

Эффекты и коэффициенты реактивности

Реактивность - ρ

$\rho > 0$ – 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 α_{ϕ}

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

$\Delta\rho$ - 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 12 8 12 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 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 53 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 51 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
 12 12 53 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 14 12 12 12 12 12 12 8 12
 12 12 12 23 12 12 12 1 12 12 12 21 12 12 12 1 12 12 12
 12 12 53 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

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),

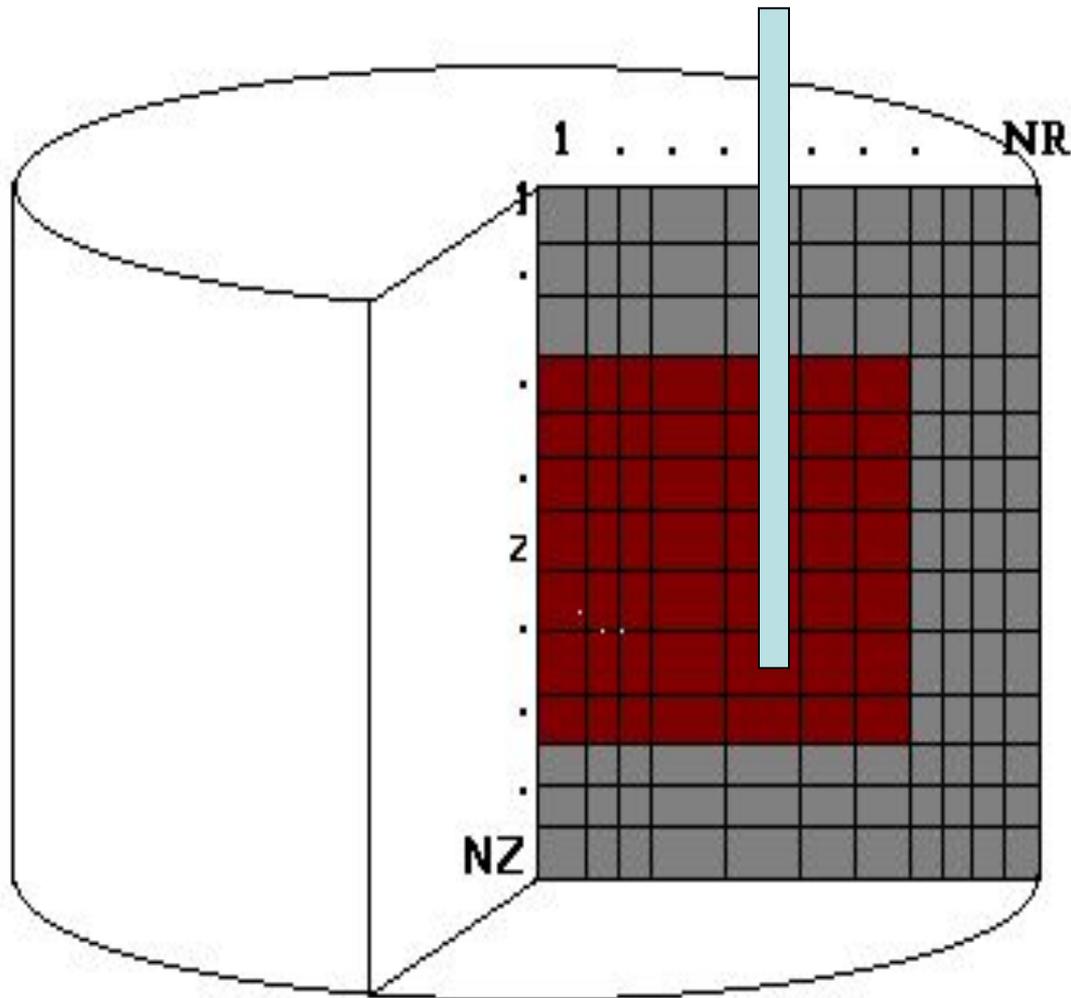
.....

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 α_f должно вызвать перемещение стержней АР (ЛАР) из активной зоны, а при отрицательном α_f - в зону.

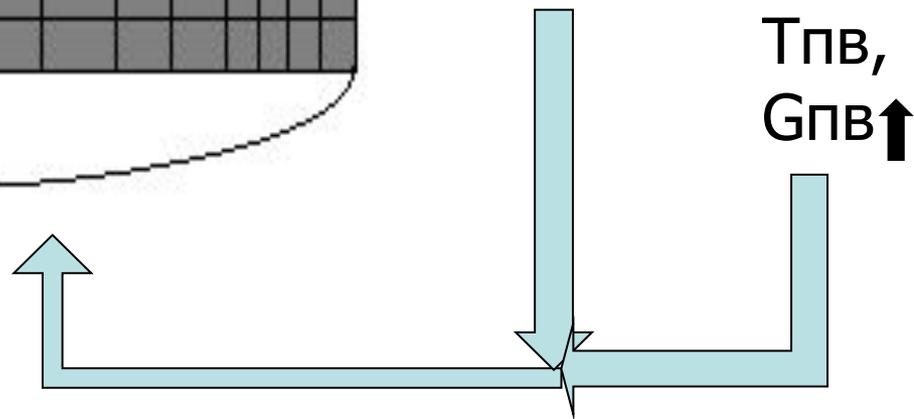
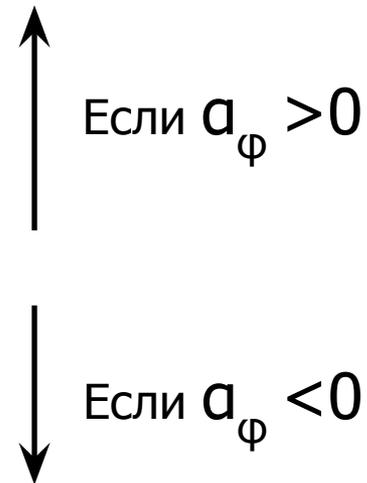
Цикл возмущений +100 /-200 т/час..... оценочный.....

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

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 - α_φ , α_W и α_T .

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

Небольшая модернизация традиционного подхода позволяет получить МНК-оценки величины α_φ 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:

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

