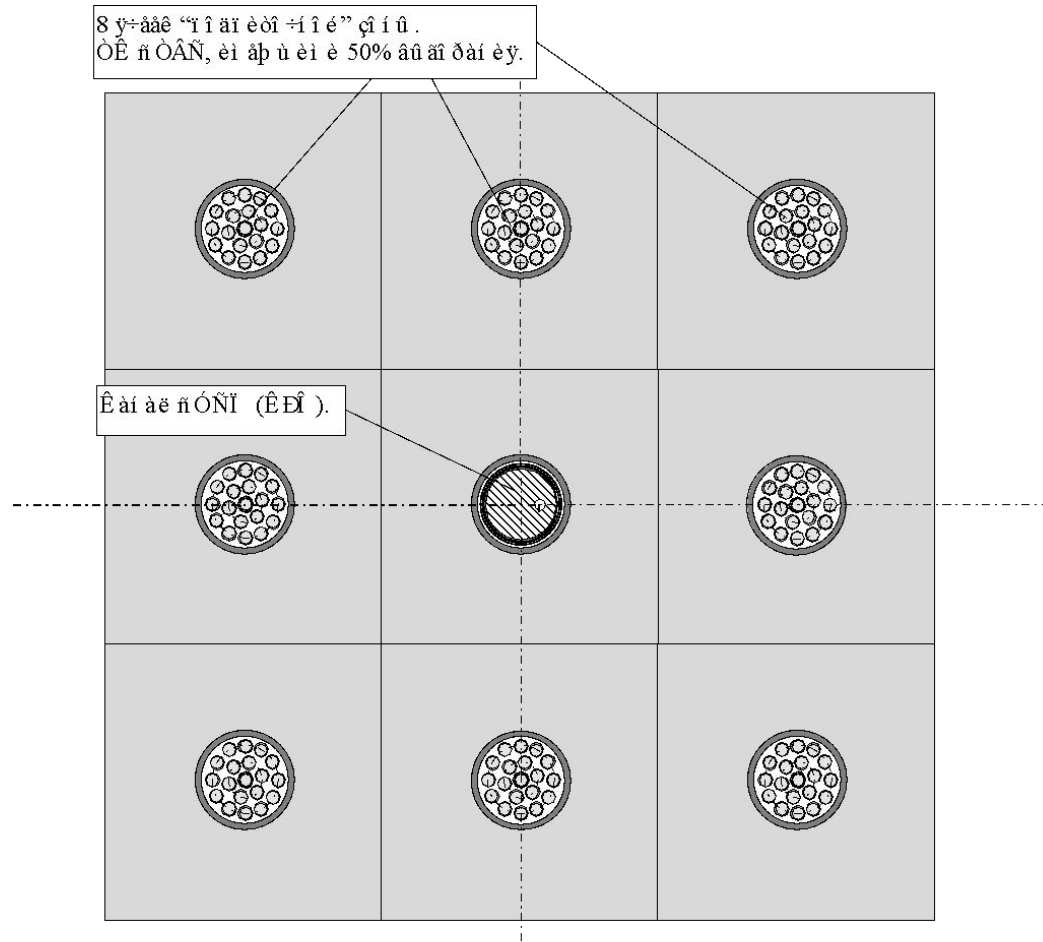
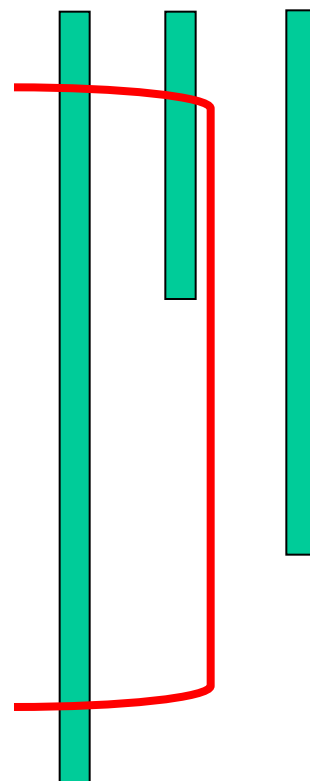
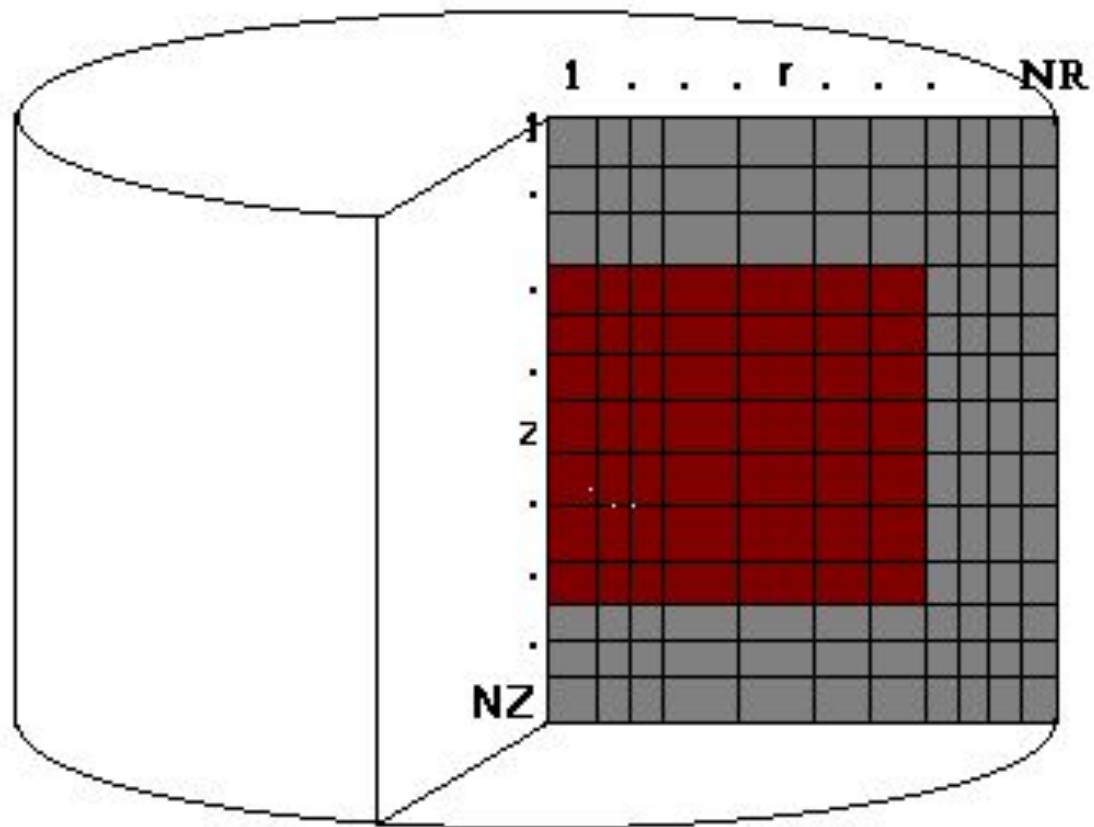


Управление ядерным реактором



Èèñ. 3.1 Ðàñ-âðîí ày ñðâîí à î èî ñêîé í î èèy+âéèè.



В одной группе

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

ñ è ð à à ê ò î ð ê ð è ò è ÷ á í

$$0 = \nabla D \nabla \Phi - \Sigma_a \cdot \Phi + \hat{e}_\infty \cdot \Sigma_a \cdot \Phi$$

ñ è ð à à ê ò î ð à ù à è î ä í î ð î ä ä í

$$0 = D \Delta \Phi - \Sigma_a \cdot \Phi + \hat{e}_\infty \cdot \Sigma_a \cdot \Phi$$

è è è

$$\Delta \Phi + \frac{(\hat{e}_\infty - 1)}{L^2} \cdot \Phi = 0 \quad \text{è è è} \quad \Delta \Phi + B^2 \cdot \Phi = 0$$

Запишем уравнение для плотности потока нейтронов в критическом реакторе до внесения возмущения

$$\nabla^2 \Phi_0 + B_0^2 \Phi_0 = 0, \quad (1)$$

Внесём в малый объём V_1 возмущение

$$(\Sigma_a)_1 = (\Sigma_a)_0 + \delta \Sigma_a,$$

Следовательно в этом объёме

$$B_1^2 = B_0^2 + \delta B^2.$$

Чтобы реактор остался в критическом состоянии нужно изменить B^2 в реакторе на величину ΔB^2 .

Тогда уравнение будет выглядеть

$$\nabla^2 \Phi + B^2 \Phi = 0, \quad (2)$$

где $B^2 = B_1^2 + \Delta B^2$ внутри объёма V_1 и $B^2 = B_0^2 + \Delta B^2$ вне

Умножим уравнение (1) на Φ , а уравнение (2) на Φ_0 , вычтем одно из другого и проинтегрируем по всему объему реактора V :

$$\int_V [(\Phi \nabla^2 \Phi_0 - \Phi_0 \nabla^2 \Phi) + (B_0^2 \Phi_0 \Phi - B^2 \Phi_0 \Phi)] dV = 0,$$

или

$$\int_V (\Phi \nabla^2 \Phi_0 - \Phi_0 \nabla^2 \Phi) dV + \int_{V-V_1} (B_0^2 - B^2) \Phi_0 \Phi dV + \int_{V_1} (B_0^2 - B^2) \Phi_0 \Phi dV = 0.$$

Используя соотношение для B^2 , можно записать

$$\int_V (\Phi \nabla^2 \Phi_0 - \Phi_0 \nabla^2 \Phi) dV - \Delta B^2 \int_V \Phi_0 \Phi dV - \delta B^2 \int_{V_1} \Phi_0 \Phi dV = 0.$$

Преобразуем в полученном выражении первый интеграл по объему в интеграл по поверхности

$$\begin{aligned} \int_V (\Phi \nabla^2 \Phi_0 - \Phi_0 \nabla^2 \Phi) dV &= \int_V \operatorname{div} (\Phi \operatorname{grad} \Phi_0 - \Phi_0 \operatorname{grad} \Phi) dV = \\ &= \int_S (\Phi \Phi_0' - \Phi_0 \Phi') dS. \end{aligned}$$

Интеграл в правой части берется по внешней поверхности реактора. А так как на поверхности $\Phi = \Phi_0 = 0$, получим

$$\Delta B^2 = - \delta B^2 \frac{\int_V \Phi_0 \Phi dV}{\int_V \Phi_0 \Phi dV}.$$

Если возмущение небольшое, то можно предположить, что

$$\Phi \approx \Phi_0$$

И следовательно,

$$\Delta B^2 = - \delta B^2 \frac{\int_{V_1} \Phi_0^2 dV}{\int_V \Phi_0^2 dV} . \quad B^2 = \frac{(\hat{e}_\infty - 1)}{L^2}$$

Если считать, что $\Delta B^2 = B^2 - B_0^2$ и L^2 не меняется, то

$$\frac{\Delta k}{k_\infty} = \frac{\delta \Sigma_a}{\Sigma_a} \frac{\int_{V_1} \Phi_0^2 dV}{\int_V \Phi_0^2 dV} .$$

Для объема V_1 с учетом изменения L^2 можно записать

$$\delta B^2 \approx \frac{\delta k}{L^2} - \frac{\delta L^2}{L^2} (k_\infty - 1) = \frac{\delta k}{L^2} - \frac{\delta L^2}{L^2} B^2.$$

$$k_\infty = \eta \mu \phi \theta = \eta \mu \phi (\Sigma_a)_U / \Sigma_a; \quad L^2 = 1/3 \Sigma_{tr} \Sigma_a,$$

где $(\Sigma_a)_U$ — сечение поглощения нейтронов в ядерном топливе, то соответствующие приращения можно записать в виде

$$\delta k = -k_\infty \delta \Sigma_a / \Sigma_a;$$

$$\delta L^2 = -L^2 \delta \Sigma_a / \Sigma_a.$$

Знак «—» в этих выражениях указывает на то, что приращения отрицательны.

подставив, получим

$$\delta B^2 = - \frac{k_\infty}{L^2} \frac{\delta \Sigma_a}{\Sigma_a} + \frac{B^2 L^2}{L^2} \frac{\delta \Sigma_a}{\Sigma_a} = - \frac{k_\infty}{L^2} \frac{\delta \Sigma_a}{\Sigma_a} \left(1 - \frac{B^2 L^2}{k_\infty} \right)$$

В больших реакторах обычно $B^2L^2 \ll 1$, так что

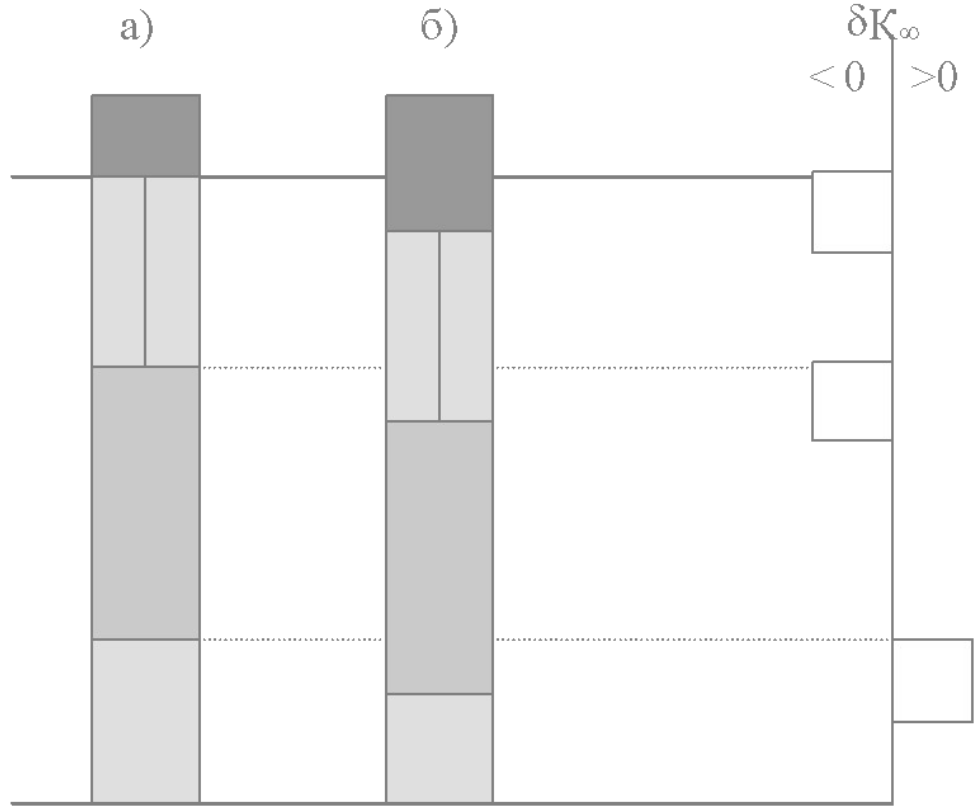
$$\delta B^2 = - \frac{k_\infty}{L^2} \frac{\delta \Sigma_a}{\Sigma_a}$$

следовательно,

$$\frac{\Delta k}{k_\infty} = \frac{\delta \Sigma_a}{\Sigma_a} \frac{\int_{V_1} \Phi_0^2 dV}{\int_V \Phi_0^2 dV}.$$

При этом помним, что $\Delta k = \rho$ - реактивность

Рис. 1. Схематическое изображение конструкции стержней РР



а) стержень в верхнем положении; б) начальная стадия погружения.

■ - поглотитель; □ - столб воды; ▒ - вытеснитель.

Рис. 2. Изменение реактивности при погружении стержней

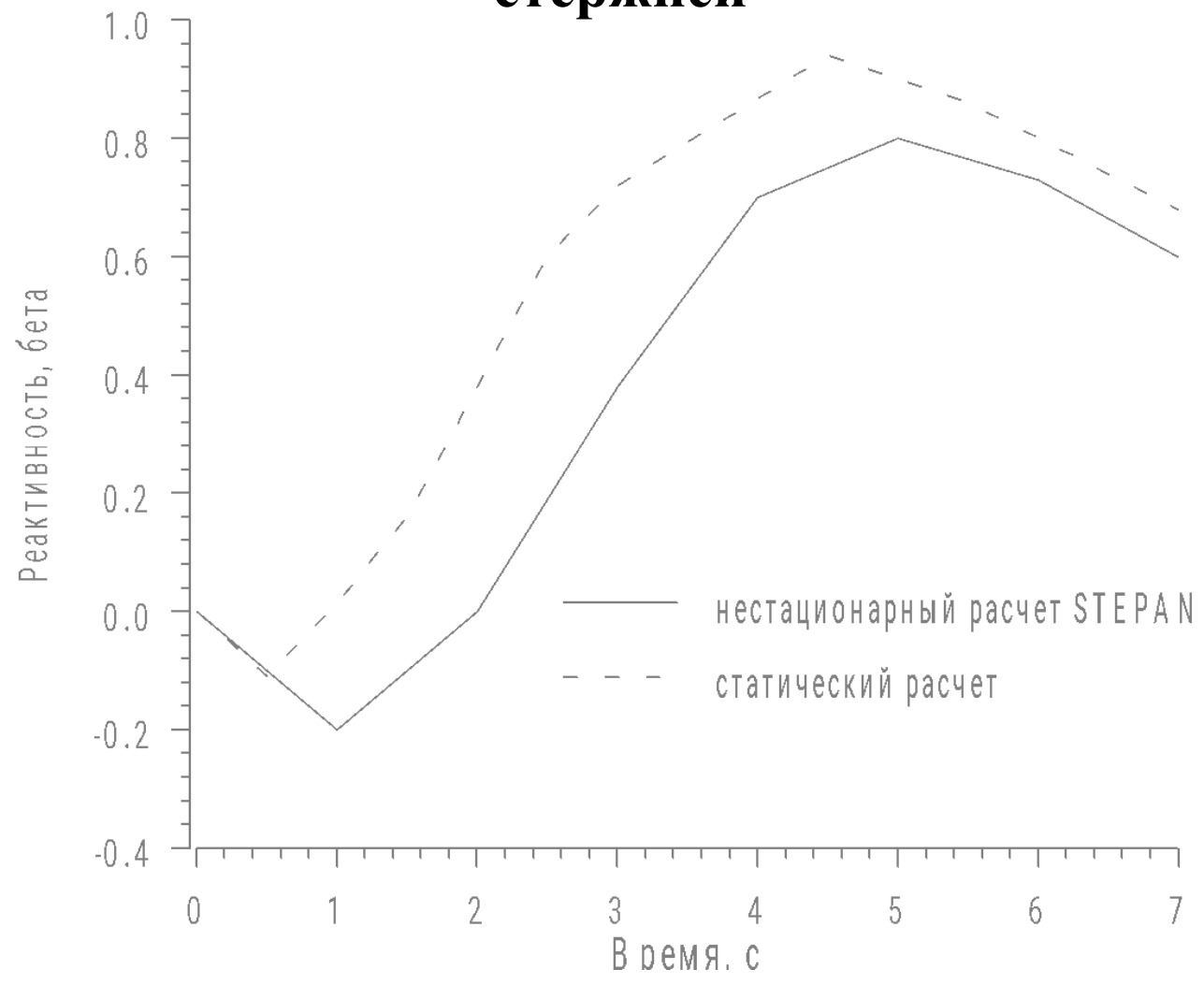


Рис. 3 Изменение аксиального усредненного по активной зоне нейтронного поля при погружении стержней. Верх активной зоны-справа.

