

ВЛИЯНИЕ НА ОТРАЖАТЕЛЯ ПРИ ЛЕКОВОДНИ РЕАКТОРИ

Анелия Иванова Бобочоева



Какво ще Ви представя....

- 1. Ядрени реактори и обзор на решения за отражатели в някои типове реактори.
- 2. Физическо значение на отражателя
- 3. Ефективна добавка и ефективна дебелина на отражател.
- 4. Изчислителна част

АКТИВНА ЗОНА

- Основният компонент на ядрения енергиен реактор е активната зона, в която протича верижната реакция на делене. В състава и са включени ядрено гориво, съставни части на касети, обвивки на ТОЕ, конструкционни материали, топлоносител и забавител.



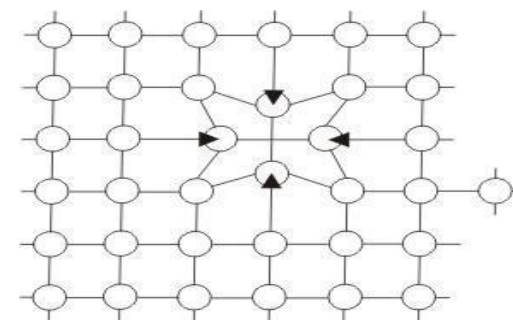
Фигура 1 Активна зона

Отражател

- ▶ За намаляване загубата на неутрони, активната зона се огражда с отражатели. Те обикновено се изработват от същите материали, като забавителите, формиращи нужния енергиен спектър.
- ▶ Отражателя изравнява енергоотделянето в обема на зоната и намалява критичните размери на реактора.
- ▶ За реактори на бързи неутрони, където забавител липсва, вместо отражател се създава „зона за възпроизводство“, състояща се от природен уран.

Отражател и топлинна защита...

- ▶ Взаимодействайки с веществата, енергията на лъченията се превръща в топлина. Характеристиките на веществата, в резултат тези взаимодействия се изменят по веригата **състав-структура-свойства**. В кристални решетки тези въздействия водят до избиване на атом, изместване на съществуващ и причиняват деформации.
- ▶ За да се защити корпуса, между него и активната зона се разполага топлинна защита - типично за реакторите с топлоносител вода.

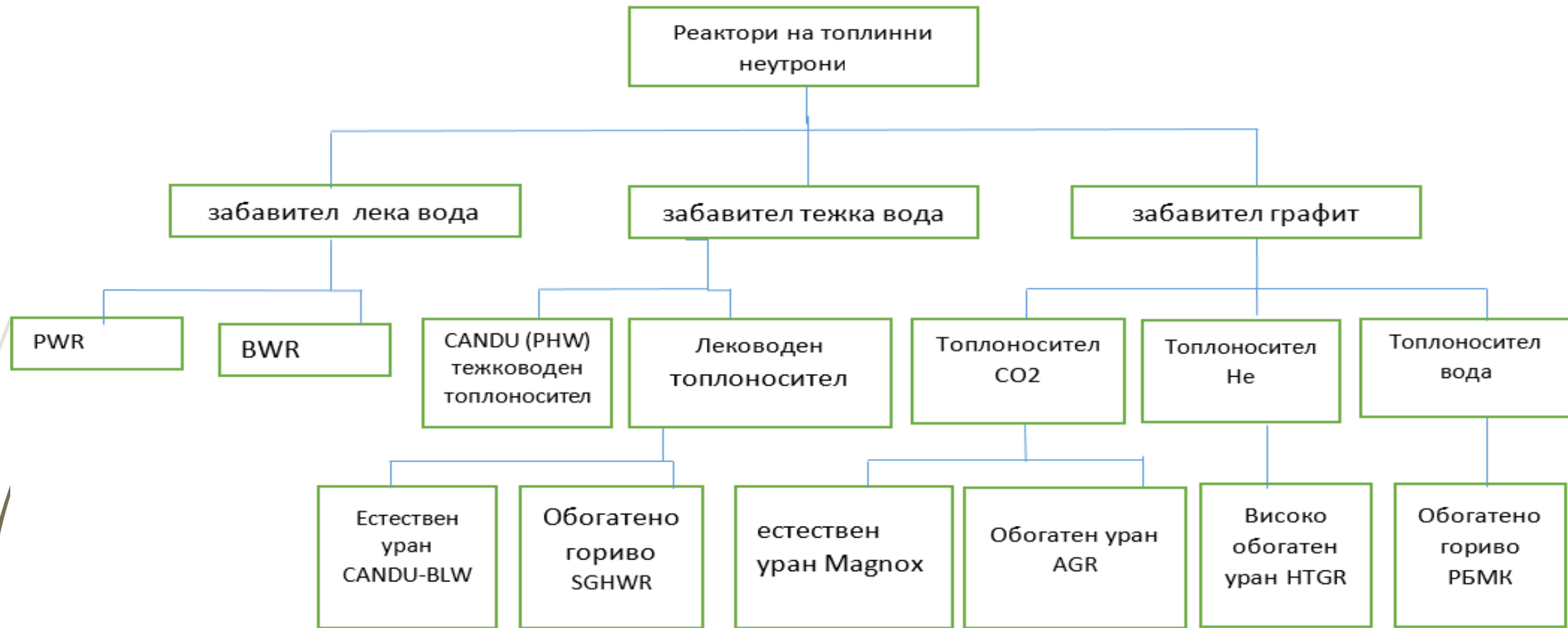


Фигура 2 Дефект - ваканция

Материали

- ▶ Отразяващата способност на материала зависи от дифузионни характеристики на средата: транспортна дължина, дължината на дифузия и възраст. Характеризира се с коефициент на вътрешно отражение. Спрямо него се подреждат: Тежка вода $\beta = 0.98$, $\beta = 0.94$, берилий $\beta = 0.89$ и обикновена вода $\beta = 0.81$
- ▶ Отражателят трябва да бъде добър забавител на неутрони.
- ▶ Берилият е с добра отразяваща способност, но под действието на бързи неутрони се разпада на литий, хелий и тритий, които притежават сечения на поглъщане на топлинни неутрони, настъпва "отравяне" от берилий.
- ▶ За реакторите на бързи неутрони използването на вода и графит е недопустимо, като отражател се използва суровина U 238 или Th 232 .

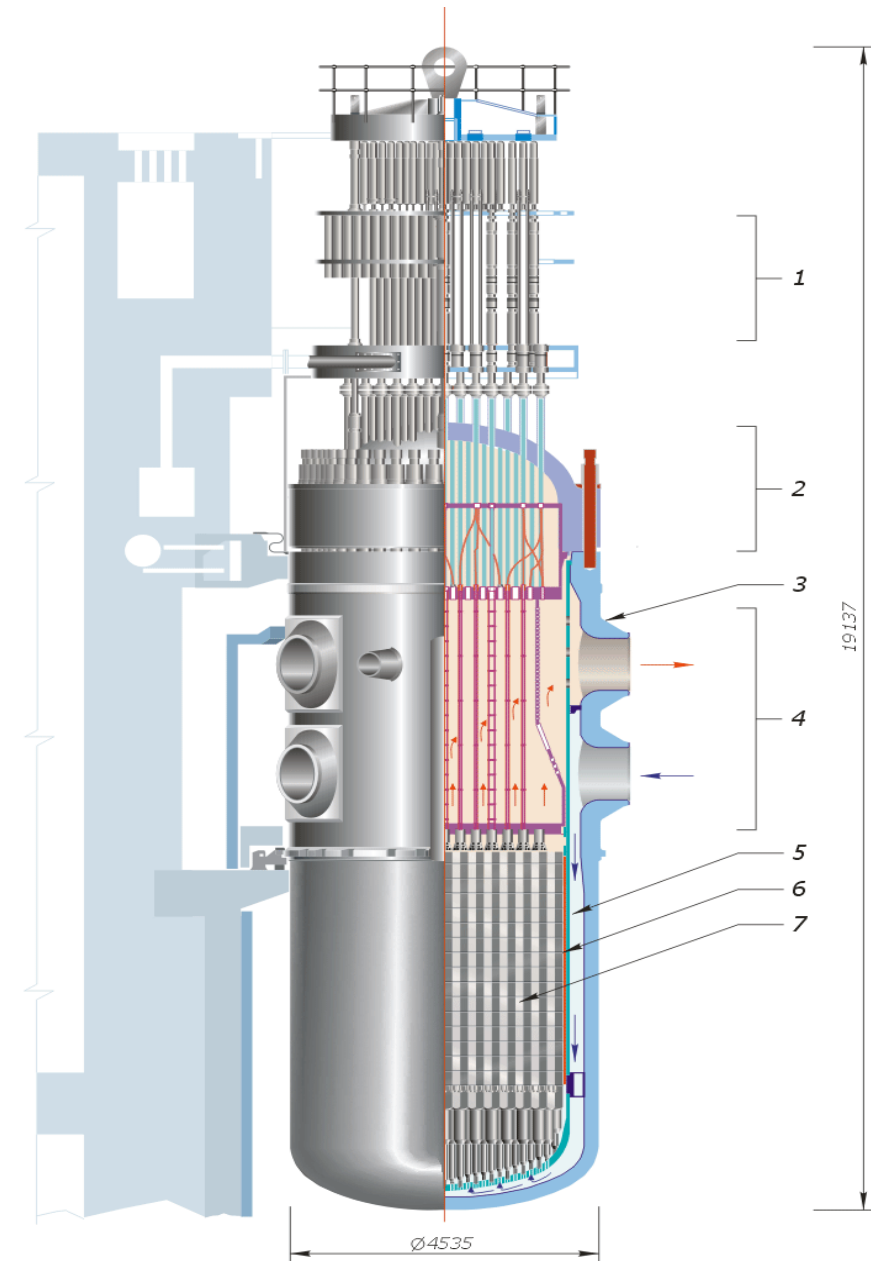
Видове реактори



Фигура 3 Типове реактори според вид на забавителя

Леководни реактори.

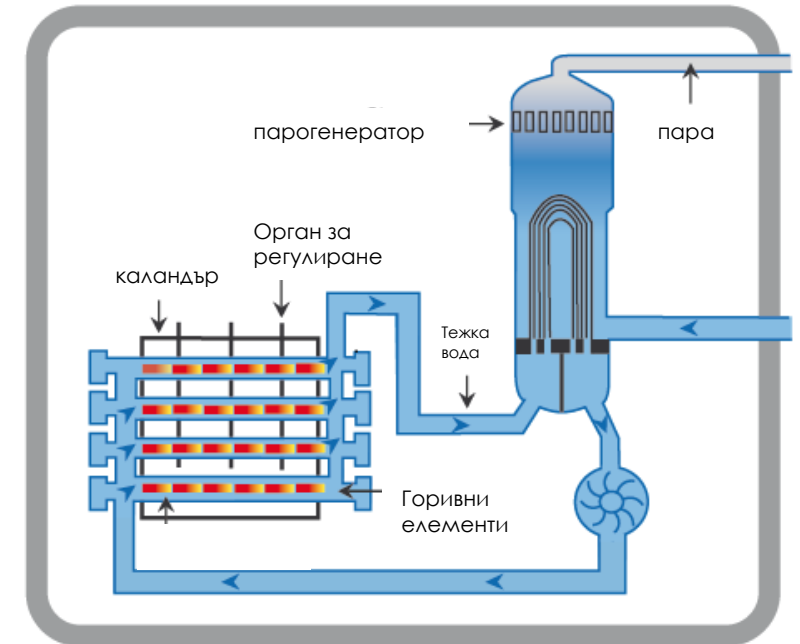
- ▶ PWR, ВВЕР ,BWR
- ▶ В първите етапи на развитие на ЯЕ, ядрените реактори са ориентирани в използването на природен уран, което е и предпоставка за търсе на забавител от материал, притежаващ комбинацията от добри забавявящи свойства, малки сечения на поглъщане и добра цена.
- ▶ Същественото различие между PWR и BWR е създаване на условия за работа, при опростена едно(дву)котурна схема, където кипенето на топлоносителя е желан процес. Активната зона е оградена от кожух неръждаема стомана, който заедно с вътрешната част на корпуса образува пръстеновиден отвор запълнен с вода.



Фигура 4 Реактор ВВЕР 1000

Тежководни реактори. НWR:Канални- Candu.

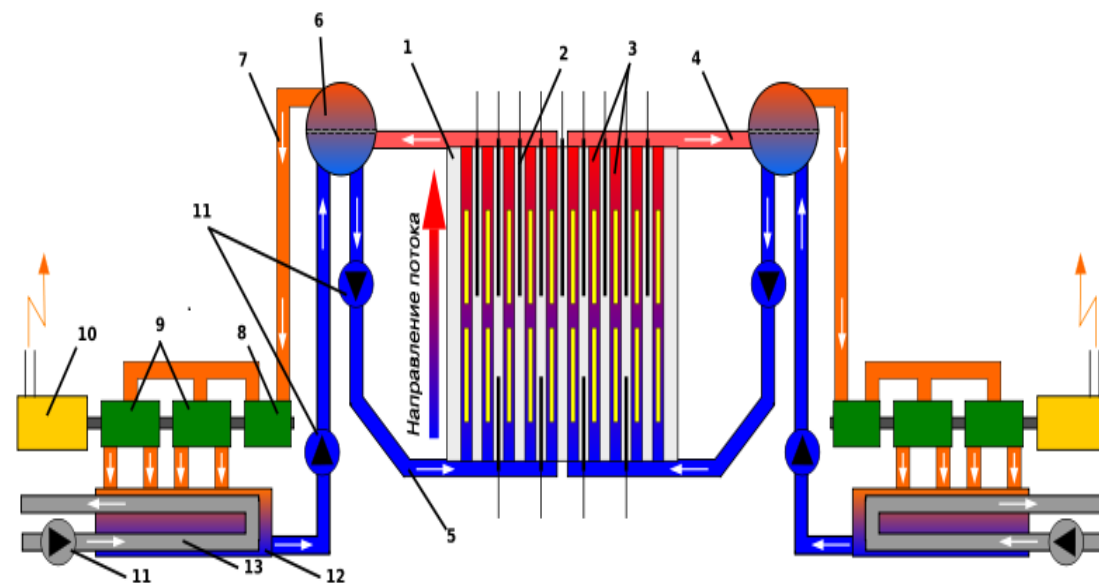
- Канален тип. В каландерните тръби се раполагат горивни канали, които съдържат касетите с гориво и забавителя. **Каналите** преминават през челни отаждатели и биологична защита. Тежката вода в ролята на забавител (и отрждател) има най-добри свойства, а топлофизичните не се различават от тези на обикновената. Енергийният спектър на забавящите се неутрони е мек.
- Тежководни реактори от корпусен тип. **Отражател** – слой тежка вода между активната зона и каландера, изпълняваща функциите и на забавител. Температурата му се поддържа в граници, с цел намаляване неефективното използване на неурони.



Фигура 5 Реактор CANDU

Реактори със забавител графит.

- Създаването и развитието им позволява използването на природен уран за гориво. Дължината на дифузия на неутроните в чист графит налага големи размерите на реактора. Графитът се използва с широк спектър от топлоносители – лека вода, газове и течни метали.
- Активната зона на РБМК е обградена с **отражатели**, както от страни, така и отгоре и долу, които нямат чисто графитна структура.



1. Забавител
2. Органи за управление и защита
3. Технологичен канал
4. Пара
5. Вода
6. Барабан-сепаратор
7. Суха пара
8. Цилиндър високо налягане
9. Цилиндър ниско налягане
10. Генератор
11. Циркулационна помпа
12. Кондензатор
13. Спомагателен контур

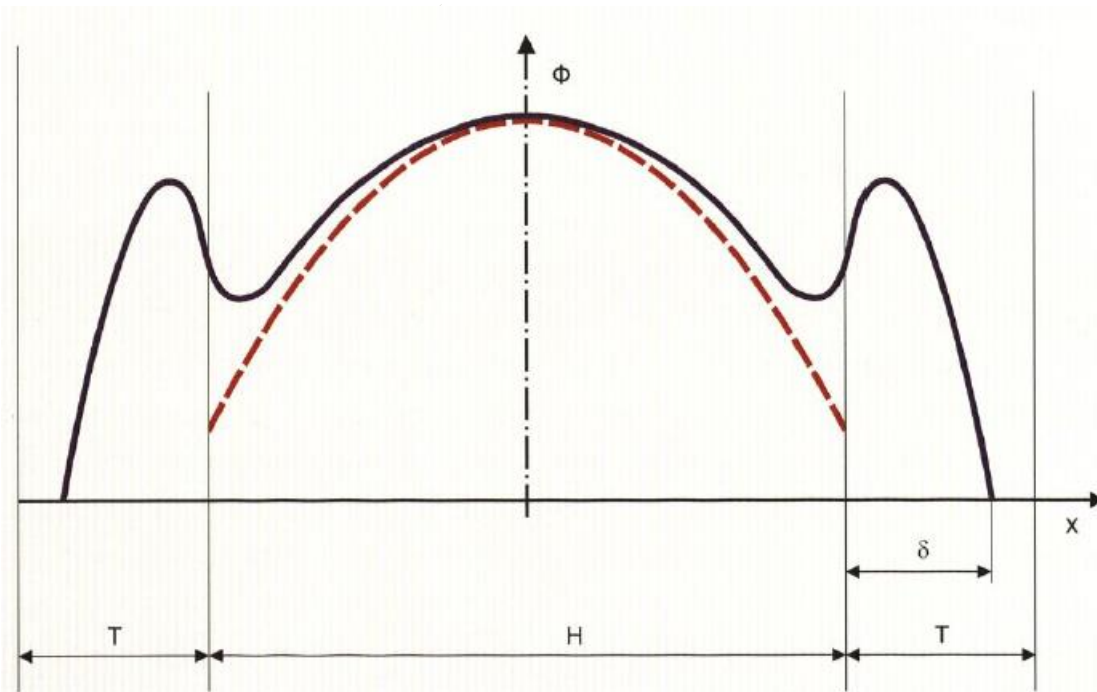
Фигура 6 Реактор РБМК



Физическо значение на отражателя

- Зона без отражател, граничи със среда, в която няма източници на неутрони. През повърхнините и изтичат неутрони, които не могат да се върнат обратно, като това изтичане намалява плътността на неутроните във външните слоеве, което е и причината за неравномерността в разпределението на неутронния поток.
- Неравномерното разпределение на неутронния поток води до неефективно използване на горивото и на неутрони. В централната част, където потока е близък до максималния, изгарянето на горивото е по-интензивно, спрямо в периферията, където потокът е по-малък.
- Отражателят не може да спре напълно неутроните, изтичащи от активната зона, а само го намалява.

Физическо значение на отражателя



Фиг.7 Изменение на Φ в реактор с отражател

- Ефективна дебелина на даден материал е тази, при която отражателят е почти идентичен по своите свойства с отражател от същия материал с безкрайни размери.

- За критична зона в безкрайна среда, загубата от изтичане на забавящи се неутрони, спрямо тези с топлинни енергии е значителна. Бързите неутрони са с по-голяма скорост, също така материалите в активната зона имат по-големи сечения на поглъщане на топлинни спрямо бързи.
- За същата зона, но с отражател, изтичащите надтоплинни неутрони, попадащи в средата на отражателя се забавят много по-интензивно. Поради слабото поглъщане в ограничителя се натрупват топлинни неутрони и се увеличава плътността на неутронния поток в отражателя.
- За да се запази реактора критичен, е необходимо да се намали размера на активната му зона. Намалването на критичните размери при наличието на отражател се отчита с ефективна добавка.

Изчислителна част

При зададени начални условия е извършено пресмятане на хомогенен реактор по еднотруповата методика, целящо онагледяване на зависимостта между ефективната добавка и дебелината на отражателя – таблица 1.

- ▶ Ядрено гориво: UO_2 , 4,6% обогатяване
- ▶ Забавител: вода под налягане
- ▶ Теплоносител: вода под налягане
- ▶ Параметри на теплоносителя: входна температура 286°C , изход 316°C
- ▶ Налягане $15,7\text{MPa}$

- 1. Пресмятане на ядрените концентрации на компонентите на АкЗ.
- 2. Осредняване на микроскопичните сечения на взаимодействие на топлинните неутрони спрямо температурата на неутронния газ.

$$T_{\text{нг, аз}} = T_{\text{заб}} * \left(1 + 1.46 * \frac{\Sigma_a(T_{\text{заб}})}{\xi \Sigma_s} \right), K$$

$$\sigma_{a,5} = \sigma_{a,5}^{\text{таб}} * \frac{\sqrt{\pi}}{2} * \sqrt{\frac{T_0}{T_{\text{нг, аз}}}} * g_{a,5}(T_{\text{нг, аз}}), b$$

$$\sigma_{f,5} = \sigma_{f,5}^{\text{таб}} * \frac{\sqrt{\pi}}{2} * \sqrt{\frac{T_0}{T_{\text{нг, аз}}}} * g_{f,5}(T_{\text{нг, аз}}), b$$

$$g_{a,5}(T_{\text{нг, аз}}) = 0.972 - 0.0756 * \left(\sqrt{\frac{T_{\text{нг, аз}}}{T_0}} - 1 \right)$$

$$g_{f,5}(T_{\text{нг, аз}}) = 0.9745 - 0.0835 * \left(\sqrt{\frac{T_{\text{нг, аз}}}{T_0}} - 1 \right)$$

- 3. Пресмятане на макроскопичните сечения на взаимодействие.
- 4. Определяне коефициента на размножение за безкрайна среда.
- 5. Определяне на дифузионните и възрастови характеристики на активната зона и отражателя.
- 6. Определяне на критичните размери на реактора без отражател и в дифузионно-възрастово приближение.

Решение на критичното уравнение на реактора относно B_m^2 при $K_{\text{эф}}=1$

$$K_{\text{эф}} = K_{\infty} * e^{B_M^2 * \tau_{\text{Г,аз}}}$$

$$K_{\text{эф}} = \frac{K_{\infty} * e^{B_M^2 * \tau_{\text{Г,аз}}}}{1 + B_M^2 * L_{\text{аз}}^2}$$

$$B_M^2 = \frac{K_{\infty} - 1}{\tau_{\text{Г,аз}} + L_{\text{аз}}^2}$$

Намираме критичните размери на цилиндрична активна зона

$$B_M^2 = B_{\text{Г}}^2 = \left(\frac{2.405}{R_{\text{кр}} + d}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{H_{\text{кр}} + 2d}\right)^2$$

$$R_{кр} = \frac{5,441}{B_{г}} - 2dH_{кр} = \frac{5,441}{B_{г}} - 2d$$

Екстраполирана дължина d

$$d = 0.71\lambda_{тр}, аз$$

Определяне на ефективната добавка δ

$$\delta = \frac{1}{B_m} \arctg \left[\frac{D_{аз} * B_m}{D_{отр}} L_{отр} * th \left[\frac{T}{L_{отр}} \right] \right], \text{ см}$$

При използване на еднoгpупoвo пpиблoжeниe кpитичните paзмepи ce paзлyчaвaт oт peaлните, пopaди paзличиятo в ядpeните cвoйcтвa нa кoнcтyкциoнните мaтepиaли, в зaвиcимocт oт eнepгиятa нa нeйтpoните.

добавката първоначално бързо нараства с голяма скорост, която намалява в следствие. Изтичането на неутрони от отражателя намалява много по-бързо с увеличаването на неговата дебелина

Дебелина на отражателя, см	Ефективна добавка, см			
	H ₂ O	D ₂ O	C	Be
5	2,022	0,932	1,592	5,18
10	2,652	1,845	3,081	7,544
15	2,772	2,725	4,397	8,43
20	2,793	3,557	5,515	8,776
25	2,796	4,333	6,44	8,895
30	2,797	5,05	7,197	8,945
35	2,797	5,706	7,812	8,964
50		7,332	8,313	8,976
100		10,287	10,438	
150		11,538	10,687	
200		12,174	10,737	
300		12,758	10,749	
400		12,992		

Таблица 1



Благодаря за
ВНИМАНИЕТО