

# Эффекты и коэффициенты реактивности

# Реактивность - $\rho$

$\rho > 0$  – мощность (поток нейтронов)  
увеличивается

$\rho < 0$  – мощность (поток нейтронов)  
уменьшается

$\rho = 0$  – мощность реактора постоянна  
(  $K_{\text{эфф}} = 1$  )

$$\rho = K_{\text{эфф}}^{-1}$$

## Единицы измерения реактивности

- *безразмерные единицы,*
- *проценты,*
- *доллары и центы*

# Эффект реактивности

$$K^1_{эфф} - K^2_{эфф}$$

или

$$\rho^1 - \rho^2$$

# Коэффициент реактивности

$$\frac{dK_{\text{эфф}}}{dX} \quad \text{или} \quad \frac{d\rho}{dX}$$

X – температура, паросодержание, плотность и пр.

# Измерение реактивности

$$\frac{dn}{d\tau} = \nabla D \nabla \Phi - \Sigma_a \cdot \Phi + \nu \Sigma_f \cdot \Phi \quad \text{или} \quad \frac{dn}{d\tau} = \nabla D \nabla \Phi - \Sigma_a \cdot \Phi + k \cdot \Sigma_a \cdot \Phi$$

$$\frac{dn}{d\tau} = \nabla D \nabla \Phi + (k - 1) \cdot \Sigma_a \cdot \Phi$$

Если пренебречь утечкой или считать её постоянной

$$\frac{dn}{d\tau} = (k - 1) \cdot \Sigma_a \cdot v \cdot n$$

решение

$$n = e^{(k-1) \cdot \Sigma_a \cdot v \cdot \tau} \quad \text{или} \quad n = e^{\tau / T}$$

$1 / \Sigma_a \cdot v$  - время жизни нейтрона,  $T$  - период реактора

$$n = e^{\frac{\rho}{l} \tau} \quad \rho = l / T$$

# Расчёт $\alpha_{\phi}$

$$\alpha_{\phi} = \Delta\rho / \Delta\phi$$

$\Delta\rho$  - реактивность по теории возмущений

$\Delta\phi$  - среднее по активной зоне изменение паросодержания, вызвавшее изменение  $\Delta\rho$ . Рассчитывается в теплогидравлическом блоке КОНТУР.

# Состав загрузки активной зоны реактора 1 блока ЛАЭС в состоянии на 27.04.2005 г. (правая половина а.з.)

12 12 12 12 10 12 12  
 12 21 12 12 12 1 12 10 12 10  
 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12  
 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12  
 12 23 12 12 12 5 12 12 12 23 12 12 12 21 12 12  
 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12  
 12 12 12 21 12 12 12 1 12 12 12 21 12 12 12 12 12  
 12 12 8 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12  
 12 21 12 12 12 21 12 12 12 21 12 12 12 1 12 12 12 21 12 12  
 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12  
 12 12 12 5 12 12 12 21 12 12 12 5 12 12 12 23 12 12 12 12  
 12 12 12 12 12 12 51 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12  
 12 21 12 12 12 21 12 12 12 23 12 12 12 21 12 12 12 21 12 12  
 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12  
 12 12 12 21 12 12 12 1 12 12 12 21 12 12 12 1 12 12 12 12  
 12 12 53 12 12 12 12 12 12 12 51 12 12 12 12 12 12 12 8 12 12  
 12 21 12 12 12 23 12 12 12 21 12 12 12 21 12 12 12 21 12 12  
 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12  
 12 12 12 5 12 12 12 21 12 12 12 5 12 12 12 21 12 12 5 12 12  
 12 12 12 12 12 12 51 12 12 12 12 12 12 12 12 8 12 12 12 12  
 12 21 12 12 12 21 12 12 12 21 12 12 12 21 12 12 12 23 12 12  
 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12  
 12 12 12 21 12 12 12 1 12 12 12 23 12 12 12 1 12 12 12 21  
 12 12 53 12 12 12 12 12 12 12 51 12 12 12 12 12 12 12 12 12  
 12 21 12 12 12 21 12 12 12 21 12 12 12 21 12 12 12 12 12 12  
 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 14 12 12 12 12 12 12 12 12 12  
 12 12 12 23 12 12 12 1 12 12 12 21 12 12 12 1 12 12 12 21  
 12 12 53 12 12 12 12 12 12 12 51 12 12 12 12 12 12 12 12 12  
 12 21 12 12 12 21 12 12 12 23 12 12 12 21 12 12 12 23 12 12

## Тип на картограмме загрузки: Кол-во каналов:

12-канал с ЭТВС 2.6% с 0.41% эрбия.....	1632
14-канал с ЭТВС 2.8% с 0.60% эрбия.....	1
10-канал с ТВС 2.4% .....	23
6-столб воды .....	2
8-канал с кластерным ДП .....	12
51-канал с кобальтовым ДП .....	23
2-канал с облучательным устройством.....	1
1-стержень АЗ... ..	33
5-стержень УСП.....	24
21-стержень РР 2477.....	105
23-стержень КРО.....	28



Федеральное агентство по атомной энергии  
Федеральное государственное унитарное предприятие  
"Российский государственный концерн по производству  
электрической и тепловой энергии на атомных станциях"  
(концерн "Росэнергоатом")

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК РЕАКТОРОВ РБМК-1000**

(2-я редакция)  
РДЭО 0137- 2005

## **6.8. Штатный метод измерения парового коэффициента реактивности с помощью возмущения расхода питательной воды**

6.8.1. Измерения парового коэффициента реактивности ... на стационарном уровне мощности от 40 до 98 % от номинального

6.8.2 ..... мощность ..... постоянной ..... не менее суток до начала измерений

6.8.3. .... регистрируются.....

- давление в ЕС (по сторонам);
- расходы питательной воды
- температура питательной воды (по сторонам),
- мощность реактора по суммарному сигналу СФКРЭ (Р);
- сигнал перемещения стержней ЛР (положение стержней по УП),

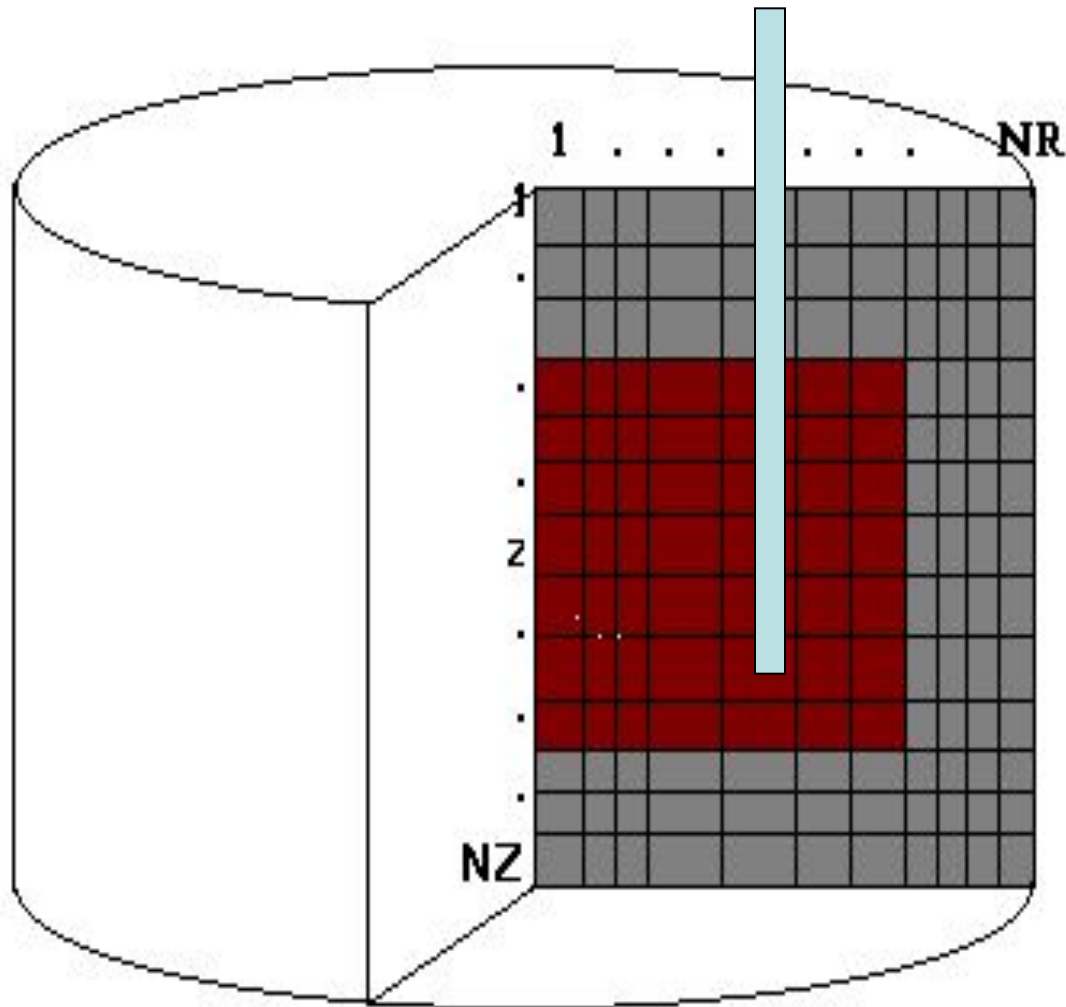
.....

6.8.4. ... увеличение расхода питательной воды .... -100 т/час....за время -10с. Затем производится выдержка в течение 2 мин. без ручного перемещения стержней СУЗ, в ходе которой паросодержание в реакторе уменьшается, что при положительном  $\alpha_f$  должно вызвать перемещение стержней АР (ЛАР) из активной зоны, а при отрицательном  $\alpha_f$  - в зону.

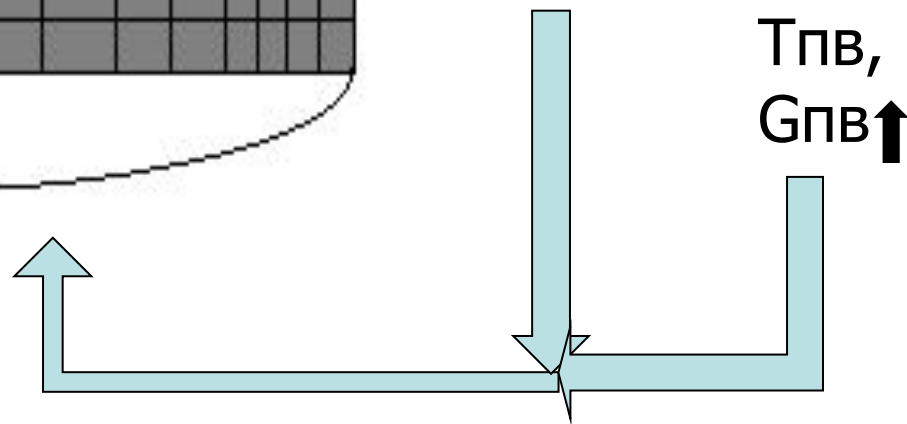
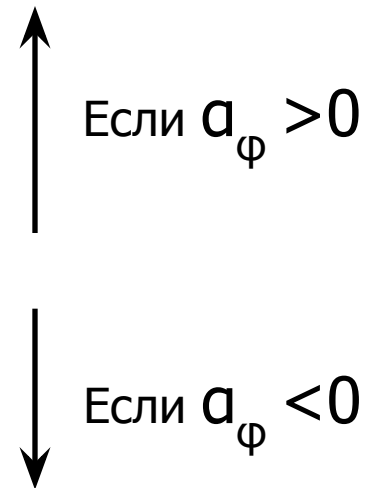
Цикл возмущений ..... +100 /-200 т/час..... оценочный.....

6.6.5....Цикл возмущения GF1U по +200/-400 т/час по сторону производится тоекратно....

6.8.6. После окончания циклов, возмущения  $G_{np}$  и стабилизации параметров блока в течение - 2 мин производится взвешивание четверки стержней АР (ЛАР) на участке, близком к участку отработки стержней при внесении возмущений по расходу питательной воды.



### Движение AP



$$\alpha_W \Delta W_K + \alpha_\varphi \Delta \varphi_K (\Delta i_{ex}, \Delta W) + \rho_{суз,к} = \rho_{кон,к} - \rho_{нач,к} \quad (6.12Б)$$

Здесь:

$\rho_{суз,к}$ ,  $\rho_{кон,к}$ ,  $\rho_{нач,к}$  - соответственно, изменение ("скачок") реактивности вследствие перемещения стержней АР (ЛАР) и начальное и конечное значение реактивности реактора для  $K$ -го выбранного процесса. Величины  $\rho_{кон,к}$ ,  $\rho_{нач,к}$  оцениваются по расчетному массиву временного поведения реактивности (см. п. 6.8.3),  $\rho_{суз,к}$  - либо традиционным способом с использованием результатов опытов по "взвешиванию" стержней (Приложение 4), либо также по расчетному массиву временного поведения реактивности;

$$\alpha_W = \alpha_T \frac{\partial T}{\partial W} + \alpha_\varphi \frac{\partial \varphi}{\partial W};$$

$\Delta \tilde{\varphi}_K (\Delta i_{ex})$  - часть изменения паросодержания, связанная только с изменением энтальпии воды на входе в активную зону,  $\Delta \tilde{\varphi}_K (\Delta i_{ex}) = \Delta \varphi_K (\Delta i_{ex}, \Delta W) - \frac{\partial \varphi}{\partial W} \Delta W_K$ . Полное изменение паросодержания  $\Delta \varphi_K (\Delta i_{ex}, \Delta W)$  рассчитывается по алгоритму программы ТРАКТ (см. [17] и Приложение 4.). Хорошей оценкой для  $\Delta \tilde{\varphi}_K (\Delta i_{ex})$  является расчет  $\Delta \varphi_K (\Delta i_{ex}, \Delta W)$  по алгоритму программы ТРАКТ при задании  $\Delta W = 0$ .

Приведенные формы записи уравнений баланса реактивности свидетельствуют о возможности определения трех коэффициентов реактивности -  $\alpha_\varphi$ ,  $\alpha_W$  и  $\alpha_T$ .

6.8.9. Алгоритмы традиционной обработки данных для определения величины  $\alpha_\varphi$  и оценка погрешности приведены в работе [17] и Приложении 4. Изложенная в них схема обработки измерений предполагает первоначальное получение нескольких оценок для величины  $\alpha_\varphi$  (по каждому опыту в отдельности при известном из опытов по "взвешиванию" значении  $\alpha_w$ ) с дальнейшим усреднением с весами соответствующих возмущений  $G_{пв}$ .

Небольшая модернизация традиционного подхода позволяет получить МНК-оценки величины  $\alpha_\varphi$  в соответствии с соотношением:

$$\alpha_\varphi = \frac{\sum \Delta \tilde{\varphi}_k \rho_k^1}{\sum \Delta \tilde{\varphi}_k^2} \quad (6.13)$$

где:

$\rho_k^1 = \rho_{кон,к} - \rho_{нач,к} - \rho_{суз,к} - \alpha_w \Delta W_k$ , ( $\alpha_w$  - известно из опытов по "взвешиванию" стержней АР (ЛАР), величинами  $\rho_{кон,к}$ ,  $\rho_{нач,к}$  в штатных опытах обычно пренебрегают).

