



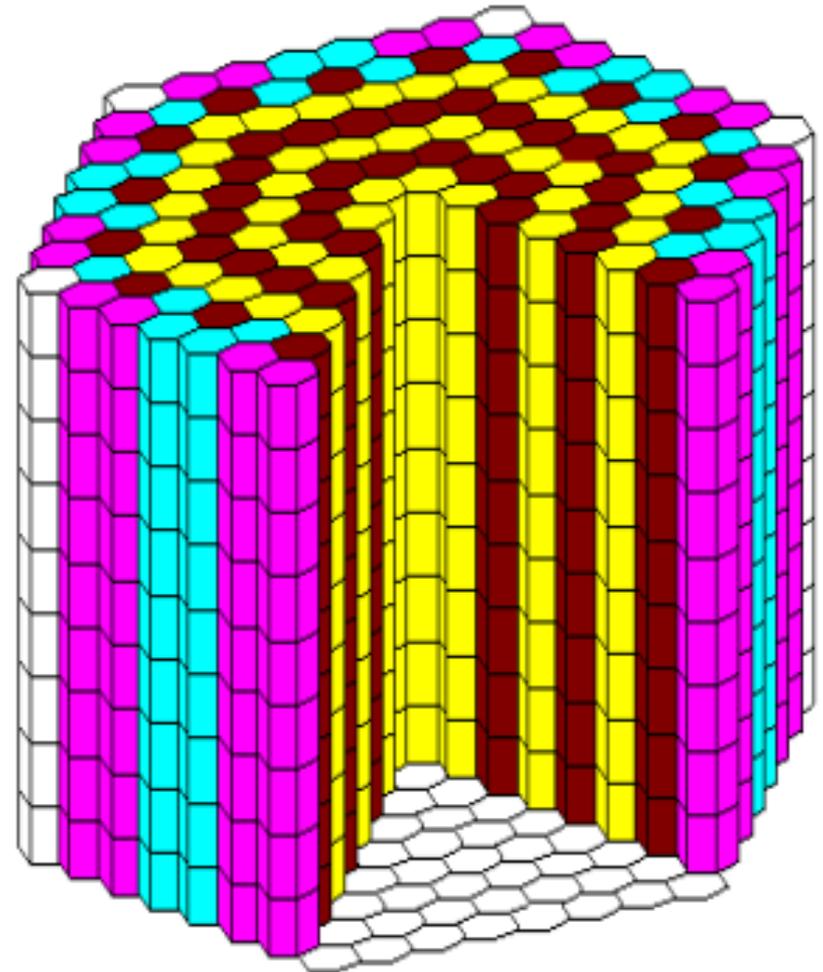
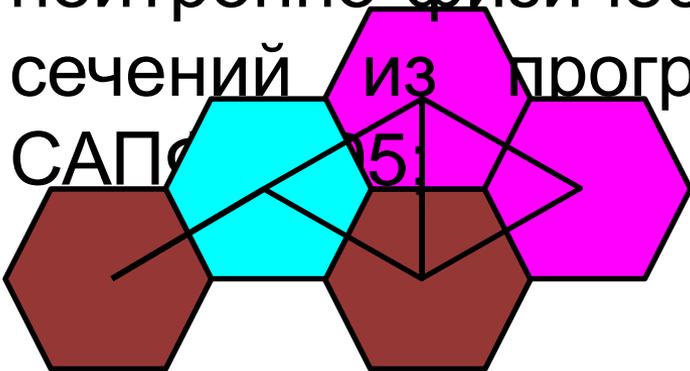
Разработка метода решения  
многогруппового уравнения  
диффузии для расчета реакторов  
на быстрых нейтронах

Д.И. Алексеев, В.В. Семилетин  
Руководитель: О.Ю. Кавун



# Задачи

- Разработка программы расчета поля энерговыделения в ядерных реакторах в многогрупповом приближении;
- Разработка программы для подготовки нейтронно-физических сечений из программы САПС-5;

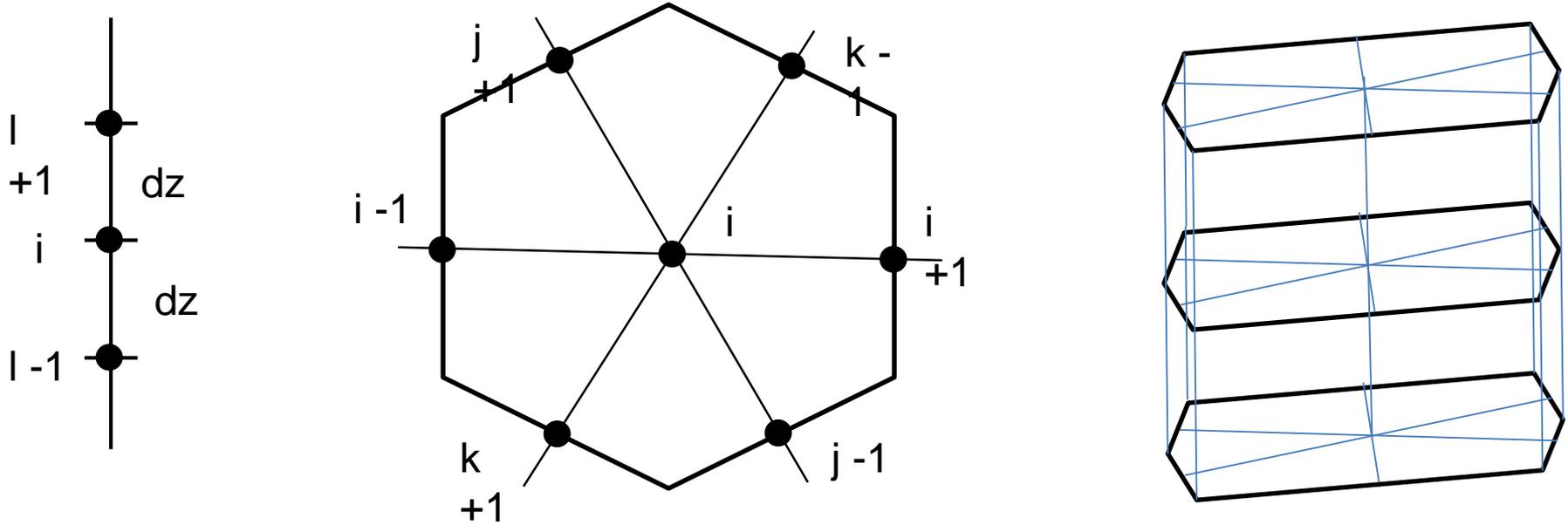


Уравнение кинетики в общем виде в диффузионном приближении имеет вид:

$$\frac{1}{v_p} * \frac{\partial F_p}{\partial t} = \nabla(D_p \nabla F_p) - \Sigma_{yB}^p F_p + \chi_p (\psi_p (1 - \beta) + \sum_{i=1}^n \lambda_i C_i) + \sum_{l=1}^{p-1} \Sigma^{l \rightarrow p} (\Delta E n_l) * F_l$$



# Центральный узел



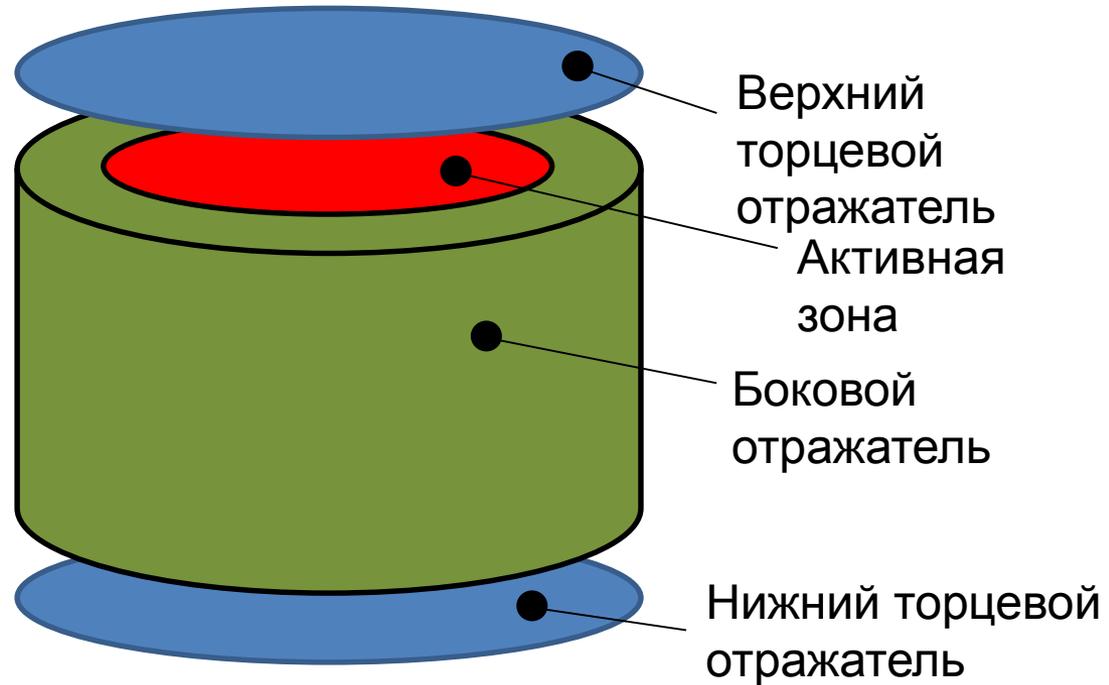
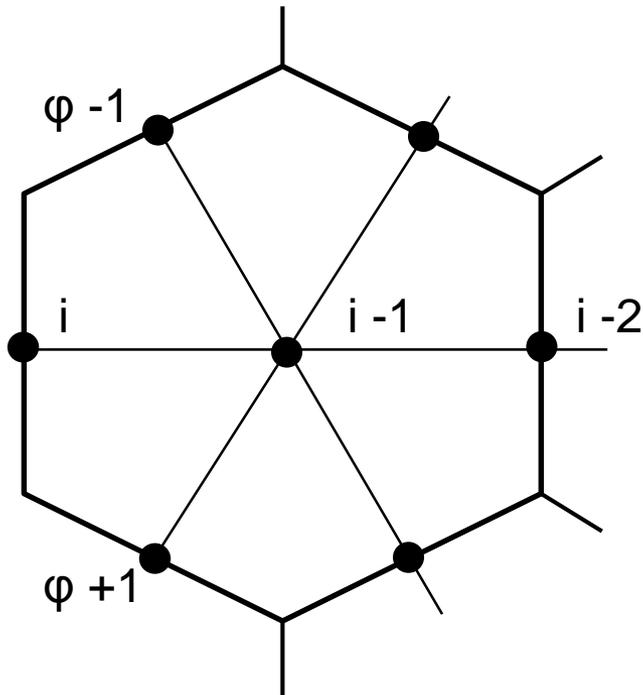
$$F * \left( \frac{1}{V_p} * \frac{3}{2\Delta t} + \frac{2}{3} D * \frac{6}{\Delta H^2} + D \frac{2}{\Delta z^2} + \Sigma^p_{yB} \right) = \frac{2}{3} * \frac{D}{\Delta H^2} * (F_{i+1} + F_{i-1} + F_{j+1} +$$

$$+ F_{j-1} + F_{k+1} + F_{k-1}) + \frac{D(F_{l+1}^* + F_{l-1}^*)}{\Delta z^2} +$$

$$+ \chi_p \left( \psi(1 - \beta) + \sum_{i=1}^n \lambda_i C_i \right) + \sum_{m=1}^{p-1} \Sigma^{m \rightarrow p} (\Delta E n_m) * \bar{F}_m + \frac{1}{V_p} * \frac{4F_{t-1} - F_{t-2}}{2\Delta t}$$

$$\Sigma^p_{yB} = \sum_k^{ngrp} \Sigma^{p \rightarrow k} + \Sigma^p_a - \text{сечение увода из группы}$$

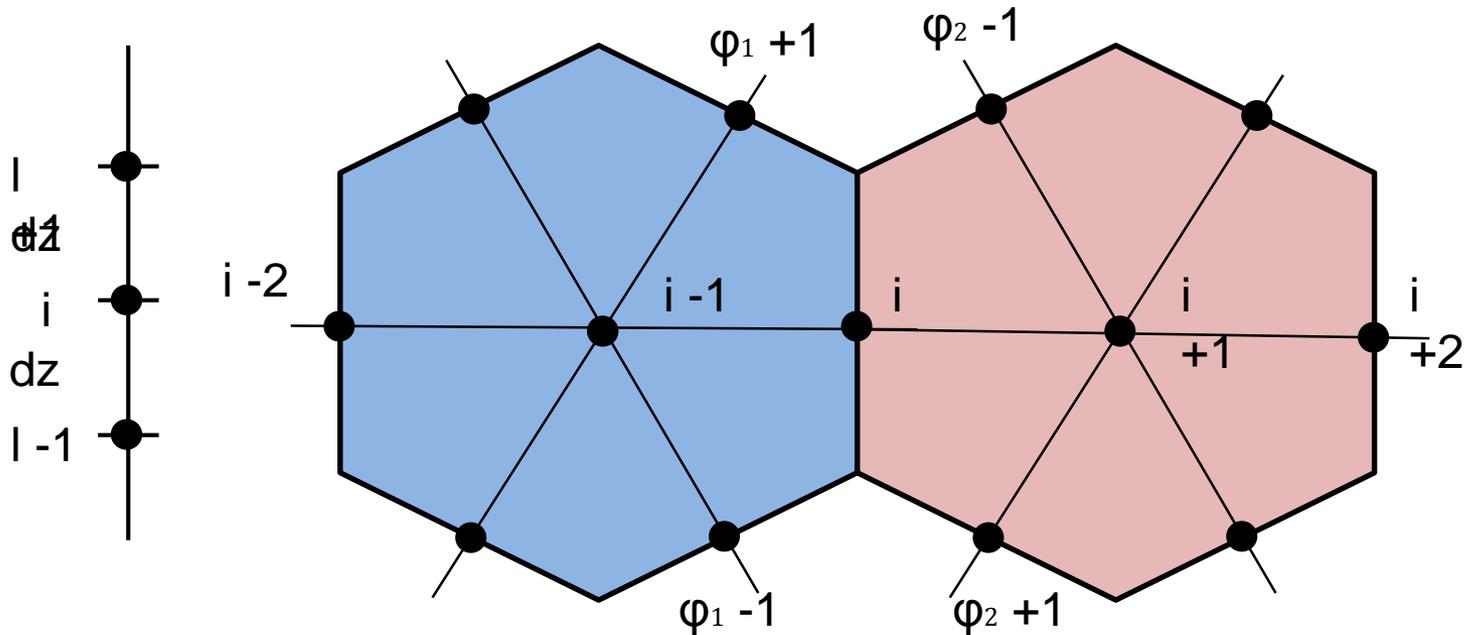
# Узел на границе с отражателем



$$\frac{\partial F_p}{\partial X} = - \sqrt{\frac{\sum_k^{ngrp} \Sigma^{p \rightarrow k} + \Sigma_a^p}{D_p}} * F_p + \sum_j^{p-1} \frac{\Sigma^{j \rightarrow p}}{D_p} \frac{F_j}{\sqrt{\frac{\sum_k^{ngrp} \Sigma^{p \rightarrow k} + \Sigma_a^p}{D_p} + \sqrt{\frac{\sum_k^{ngrp} \Sigma^{j \rightarrow k} + \Sigma_a^j}{D_j}}}}$$

$$\Delta F = \frac{\partial^2 F}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 F}{\partial \varphi^2}$$

# Узел на границе кассет



$$\left. \frac{\partial F}{\partial r} \right|_{\text{слева}} = \frac{D_2}{D_1} \frac{-3F + 4F_{i+1} - F_{i+2}}{2\Delta r}$$

$$\left. \frac{\partial F}{\partial r} \right|_{\text{справа}} = \frac{D_1}{D_2} \frac{3F - 4F_{i-1} + F_{i-2}}{2\Delta r}$$

Сумма производных слева и справа от расчетного узла

# Двухгрупповая структура библиотеки

Заголовок библиотеки содержит:

- 1) число энергетических групп нейтронов ( $n_{gr}$ );
- 2) интерполяционные узлы по температуре, плотности, глубине выгорания и концентрации бора;
- 3) доли спектра нейтронов каждой группы;

Параметр	Наименование
$D$	Кэффициент диффузии
$\Sigma_a$	Макросечение поглощения
$\nu_f \Sigma_f$	Источник нейтронов
$\Sigma_f$	Макросечение деления
$V$	Скорость нейтронов
$\sigma_{xe}$	Микросечение поглощения ксенона
$\sigma_{sm}$	Микросечение поглощения самария
$\Sigma_{\psi\phi}$	Одномерная матрица увода

# Матрица увода

$$\begin{array}{c} 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \\ \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{array} \left[ \begin{array}{ccccc} 0 & \Sigma^{1 \rightarrow 2} & \Sigma^{1 \rightarrow 3} & \Sigma^{1 \rightarrow 4} & \Sigma^{1 \rightarrow 5} \\ 0 & 0 & \Sigma^{2 \rightarrow 3} & \Sigma^{2 \rightarrow 4} & \Sigma^{2 \rightarrow 5} \\ 0 & 0 & 0 & \Sigma^{3 \rightarrow 4} & \Sigma^{3 \rightarrow 5} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \Sigma^{4 \rightarrow 5} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \end{array}$$

Конечное число элементов библиотеки характеризуется формулой:

$$n_{38} = 6 * n_{grp} + 2 + n_{grp} * (n_{grp} - 1)$$

# Верификация программы

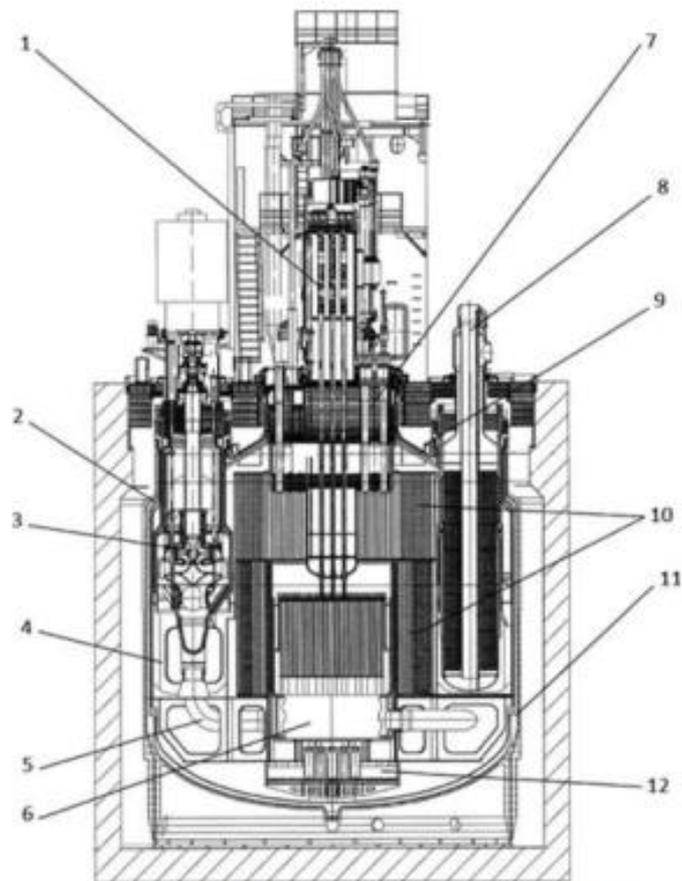
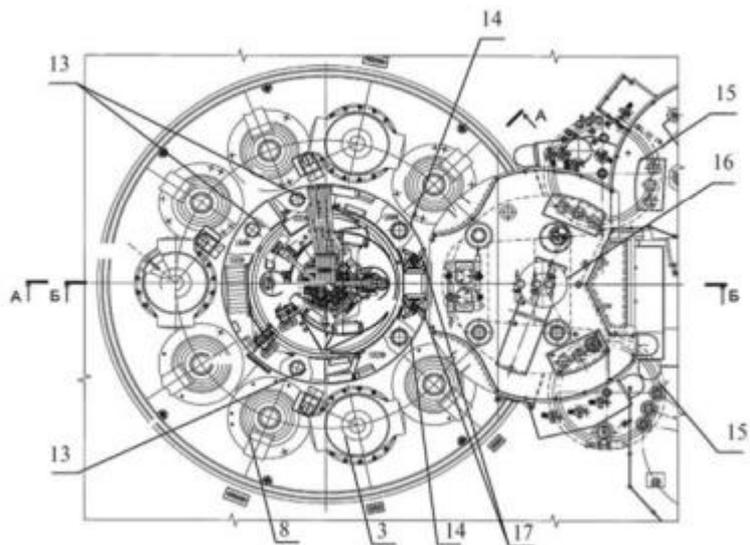
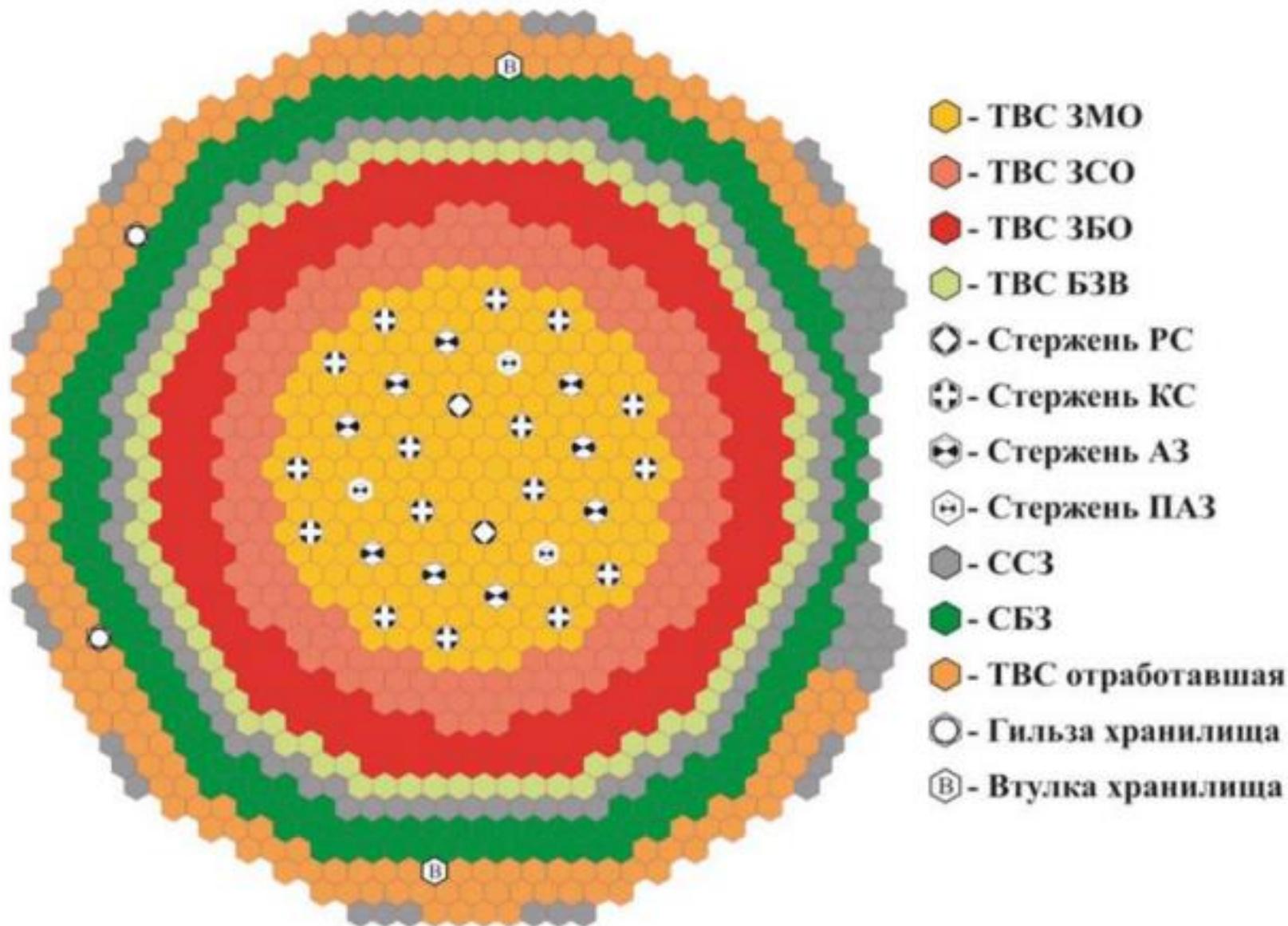


Рисунок 4.1 – Продольный разрез РУ БН-800

- 1 — исполнительные механизмы СУЗ; 2 — основной корпус реактора; 3 — ГЦН-1;  
4 — пояс опорный; 5 — трубопровод напорный; 6 — камера напорная;  
7 — пробки поворотные; 8 — ПТО; 9 — компенсатор; 10 — нижний и верхний ярусы боковой  
внутрикорпусной защиты; 11 — корпус реактора страховочный; 12 — устройство для сбора  
топлива; 13 — пробки уровнемеров; 14 — пробки под механизмы системы горизонтального  
звукотвидения; 15 — барабаны перегрузочные с приводами и оборудованием; 16 — механизм  
передачи сборок перегрузочного бокса; 17 — пробки для внутрибачковых ионизационных камер

# Картограмма активной зоны



# Результаты расчета

Параметр	DESNA8T	DESNA9T
Относительная нейтронная мощность	1.00000E+00	1.00000E+00
Относительная тепловая мощность	1.00000E+00	1.00000E+00
Изменение нейтронной мощности	0.00000E+00	0.00000E+00
Эффективный коэффициент размножения	1.056213	1.056256
Реактивность	0.053221	0.053259
Отведенная абсолютная мощность, ккал/с	501193.01	501193.04
Отведенная относительная мощность	1.00001E+00	1.00001E+00
Средняя плотность теплоносителя по зоне, кг/м <sup>3</sup>	846.1	846.1
Средняя температура теплоносителя по зоне, С	450.5	450.5
Средняя температура топлива в зоне, С	1712.4	1712.4
Оцененное время жизни мгновенных нейтронов, с	7.43978E-07	7.43978E-07
Суммарный расход через	8550.46	8550.46

*Спасибо за внимание*