

# Контроль и управление ядерным реактором

*Что контролируется ?*

- реактивность
- мощность реактора
- расход теплоносителя
- поле энерговыделения (нейтронный поток)
- температуры конструкций реактора
- выгорание топлива
- радиационная обстановка
  
- и т.д. и т.п. и пр.....

# Измерение реактивности

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

$$n \approx n_0 \cdot e^{(k-1) \cdot \Sigma_a \cdot v \cdot \tau} \quad \text{или} \quad n \approx n_0 \cdot e^{\tau/T}$$

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

$$n = n_0 \cdot e^{\frac{\rho}{l} \tau} \quad \rho = l/T$$

Измерение потока нейтронов



Определение периода реактора



Вычисление реактивности

# Вывод реактора в критическое состояние

$$\frac{dn}{dt} = \frac{k_{\text{эфф}} (1 - \beta) - 1}{l} n + \sum_i \lambda_i C_i + S.$$

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{k_{\text{эфф}} \beta_i}{l} n - \lambda_i C_i.$$

Если  $K_{\text{эфф}} < 1$ , то при  $S > 0$

$$\frac{dn}{d\tau} = 0 \quad \text{и} \quad \frac{dC_i}{d\tau} = 0$$

Следовательно 
$$n_0 = \frac{S \cdot l}{(1 - k_{\text{эфф}})}$$

## Средства воздействия на реактивность ?

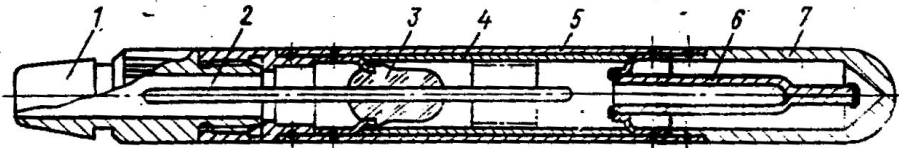
$$\rho = K_{эфф} - 1 \approx \frac{\nu \bar{\Sigma}_f}{\bar{\Sigma}_a} \cdot (1 - P_{утечки}) - 1$$

---

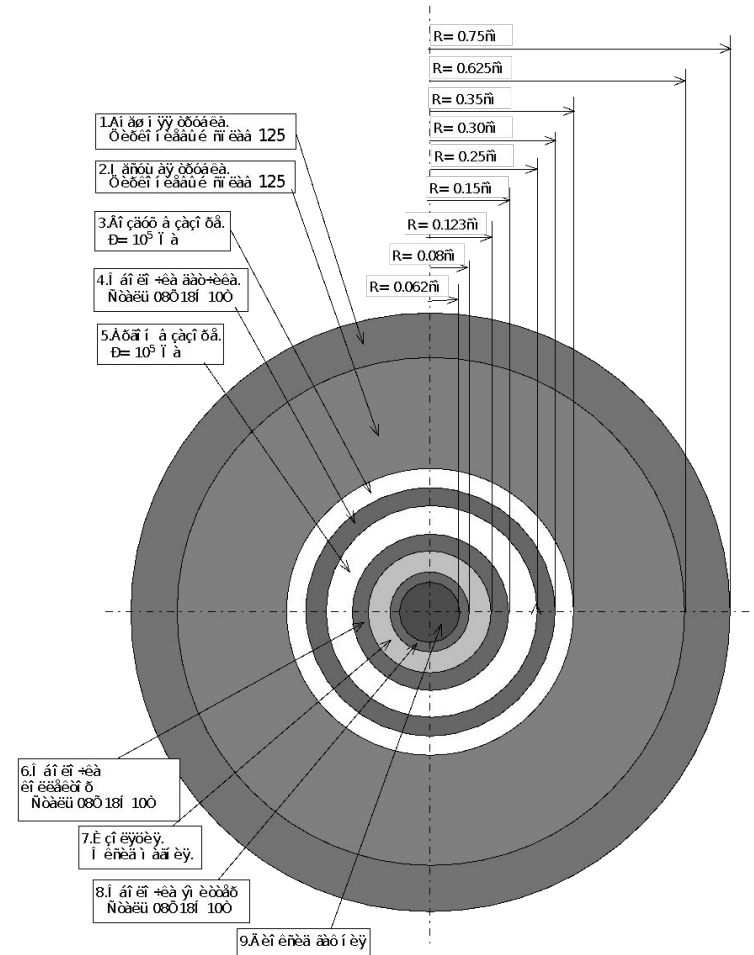
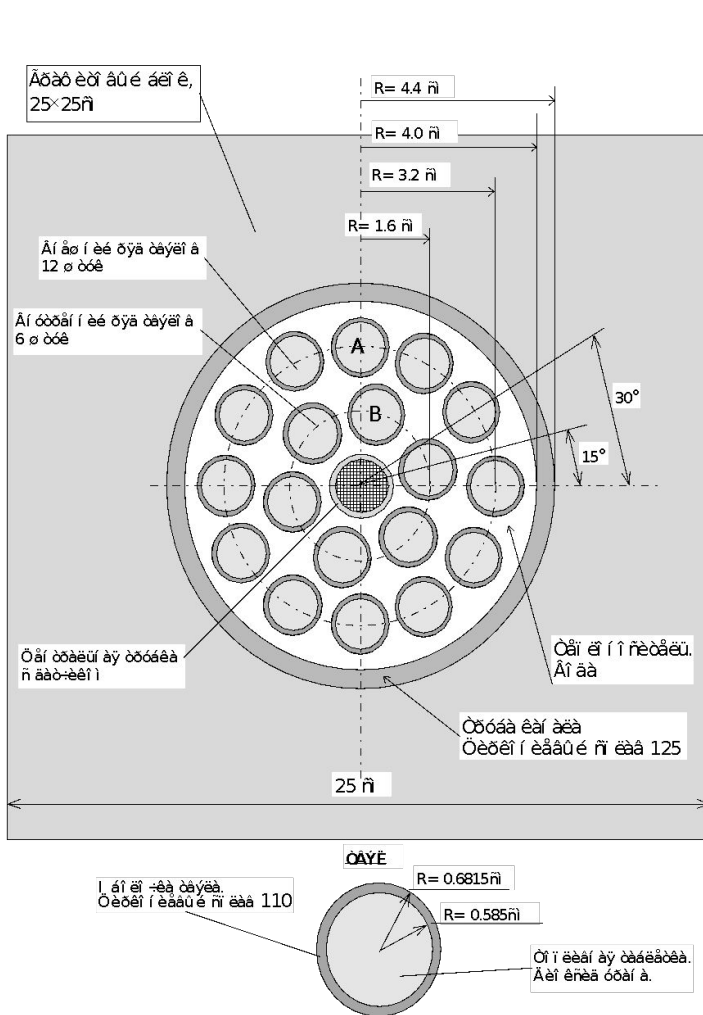
- изменение утечки из реактора
- изменение сечения деления в реакторе
- изменение поглощения в реакторе
  - *стержни с поглотителем*
  - *поглотитель в теплоносителе*
  - *газовые системы*

# Датчики потока нейтронов

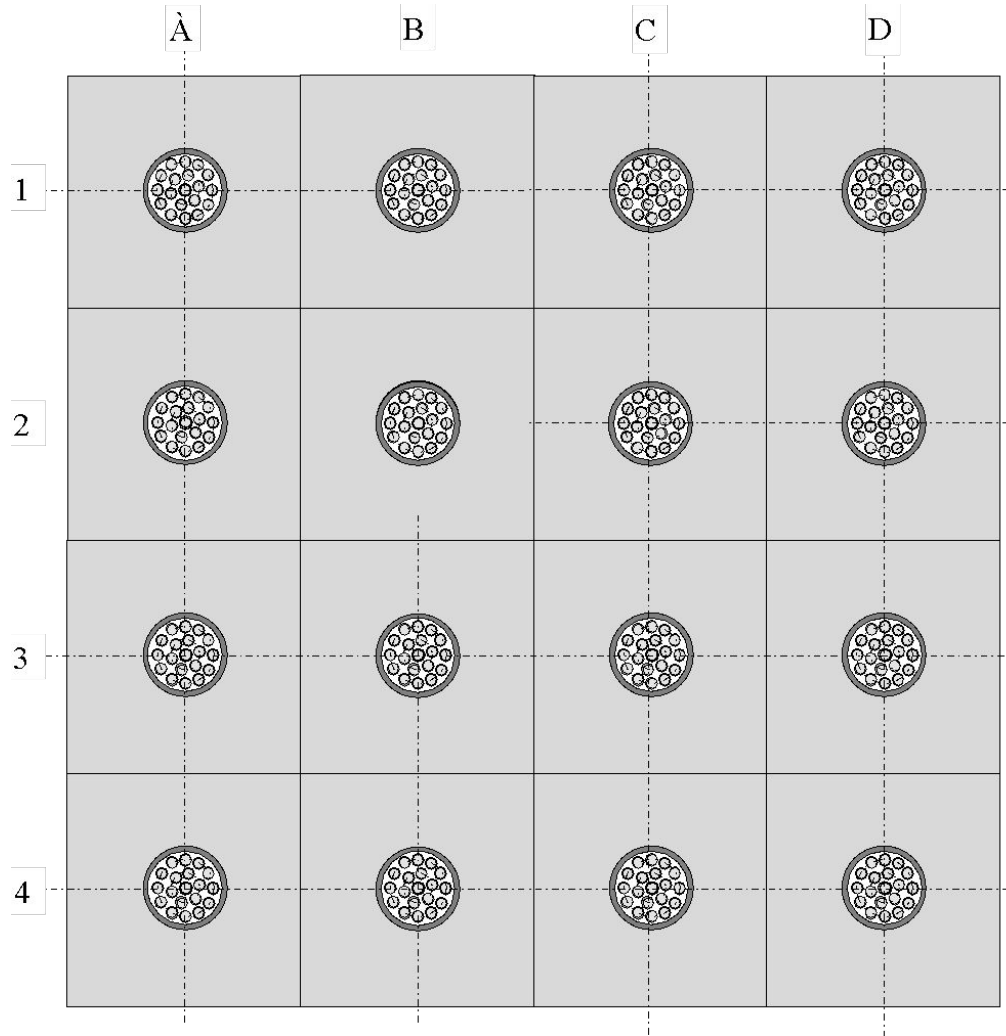
- активационные методы
- ионизационные камеры
- камеры деления



# - ЭМИССИОННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ (датчики прямой зарядки)

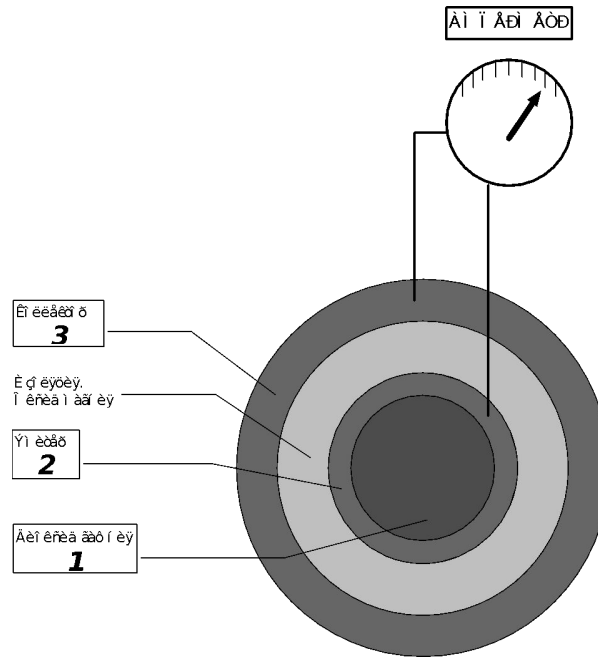


# О ВОЗМОЖНЫХ ПОГРЕШНОСТЯХ ПОКАЗАНИЙ ГАФНИЕВЫХ ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ ПОЛЯ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ В РЕАКТОРАХ РБМК

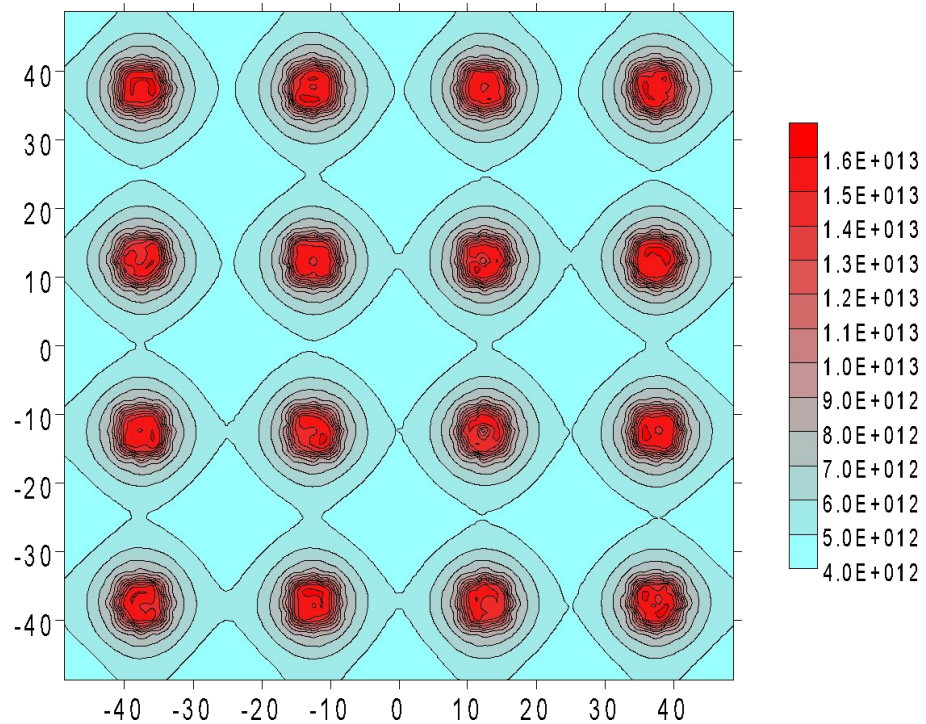
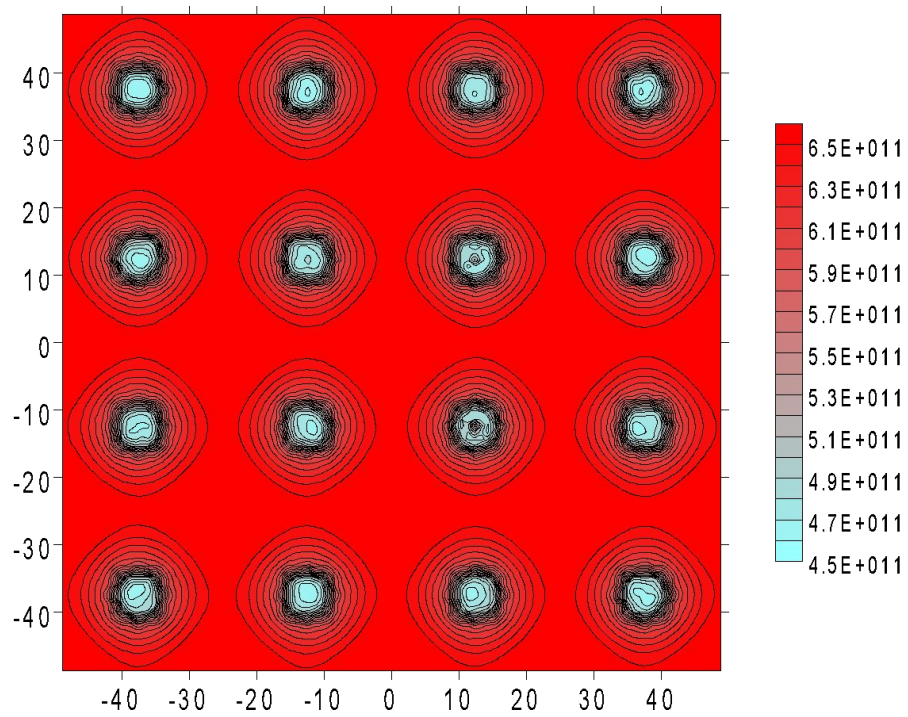




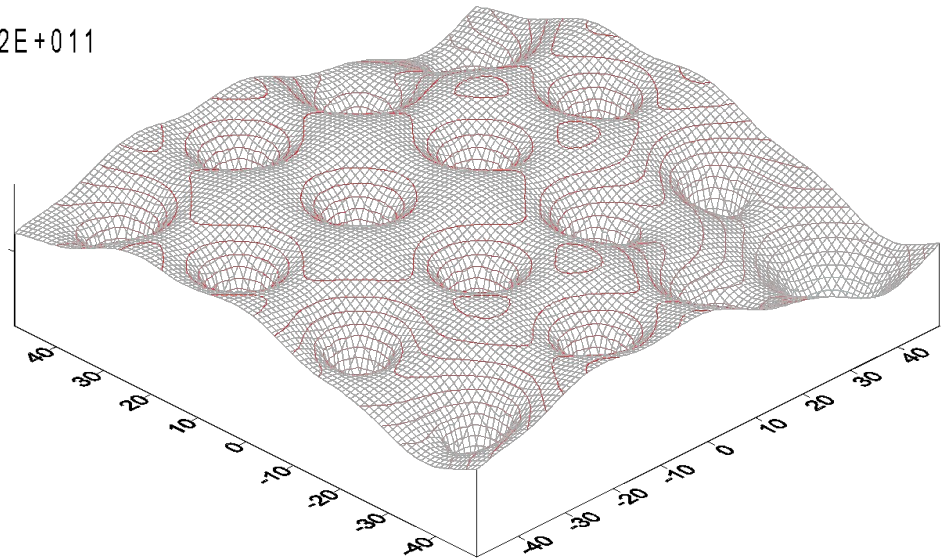
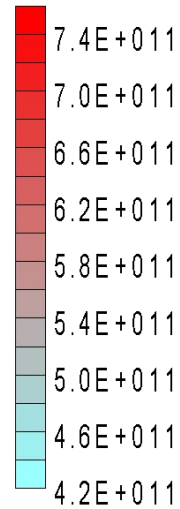
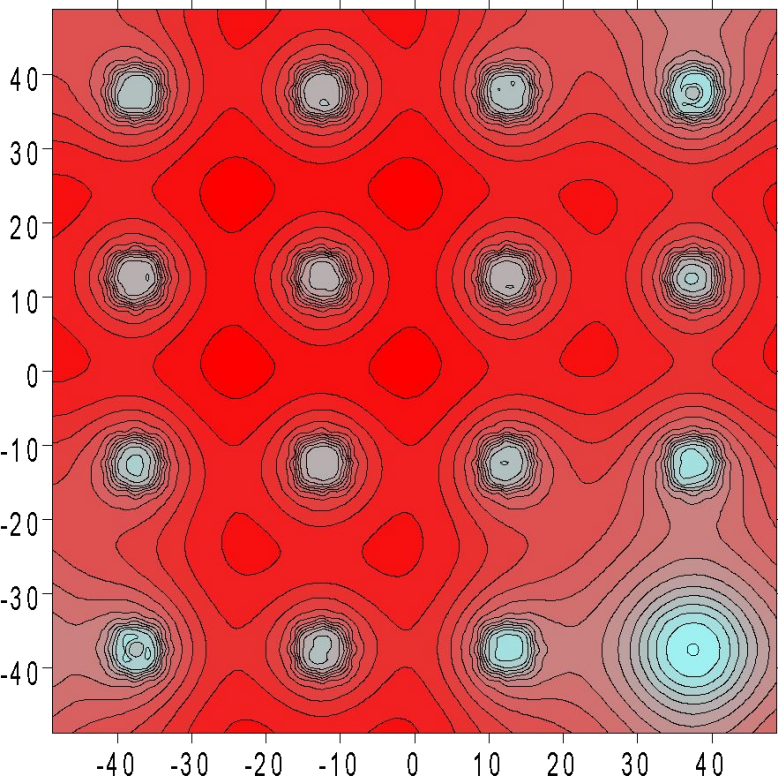
$$Q_{vi} = C \cdot \int_{V_i} \int_E \rho(r) \cdot \sigma_f(r, E) \cdot \Phi(r, E) dV dE$$



$$O = \int_{V_yE} \rho(r) \cdot \sigma(r, E) \cdot \gamma(r, E) dV dE - \int_{V_eE} \rho(r) \cdot \sigma(r, E) \cdot \gamma(r, E) dV dE \quad (2.3)$$



Поле тепловых нейтронов с энергией 0.35 эв  
при замене ТВС в ячейке D-4 на канал с ДП.



Изменение в процентах энерговыделения (верхняя цифра) и тока датчика (нижняя цифра), при замене в ячейке D-4 ТВС на канал с ДЦ.

	A	B	C	D
1	6.472	8.837	6.445	3.530
	7.645	10.658	7.570	2.988
2	8.959	10.042	8.773	7.552
	10.718	11.963	10.565	9.179
3	6.419	8.821	6.360	3.478
	7.539	10.607	7.443	3.048
4	3.459	7.465	3.560	
	3.068	9.138	3.090	

Изменение в процентах энерговыделения (верхняя цифра) и тока датчика (нижняя цифра), при замене в ячейке D-4 ТВС на канал с водой.

	A	B	C	D
1	6.359	6.305	6.382	7.728
	5.959	6.85	5.942	4.7
2	6.408	6.536	6.304	6.137
	6.910	7.185	6.819	6.476
3	6.342	6.344	6.340	7.623
	5.833	6.854	5.842	4.716
4	7.619	6.073	7.700	
	4.750	6.454	4.732	