, 7 titles.

The data on the change in the personnel exposure at different stages of the nuclear power plant life cycle are presented. The evolution of the measures on reduction in the exposure and their efficiency are considered. The role of the remote and automated devices in the reduction of the personnel exposure during maintenance and inspection is shown. The main fields of the studies on solving the tasks of the personnel exposure optimization during the NPP decommissioning are presented.

**УДК 621.039.58**

*Beloyarsk NPP BN-600 Reactor Unit 3 Lifetime Extension* \A.M. Zavalishen, S.L. Kim, V.V. Maltsev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 12 pages, 9 illustrations. – References, 19 titles.

The analysis of the condition of the BN-600 power unit equipment is reviewed, the possibility, the safety and the appropriateness of the power unit lifetime extension is assessed as well as the measures taken to improve the power unit safety and replace its equipment and extend its lifetime are presented.

**УДК 621.039.56**

*Utilization of the Reactivity Monitoring Counting Channel for In-Service Monitoring of Beloyarsk NPP Unit 3 BN-600 Reactor Core Characteristics* \V.A. Zhyoltyshev, V.A. Lititsky, I.P. Matveenko; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 10 pages, 6 tables, 3 illustrations. – References, 9 titles.

The utilization of the reactivity monitoring counting channel manufactured by the Federal state unitary enterprise “State scientific centre “IPPE” has allowed the additional reactivity monitoring methods which make it possible to improve both the safety and effectiveness of the reactor operation to be developed. The experience accumulated during the development can serve as the basis during the work of the same type for the BN800 reactor and other perspective fast reactors.

**УДК 621.039.54**

*Location of the Failed Fuel Sub-Assemblies in the BN-600 Reactor Core using a Sector Failed Fuel Detection System* \A.S. Zhilkin, S.A. Gurev, S.L. Osipov, A.V. Salyaev, V.A. Shamansky, A.G. Tsikunov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 9 pages, 2 tables, 6 illustrations.

The results of the development of the algorithm and M36 code which is used to define a direction to the failed fuel sub-assembly in the core, a sector and a group of the slots in the sector where the failed fuel sub-assembly is located are presented. The results of the calculation using the M36 code are compared with the test data and the generally good agreement for the reactor core slots is shown.

**УДК 621.039.54**

*Automated Complex for Nondestructive Examination of the Irradiated BN-600 Reactor Components* \M.V. Kuprienko, S.S. Sagalov, A.N. Kostyuchenko, E.V. Kubasov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 9 pages, 9 illustrations. – References, 5 titles.

The state-of-the-art methodological equipment for the post-irradiation examination of the condition of the sub-assemblies and absorbing and fuel pins of the BN-600 reactor has been developed. Equipping the Beloyarsk NPP shielded cell with the process and research equipment of the second modification allows the efficient diagnosis of the condition of the BN-600 reactor core components to be presently conducted.