

## МЕТОДИКА ЛОКАЛИЗАЦИИ ДЕФЕКТНЫХ ТВС ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ШТАТНЫХ ПЕРЕКОМПЕНСАЦИЙ В РЕАКТОРЕ БН-600

**А.О. Скоморохов, Д.А. Лукьянов**

*Обнинский государственный технический университет атомной энергетики,  
г. Обнинск*



В статье приведено описание методики, основанной на использовании штатных перекомпенсаций, проводимых с целью компенсации выгорания топлива, для локализации негерметичных сборок в реакторах на быстрых нейтронах БН-600 и БН-800. Приведено описание алгоритмов работы и результаты опытной эксплуатации системы FLUT-600 на реакторе БН-600.

### ВВЕДЕНИЕ

Основными задачами КГО, применительно к макродефектам (прямой контакт теплоносителя с топливом) являются обнаружение разгерметизации оболочки твэла и локализация (определение местоположения) негерметичных ТВС (тепловыделяющих сборок, содержащих один и более негерметичных твэлов).

Вторая задача может решаться как на остановленном, так и на работающем реакторе. На реакторе БН-600 во время останова локализация негерметичных ТВС проводится путем отбора и анализа проб натрия из каждой ТВС. Это весьма длительный и трудоемкий процесс, который может приводить к увеличению простоя реактора. Поэтому, весьма желательно, хотя бы приблизительно определить местоположение негерметичных ТВС на работающем реакторе и, тем самым, сократить область поиска при выполнении работ на остановленном реакторе.

Перспективным методом локализации негерметичных ТВС на работающем реакторе является метод, основанный на проведении перекомпенсаций нейтронного поля [1]. Перекомпенсацией называют изменение (движением стержней СУЗ) распределения (профиля) нейтронного поля при сохранении постоянного интегрального уровня мощности. При этом происходят локальные изменения (увеличение или уменьшение) нейтронного потока и энерговыделения в различных областях активной зоны.

При локальном изменении уровня нейтронного потока изменяется количество делений, количество образующихся продуктов деления и соответственно выход запаздывающих нейтронов из осколков. Если в зоне локального изменения нейтронного потока имеются дефектные ТВС и теплоноситель из этой зоны достигает в процессе циркуляции места установки датчика запаздывающих нейтронов (ДЗН), то сигнал этого датчика должен увеличиться за счет нейтронов, испускаемых ос-

колками деления, попавшими в теплоноситель. Если в зоне локального изменения нейтронного поля дефектные ТВС отсутствуют, то продукты деления не попадут в теплоноситель и сигнал датчика запаздывающих нейтронов не изменяется.

На реакторе БН-600 входящие в состав системы секторного контроля герметичности оболочек (СКГО) датчики запаздывающих нейтронов расположены в районе входных окон промежуточных теплообменников (ПТО).

Принципиальная возможность использования метода перекомпенсации нейтронного поля для локализации негерметичных ТВС на реакторе БН-600 была доказана экспериментальным путем [2]. Метод был успешно опробован на пониженном уровне мощности (около 70% от номинального) при перемещении стержней на величину  $\pm 60$  мм от исходного положения. Указанный уникальный эксперимент не может быть положен в основу регулярной методики локализации негерметичных ТВС как по технологическим, так и по соображениям безопасности. Настоящая работа описывает использование штатных перекомпенсаций для решения поставленной задачи.

### **МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ШТАТНЫЕ ПЕРЕКОМПЕНСАЦИИ**

Штатные перекомпенсации проводятся на реакторе БН-600 с целью компенсации выгорания топлива, примерно раз в неделю. Для этой цели используются 18 компенсирующих пакетов (КП-ТК или для краткости КП). В период между проведением перекомпенсаций выгорание топлива компенсируется стержнями автоматического регулирования АР-1 и АР-2. Стержни АР используются попеременно и к моменту проведения следующей перекомпенсации находятся на своих верхних позициях.

При проведении перекомпенсации все 18 КП по очереди перемещаются оператором вверх на 20 мм (извлекаются из активной зоны). Пример последовательного изменения положения КП приведен на рис. 1. Внесенная при движении КП реактивность компенсируется находящимся в работе АР (он автоматически перемещается вниз). Полного хода одного АР хватает на компенсацию перемещений вверх 9-ти КП. При движении оставшихся 9-ти КП используется второй АР. Изменения положения АР при проведении перекомпенсации представлены на рис. 2. На рисунках видно, что каждому движению КП вверх соответствует увеличение мощности (узкие пики на нижней части рис. 2), которое быстро подавляется движением вниз одного из АР.

В результате проведения перекомпенсации все 18 КП (часто говорят «решетка КП») оказываются на 20мм выше (положения всех КП одинаковы), а оба АР принимают свои нижние положения.

### **МОДИФИКАЦИЯ ПРОГРАММЫ ПЕРЕКОМПЕНСАЦИЙ**

При проведении штатной перекомпенсации стержни КП перемещались подряд, практически без задержки, что делало невозможным наблюдение за реакцией датчиков запаздывающих нейтронов на связанные с движением органов СУЗ локальные изменения нейтронного поля.

Для обеспечения возможности использовать штатные перекомпенсации для локализации негерметичных ТВС оказались необходимыми следующие изменения:

- все данные, получаемые в процессе проведения перекомпенсации, должны записываться на УВС «Комплекс-Уран» для последующего углубленного анализа;
- необходимо использовать максимально доступную частоту опроса датчиков (1 раз в 4 с для УВС «Комплекс-Уран»);
- Обеспечить увеличение задержки между движением стержней КП, как минимум, до 5 мин. для набора необходимой статистики;

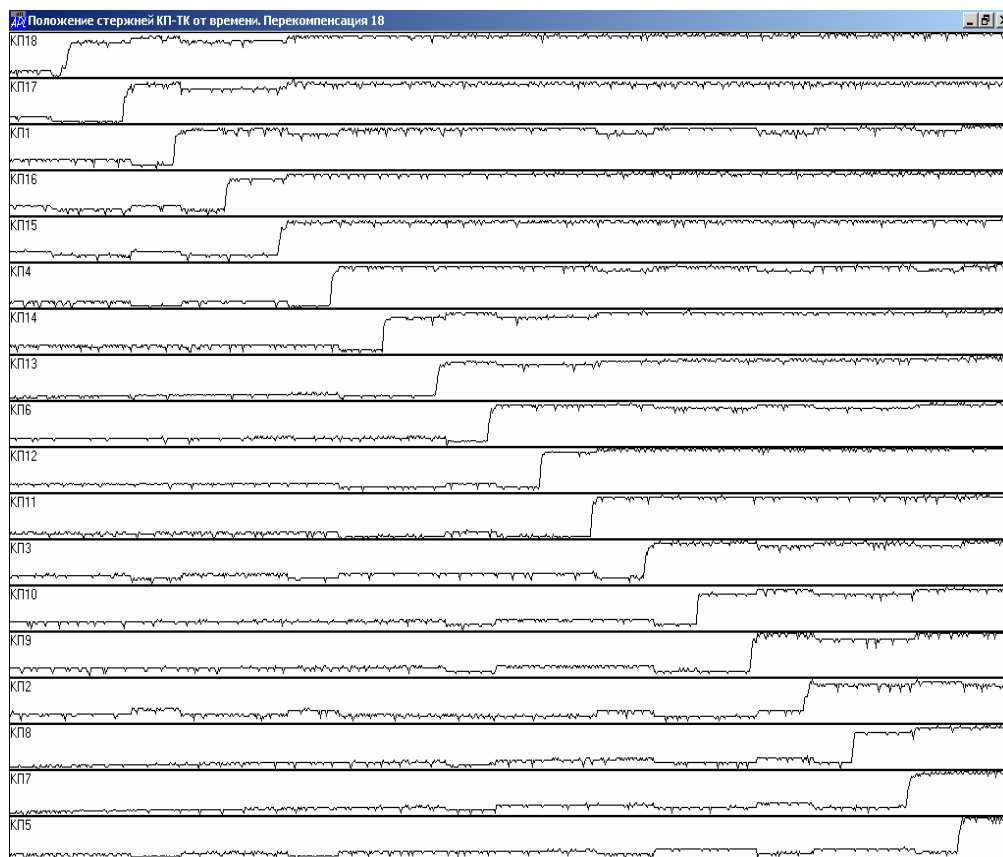


Рис. 1. Зависимость положения стержней КП-ТК от времени при проведении штатной перекомпенсации

- принять фиксированный порядок движения стержней КП для сопоставления различных перекомпенсаций и минимизации влияния пространственного эффекта;
- наряду с положениями всех органов СУЗ, мощностью и показаниями датчиков запаздывающих нейтронов, проводить регистрацию и других, полезных для интерпретации результатов, технологических параметров (температур, расходов).

Все вышеперечисленные изменения были внесены в программу проведения штатных перекомпенсаций на реакторе БН-600. Авторами разработана программа переноса данных с УВС «Комплекс-Уран» и автоматизированная система анализа результатов штатных перекомпенсаций FLUT-600 [3], принятая в опытную эксплуатацию на БАЭС.

## РАЗБИЕНИЕ ДАННЫХ НА СТАЦИОНАРНЫЕ УЧАСТКИ

Стержни КП расположены двумя кольцами (6 и 12 стержней) на расстоянии от центра, примерно  $1/3$  и  $2/3$  диаметра АЗ, так что распределение КП по активной зоне равномерно. Районом вокруг КП будем называть 2 кольца ТВС (гексагональная геометрия), т.е. 18 ТВС, ближайших к данному КП.

Для принятия решений о наличии негерметичной ТВС в районе КП будем использовать простую таблицу решений (см. табл.1). Учитываем, что стержень КП перемещается вверх и создает положительное возмущение поля энерговыделения, стержень АР соответственно вниз.

Основой является сравнение выборок показаний ДЗН, полученных *до* и *после* движения данного КП. Однако мы не можем взять для сравнения все измерения *до*

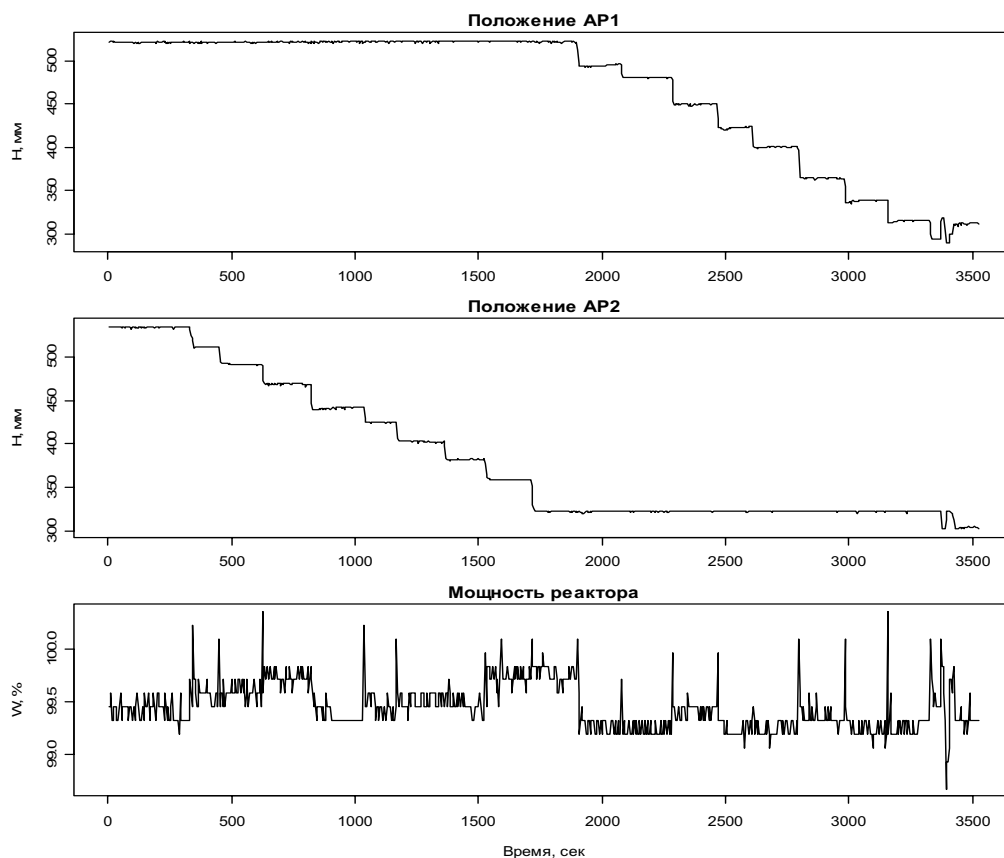


Рис. 2. Изменение положения АР и флуктуации мощности при проведении штатной перекompенсации

Таблица 1

**Принятие решений**

Сигнал ДЗН	Диагноз
Не изменился	Нет дефекта
Увеличился	Дефект в районе КП
Уменьшился	Дефект в районе АР

и после движения данного КП. В эти периоды двигались другие КП и выделить эффект, связанный с движением данного КП, не представляется возможным.

Таким образом необходимо автоматически определить моменты движения каждого КП и устранить эти нестационарные участки из выборки. Тогда сравнению подлежат 2 ближайших к моменту движения КП стационарных участка. Это участки от конца движения предыдущего КП до начала движения данного КП (участок *до*) и от конца движения данного КП до начала движения последующего КП (участок *после*).

**СГЛАЖИВАНИЕ И ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ПОЛОЖЕНИЙ КП**

Идеализированно движение КП можно представить ступенчатой функцией. Для определения момента движения естественно использовать производную положения КП по времени, которая будет равна 0 везде, кроме момента движения КП.

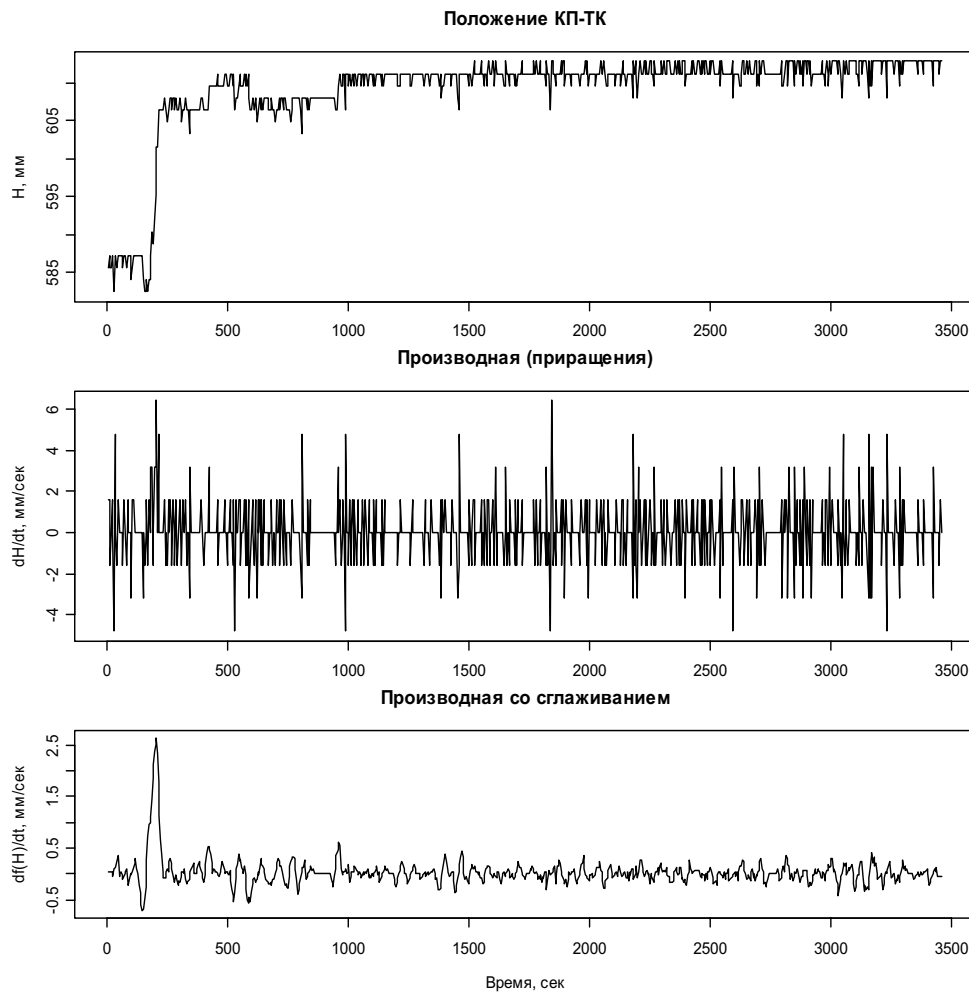


Рис. 3. Зависимость положения стержня КП18 и его производных от времени

На практике дело осложняется влиянием ошибок регистрации положения КП. На рис.3 приведены (2 верхних графика) положение КП и оценка производной через приращения  $dH_t = H(t+1) - H(t)$ . Видно, что производная достигает максимального значения (6.4 ед.) в моменты времени 204 и 1840 с. Если в первом случае имеет место фактическое движение КП, то второй случай порожден ошибками измерения и приведет к ошибочному определению момента движения КП.

Для повышения точности определения моментов движения КП нами применялся метод сглаживания параболой по методу наименьших квадратов и одновременного дифференцирования временных рядов [4].

Зададим  $n$  длину скользящего окна сглаживания. Удобно выбирать в качестве  $n$  нечетное число. Точки временного ряда  $x_j, j = i - \frac{n-1}{2}, \dots, i-1, i, i+1, \dots, i + \frac{n-1}{2}$  соответствуют  $i$ -ой позиции скользящего временного окна. Перейдем внутри окна к моментам времени:  $t = -\frac{n-1}{2}, \dots, -1, 0, 1, \dots, \frac{n-1}{2}$ . Аппроксимируем отрезок временного ряда внутри окна параболой  $y = a + bt + ct^2$ , где  $a, b, c$  – коэффициенты, подлежащие определению методом наименьших квадратов.

При  $t = 0$  (центр временного окна) получаем для сглаженной производной:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(a + bt + ct^2) = b + 2ct = b.$$

Таким образом, необходимо определить только коэффициент  $b$ .

Сумма квадратов ошибок представления точек исходного ряда параболой  $y = a + bt + ct^2$  определяется как  $\varepsilon = \sum_t (x_t - a - bt - ct^2)^2$ . Определение минимума

по  $b$  приводит к уравнению  $\frac{\partial \varepsilon}{\partial b} = -2 \sum_t (x_t - a - bt - ct^2)t = 0$ .

И с учетом  $\sum_t t = \sum_t t^3 = 0$  получаем уравнение  $b \sum_t t^2 = \sum_t tx_t$ , позволяющее

определить искомый коэффициент  $b = \frac{\sum_t tx_t}{\sum_t t^2}$ .

Например, для  $n = 5$  значение производной сглаженного временного ряда определяется в каждом временном окне как  $b = \frac{-2x_{-2} - x_{-1} + x_1 + 2x_2}{10}$ .

На рис. 3 (нижний график) приведены результаты дифференцирования со сглаживанием ( $n = 9$ ) для КП-18. Видно, что отношение сигнала к шуму (значение производной в момент движения КП к максимальному значению производной при отсутствии движения КП) равно 5, что позволяет уверенно определять моменты движения КП.

Для автоматического определения моментов движения по всем КП необходимо выбрать общий порог для сравнения производных. Вычислим производную со сглаживанием для положений всех КП (перекompенсация микрокампании 21) и построим общую для всех КП гистограмму (рис. 4).

Гистограмма имеет симметричный вид, за исключением нескольких выбросов в положительной области, которые соответствуют движениям КП. Отрицательная

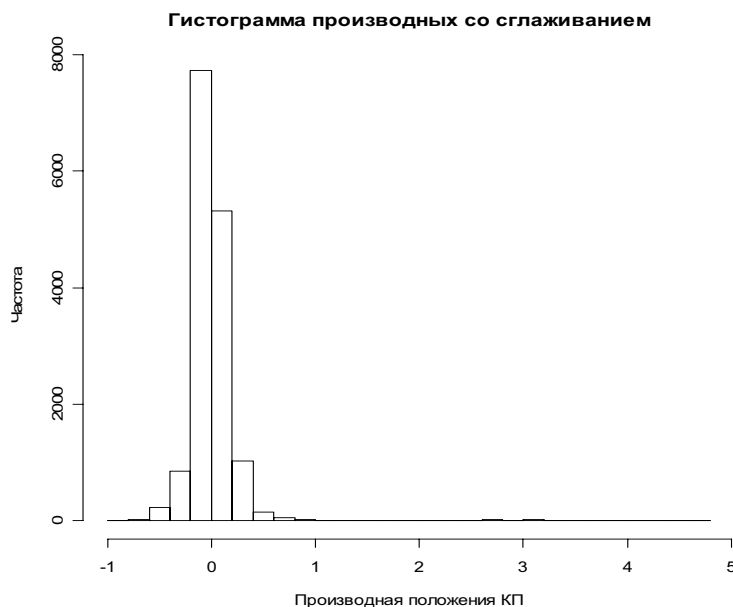


Рис. 4. Гистограмма производных КП

часть гистограммы определяется ошибками регистрации положения КП. Возьмем в качестве порога абсолютную величину минимального значения производной (-0.85 для данного случая). Это хорошая начальная оценка порога, соответствующая уровню шумов при вычислении производной.

Критерием для проверки допустимости выбранного значения порога является наличие по каждому КП ровно одного сплошного временного отрезка превышения производной порога (положение каждого КП менялось только один раз, но возможно за несколько последовательных шагов). Наша программа начинает с минимального значения критерия и увеличивает его маленькими шагами (порядка 1% от начального уровня) до момента, когда критерий удовлетворяется по всем КП.

Наконец, программа выделяет временные участки от начала измерений до превышения производной порога по первому двигавшемуся КП, от конца движения первого КП (производная становится меньше порога) до начала движения следующего КП (его производная превышает порог) и т.д. Таким образом, весь период измерений разбивается на 19 стационарных (ни один КП не двигается) участков, границами между которыми являются периоды движения одного из 18-ти КП. Для оценки реакции ДЗН на движение КП необходимо сравнить показания датчика до движения стержня на участке  $i$  с показаниями на участке  $(i + 1)$  – после движения стержня.

### СТАТИСТИКА ХОТЕЛЛИНГА ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ДВУХ МНОГОМЕРНЫХ ВЫБОРОК

С точки зрения принятия решений, напрашивается проверка статистических гипотез о равенстве математических ожиданий выборок каждого датчика западывающих нейтронов, соответствующих стационарным периодам *до* и *после* движения заданного КП. При отклонении нулевой гипотезы, район вокруг данного КП подозревается на наличие негерметичной ТВС. Проверка может проводиться с использованием  $t$ -распределения Стьюдента.

Однако в этом случае не учитывается коррелированность показаний ДЗН, что может приводить к ошибкам первого и второго рода (ошибочному принятию или отклонению нулевой гипотезы).

Рассмотрим эту проблему на примере. Предположим, что имеется 2 случайные величины  $x_1$  и  $x_2$ . Для  $x_1$ , проверка нулевой гипотезы  $H_0: \mu_0 = \mu_1$ , против альтернативы  $H_1: \mu_0 \neq \mu_1$ , сводится, для уровня значимости  $\alpha$ , к проверке  $|T| \geq t_v \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)$ , где

$T$  – вычисленное по данным значение критериальной статистики, а  $t_v$  – квантиль  $t$ -распределения с  $v$  степенями свободы.

На рис. 5 границы принятия нулевой гипотезы соответствуют вертикальным сторонам прямоугольника, т.е. его ширина составляет  $2t_v \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)$ . Аналогично, для

$x_2$  границы принятия нулевой гипотезы соответствуют горизонтальным сторонам прямоугольника. Тогда для двумерного случая (одновременная проверка гипотез для  $x_1$  и  $x_2$ ) областью принятия нулевой гипотезы будет приведенный на рис.5 прямоугольник.

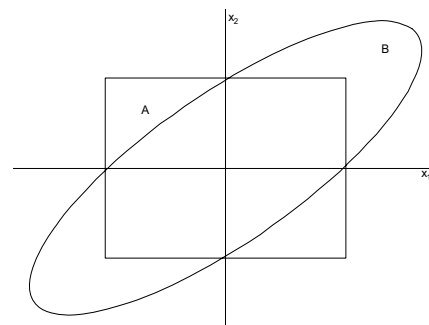


Рис. 5. Сравнение одно- и многомерного случаев проверки гипотез

Проведенное рассмотрение подразумевало статистическую независимость  $x_1$  и  $x_2$ , что позволяет представить двумерную плотность распределения вероятности как произведение одновременных плотностей. При статистической зависимости  $x_1$  и  $x_2$  линией уровня для совместной плотности распределения будет эллипс, как показано на рис. 5. На рисунке видно, что точка А (принятие нулевой гипотезы в предположении независимости) находится за пределами эллипса и нулевая гипотеза должна быть отклонена. С другой стороны, точка В (отклонение нулевой гипотезы в предположении независимости) находится в пределах эллипса и нулевая гипотеза должна быть принята.

Этот эффект имеет простое объяснение. Если переменные положительно коррелированы  $x_1$  и  $x_2$  (главная ось эллипса рассеяния ориентирована под углом  $45^\circ$  к оси  $x_1$ ), то точка В соответствует согласованным флуктуациям обеих переменных. Вероятность наблюдать такое поведение высока. Точка А, напротив, соответствует поведению «против корреляции», когда  $x_1$  уменьшилось, а  $x_2$  увеличилась, что маловероятно.

Более строго, можно указать, что совместное нормальное распределение двух случайных величин записывается как:

$$f(\vec{x}) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\mathcal{C}|^{\frac{1}{2}}} \exp \left[ -\frac{1}{2} (\vec{x} - \vec{m})^t \mathcal{C}^{-1} (\vec{x} - \vec{m}) \right],$$

где  $\mathcal{C}$  – ковариационная матрица, а  $n$  – размерность.

Величина  $R^2 = (\vec{x} - \vec{m})^t \mathcal{C}^{-1} (\vec{x} - \vec{m})$  в показателе степени экспоненты называется расстоянием Махаланобиса [5]. Частными случаями расстояния Махаланобиса являются взвешенное расстояние ( $\mathcal{C}$  – диагональная) и привычное евклидово расстояние ( $\mathcal{C}$  – диагональная и дисперсии всех  $x_i$  одинаковы). Все точки на эллипсе рассеяния (рис. 5) имеют одинаковое расстояние Махаланобиса от центра. Расстояние Махаланобиса от центра до точки А больше, чем до точки В. Для евклидова расстояния, не учитывающего статистическую зависимость случайных величин, имеет место обратное соотношение этих расстояний.

Положительная коррелированность показаний ДЗН определяется целым рядом причин, главная из которых флуктуации нейтронного потока, которые являются общей фоновой составляющей (мгновенные нейтроны, проникающие сквозь защиту ДЗН) для всех ДЗН. Приведенное выше рассмотрение показывает, что нулевую гипотезу не следует отвергать, если на движение КП среагировали все ДЗН (аналог точки В на рис. 5). В этом случае мы скорее всего наблюдаем отклик на общее увеличение нейтронного потока.

Также надо учитывать, что теплоноситель из одного района активной зоны не может достигнуть всех мест установки ДЗН. Другими словами, при наличии в районе негерметичной ТВС реагировать должны только один или два соседних датчика. В этом случае показания датчиков будут изменяться по-разному (аналог точки А на рис. 5) и мы скорее отвергнем нулевую гипотезу.

Статистика Хотеллинга [5] является аналогом  $T$ -статистики Стьюдента для многомерного случая. Представим набор показаний датчиков запаздывающих нейтронов в некоторый момент времени вектором-столбцом:

$$\vec{d}^t = (d_{4A}, d_{4B}, d_{5A}, d_{5B}, d_{6A}, d_{6B}),$$

где  $t$  – знак транспонирования.

Выборки векторов в пространстве размерности  $p = 6$  и объемов  $m$  и  $n$ :

$\vec{d}_1^0, \vec{d}_2^0, \dots, \vec{d}_m^0$  и  $\vec{d}_1^1, \vec{d}_2^1, \dots, \vec{d}_n^1$  представляют собой измерения показаний датчиков до (индекс 0) и после (индекс 1) движения стержня КП-ТК.



Для вычисления статистики Хотеллинга необходимо определить средние векторы по каждой выборке:

$$\bar{d}_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \vec{d}_i^0; \bar{d}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \vec{d}_i^1.$$

Также вычисляются матрицы вариаций:

$$V_0 = \sum_{i=1}^m (\vec{d}_i^0 - \bar{d}_0)^t (\vec{d}_i^0 - \bar{d}_0); V_1 = \sum_{i=1}^n (\vec{d}_i^1 - \bar{d}_1)^t (\vec{d}_i^1 - \bar{d}_1),$$

которые отличаются от ковариационных матриц отсутствием деления на число точек. Общая для двух выборок ковариационная матрица:

$$W = \frac{V_0 + V_1}{m + n - 2}.$$

Окончательно статистика Хотеллинга имеет вид:

$$T^2 = \frac{mn}{n+m} (\bar{d}_0 - \bar{d}_1)^t W^{-1} (\bar{d}_0 - \bar{d}_1)$$

и, с точностью до множителя  $mn/(n+m)$ , совпадает с расстоянием Махаланобиса между векторами  $\bar{d}_0$  и  $\bar{d}_1$ .

При проверке статистических гипотез с использованием статистики Хотеллинга используется известное [5] соотношение между распределением  $T^2$  и  $F$  – распределением Фишера:

$$\frac{m+n-p-1}{(m+n-2)p} T^2 \sim F(p, m+n-1-p). \quad (1)$$

Приведем пример использования статистики Хотеллинга для проверки гипотез о математических ожиданиях показаний датчиков запаздывающих нейтронов. Возьмем выборки показаний ДЗН до ( $m = 40$ ) и после ( $n = 43$ ) движения КП-4 в перекompенсации 36. Результаты вычисления  $t$ -статистики представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Значения  $t$ -статистики отклика ДЗН на движение КП**

ДЗН	D4A	D4B	D5A	D5B	D6A	D6B
$t$ -стат	2.391	0.8423	1.445	0.7008	1.716	2.703

Для уровня значимости  $\alpha = 0.01$  и числа степеней свободы  $m + n - 2 = 81$  критическое значение составляет  $t_{81}(0.01) = 2.365$ . Таким образом, нулевая гипотеза о равенстве математических ожиданий двух выборок должна быть отвергнута для 2-х датчиков из 6. Значение многомерной статистики Хотеллинга, вычисленное по тем же данным и нормированное согласно (1), составило 2.766. Критическое значение  $F_{6,76}(0.01) = 3.052$ , т.е. принимается нулевая гипотеза о равенстве математических ожиданий выборок.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложения по модификации порядка проведения штатных перекompенсаций позволили проводить локализацию негерметичных ТВС во время проведения регламентных работ.

Применение дифференцирования со сглаживанием позволяет уверенно определять моменты движения КП, что наряду с предложенной методикой определения оптимального порога по производной позволили автоматически выделять стационарные участки измерений.

Применение многомерной процедуры проверки гипотез уменьшает уровень ошибок первого и второго рода при принятии решений о наличии негерметичной ТВС в исследуемом районе активной зоны. Также уменьшено влияние нестабильности мощности при проведении перекомпенсации.

Программа «Автоматизированная система анализа результатов штатных перекомпенсаций FLUT-600» принята в опытную эксплуатацию на БАЭС и прошла государственную регистрацию.

### **Литература**

1. Ломакин С.С. Ядерно-физические методы диагностики и контроля активных зон реакторов АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. 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.
3. Скоморохов А.О., Лукьянов Д.А. «FLUT-600» – программа для анализа данных, полученных при проведении перекомпенсаций нейтронного поля реактора БН-600 с целью локализации негерметичных тепловыделяющихборок / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2006613850.
4. Savitzky A., Marcel Golay J.E. Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures. / Analytical Chemistry, 36: 1627-1639. 1964.
5. Mardia K.V., Kent J.T. and Bibby J.M. Multivariate Analysis. Academic Press, 1979.

Поступила в редакцию 25.05.2007

The quoted information touches upon goals and methods of loop tests in the MIR research reactor with the purpose of VVER fuel elements serviceability study in transitive and emergency modes (power cycling, RAMP, LOCA, RIA). Loop installations characteristics and their instrumental equipment are represented. The applied irradiation devices and sensors for measuring and determination of experimental parameters are listed. The developed instrumentation and installations are available for testing of VVER-type fuel at transient and project emergency conditions.

#### **УДК 621.039.56**

*Reactivity Temperature Coefficient Measurement by the Dynamic Method under Non-equilibrium Xenon Concentration Conditions* \ N.A. Vinogorov, Yu.A. Groznov, D.N. Jukovsky; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2007. – 7 pages, 2 tables, 3 illustrations. – References – 7 titles.

Some methodical characteristic features of the application of the known method to measure the reactivity temperature coefficient under xenon transient conditions are considered.

The consideration is illustrated with the results obtained at pressurized water transportation-purpose reactor in the isothermal state.

#### **УДК 621.039.543.6**

*Experiments in Support of MOX Fuel Disposal Program in VVER* \ A.L. Kochetkov, I.P. Matveenko, E.V. Rojihin, A.M. Tsibulya; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2007. – 10 pages, 5 tables, 11 illustrations. – References – 10 titles.

Accordingly to the national program of neutronic experiments, needed for licensing of VVER-100 cores with MOX fuel, certification of calculational codes and the receiving of the national experience, at SSC RF IPPE site (Obninsk) the construction of SUPR facility is planned. Till the finalization of SUPR construction, the settle down of the experimental and calculational methods were carried out at MATR and RF-GS facilities. Now days, so called pre-SUPR experimental program is accomplished by experiments at BFS-1 facility. The results of these experiments and their analysis are presented.

#### **УДК 621.534: 519.7**

*Statistical Analysis Data for Neutron Library of Activation Files «IEAF-2005»* \ G.B. Pilnov, A.V. Tikhonenko; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2007. – 11 pages, 5 tables, 5 illustrations. – References – 5 titles.

Statistical analysis of experimental and theoretical data obtained with eight models for nuclei-nuclei interactions is executed as stage of establishment of neutron library of activation files «IEAF-2005» (The Intermediate Energy Activation File). Authors held a factor, correlation and least-square analyses for chosen of the best model describing experimental data. Analyses were made by using of EXFOR open experimental data of 2006 and 2007.

#### **УДК 621.039.54**

*Regular Burnup Compensations Method to Locate Defected Fuel Assemblies on BN-600 Sodium Cooled Fast Reactors* \ A.O. Skomorokhov, D.A. Lukyanov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2007. – 10 pages, 2 tables, 5 illustrations. – References – 5 titles.

The paper describes the method to locate failed fuel elements by using regular burnup compensations on BN-600 and BN-800 sodium cooled fast reactors. The functioning algorithms of FLUT-600 system on BN-600 reactor and the operation testing results are given.

#### **УДК 621.039.51**

*Physics of fast reactor cores* \ M.F. Troyanov, V.I. Matveev, M.N. Nickolaev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2007. – 15 pages. – References – 9 titles.

At present a new engineering science arose on the basis of numerous studies and developments in the area of fast reactors, which might be termed "Technical physics of fast reactor" based on fast reactor physics.

The paper gives a brief review of the main sections of this science including brief description of nuclear data and energy-group constants, based on neutron-physics characteristics of fast reactors BN-250, BN-600, BN-800, possibility of utilization of radioactive waste of nuclear power in fast reactors and oth.