

«Використання композитних матеріалів для зниження рівня іонізуючого випромінювання для збереження довкілля»

Виконав роботу

Кузнецов Георгій Валерійович

учень 11 класу

Миколаївського Морського ліцею імені професора М. Александрова
Миколаївської міської ради

Вчитель

Корж Т. О., вчитель фізики вищої категорії

Миколаївського Морського ліцею імені професора М. Александрова
Миколаївської міської ради

Актуальність теми

Серед галузей сучасної промисловості, найбільш однією з небезпечних для навколишнього природного середовища і самої людини, є атомна енергетика. На цей час майже 50 відсотків електроенергії в Україні виробляється атомними електростанціями.

Важливою проблемою ядерної енергетики залишається заховання радіоактивних відходів – впродовж роботи ядерного реактора в ньому накопичується велика кількість радіоактивних ізотопів із значним періодом напіврозпаду, які продовжуватимуть випромінювати ще тисячі років - це так зване відпрацьоване ядерне паливо.

Мета, об'єкт та предмет дослідження

Метою дослідження є оцінка поглинальної здатності нового матеріалу, який міг би використовуватись в конструкції контейнерів для зберігання відпрацьованого ядерного палива

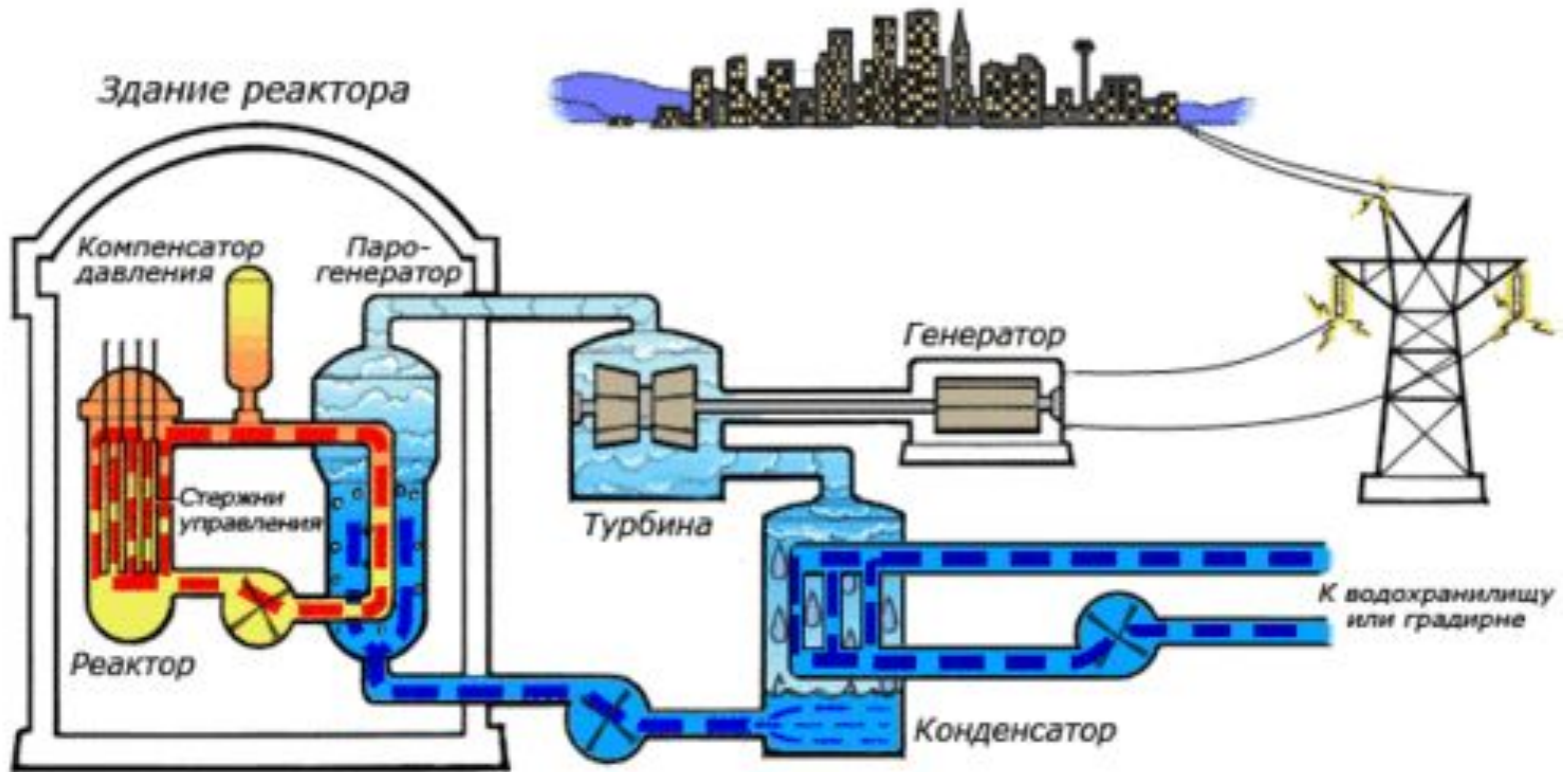
Об'єкт дослідження – поглинальна здатність нових композиційних матеріалів та лінійний коефіцієнт ослаблення потоку випромінювання.

Предмет дослідження – залежність лінійного коефіцієнту ослаблення потоку випромінювання від струму накалу рентгенівської трубки.

Задачі дослідження

1. Розглянути принципи роботи атомних електростанцій та охарактеризувати джерело утворення та спосіб зберігання відпрацьованого ядерного палива.
 2. Охарактеризувати механізм взаємодії потоку випромінювання з композиційними матеріалами з порожнистими скляними мікросферами.
 3. Провести експериментальні дослідження коефіцієнту ослаблення потоку випромінювання при проходженні крізь нові композиційні матеріали.
-

Принципова схема енергоблоку з водо-водяним реактором



Основні принципи роботи атомних реакторів

Основним принципом роботи будь-якого атомного реактора є здійснення керованої ланцюгової ядерної реакції, яка супроводжується виділенням великої кількості енергії. Як відомо з загального курсу фізики, ці реакції супроводжуються α , β та γ випромінюванням. В якості джерела реакцій зазвичай використовують ізоотоп урану.

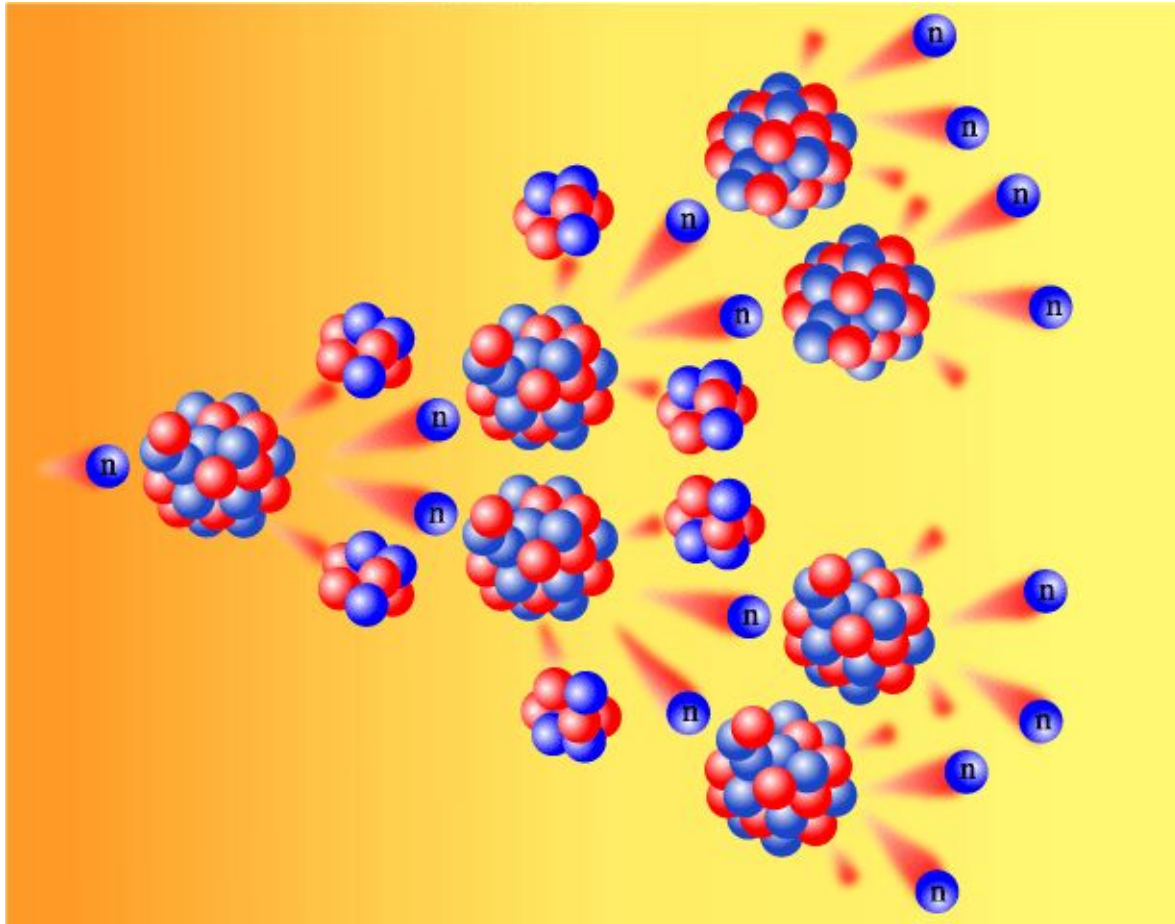
Схематично α -розпад ядер на прикладі урану 238 можна представити наступним чином:



При β -розпаді ядро набуває додаткового позитивного заряду e . Наприклад для ізотопа ${}_{19}^{40}\text{K}$ це буде виглядати так :



γ -випромінювання не супроводжується зміною заряду, маса ядра змінюється дуже мало.



Керована ланцюгова ядерна реакція, яка супроводжується виділенням великої кількості енергії.

Розміщення основного обладнання реакторної установки ВВЕР- 1000 при перевантаженні ядерного палива

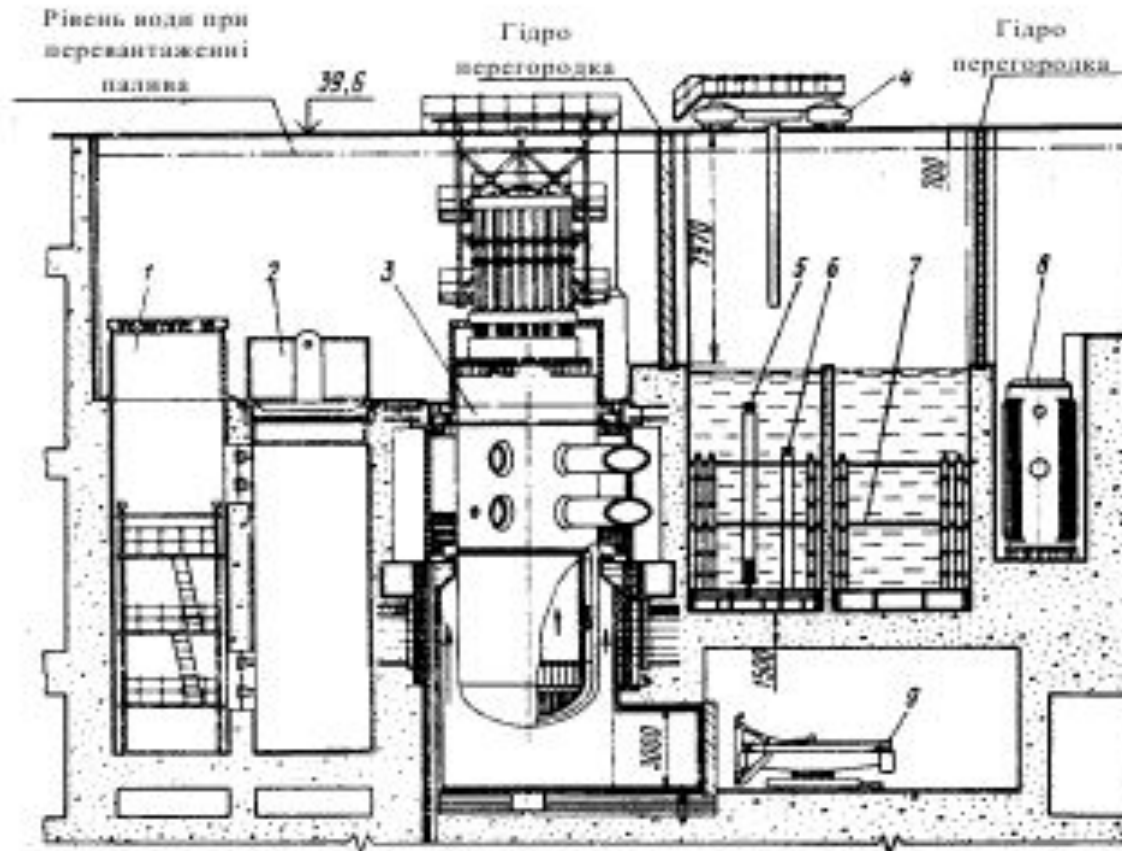
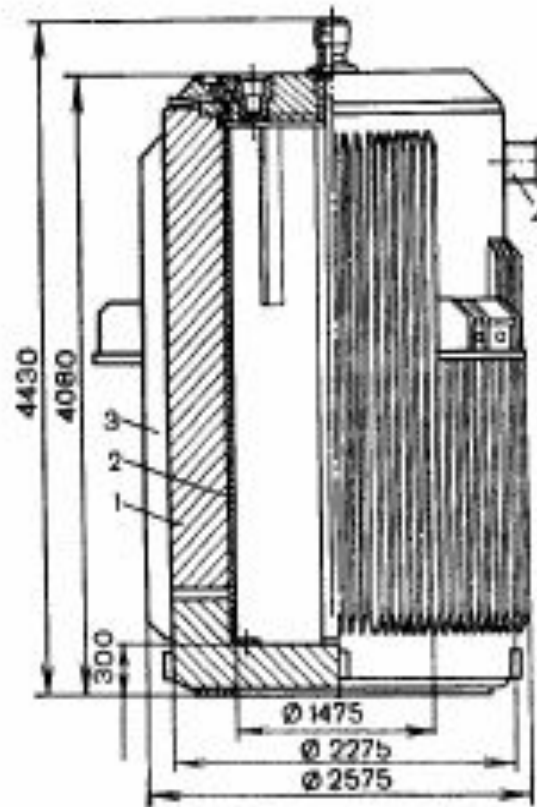


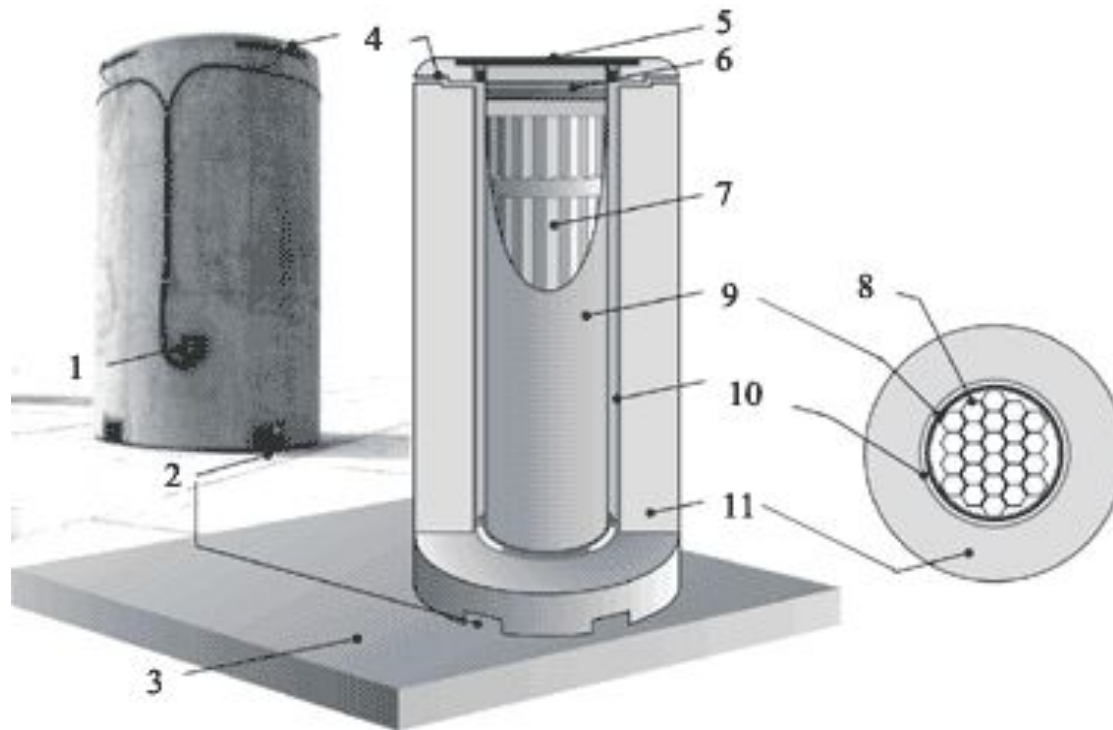
Схема розміщення основного обладнання реакторної установки ВВЕР- 1000 при перевантаженні ядерного палива: 1-колодязь для установки блоку захисних труб; 2-колодязь для установки верхнього блоку і шахти реактора; 3-зібраний реактор; 4- перевантажувальна машина; 5 – пенал контролю герметичності оболонок (КГО); 6 - герметичний пенал; 7 - стелажі басейну витримки; 8 - контейнер для транспортування відпрацьованих ТВЗ; 9 - пристрій для контролю корпусу реактора.

Транспортний контейнер для перевезення опроміненого палива



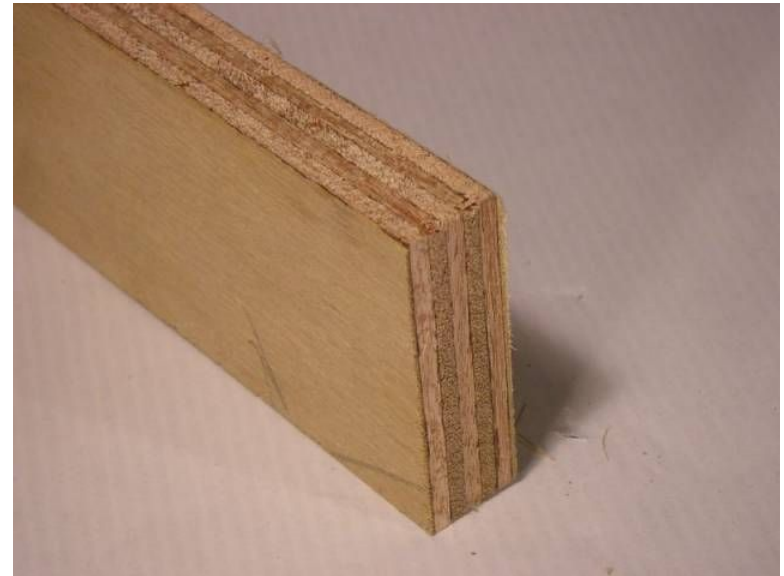
Транспортний контейнер для перевезення опроміненого палива:
1- корпус; 2- внутрішнє облицювання; 3 - ребро; 4 - цапфа

Контейнери відпрацьованого ядерного палива



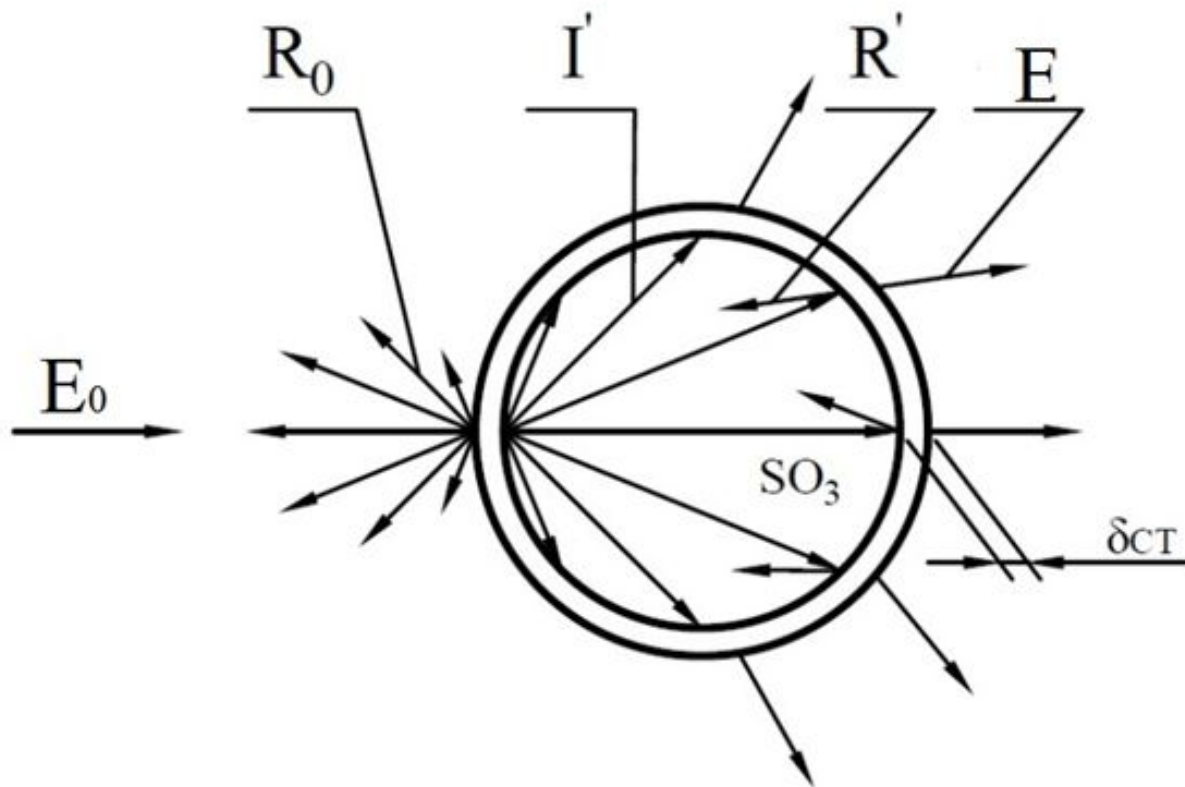
1 – датчик температурного контролю, 2– вхід повітря і напрямні для транспортування, 3–бетоний майданчик зберігання, 4–вихід повітря, 5– кришка бетонного контейнеру, 6 – силова і захисна кришки кошика, 7 – блок з 24-х напрямних трубок для відпрацьованих ТВЗ, 8– напрямна трубка, 9– корпус багатомісного кошика зберігання, 10– обичайка, 11– вентиляований бетонний контейнер.

Композиційні матеріали



Композиційний матеріал (КМ) або композит – це штучно створений неоднорідний суцільний матеріал, що складається з двох або більше компонентів з чіткою межею поділу між ними...

Взаємодія потоку випромінювання з порожньою скляною мікросферою



Ідея експерименту

Ефективність застосування матеріалу оцінюється за ослабленням рентгенівського пучка. Отримані в результаті вимірів значення використовуються для подальшої обробки та розрахунків характеристик, що визначають можливе ослаблення потоку випромінювання за законом Ламберта

$$E = E_0 e^{-\mu\delta}$$

де E_0 – інтенсивність падаючого потоку; E – інтенсивність потоку випромінювання, який пройшов крізь зразок; δ – товщина послаблюючого шару; μ – лінійний коефіцієнт ослаблення, що визначається властивостями матеріалу, видом і енергією випромінювання .

Цей показник використовується для розрахунку лінійного коефіцієнту ослаблення, який визначає зменшення інтенсивності випромінювання при проходженні крізь 1 см речовини

$$\mu = \frac{1}{\delta} \ln \frac{E_0}{E}$$

За результатами досліду розраховував масовий коефіцієнт поглинання. Коефіцієнт послаблення це відношення істинного коефіцієнту поглинання до густини речовини, а також визначення товщини половинного шару поглинання отримують за умови, що $E = E_0 / 2$.

$$\mu_{\text{мас}} = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\delta_{\text{кр}} = \frac{1}{\mu} \ln 2$$

Загальний вигляд установки ДРОН-3



Схема опромінення композиційних матеріалів

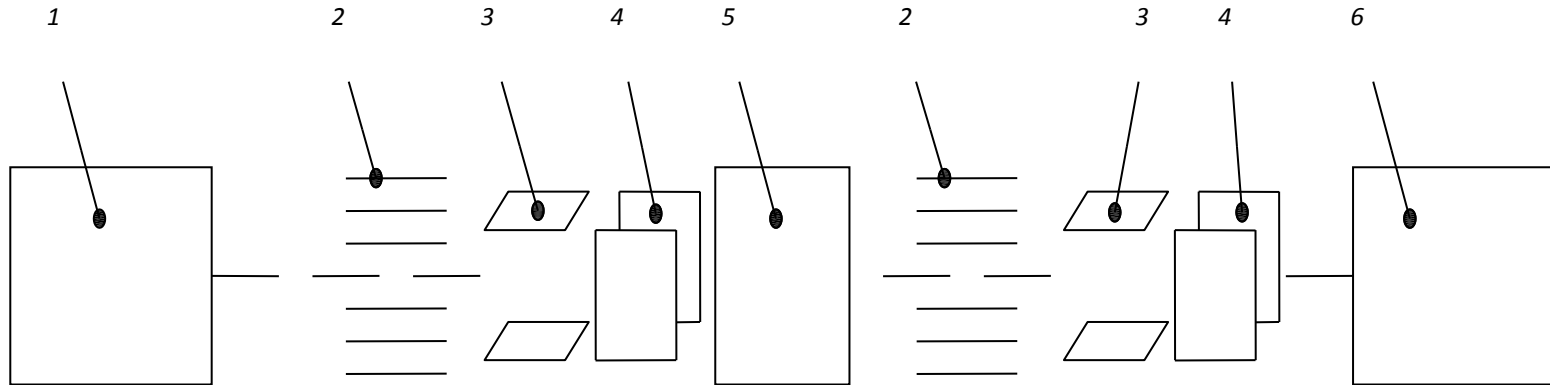


Схема опромінення композиційних матеріалів і покриттів на установці ДРОН-3 :
1 - джерело рентгенівського випромінювання БСВ-24-Сu; 2 - щілини Соллера; 3 - горизонтальні щілини; 4 - вертикальні щілини; 5 - досліджуваний зразок; 6 - пропорційний лічильник 12

Проведення експериментальних досліджень



Результати вимірювань і характеристики експериментальних зразків

Номер зразка	Матеріал	Густина ρ , г/см ³	Товщина зразка δ , см	Інтенсивність пучка, імп/с	
				Первинного E_0	Пройшовшого E
1	Склоалюмінієвий КМ	1,20	0,320	$2,0 \cdot 10^7$	$16,8 \cdot 10^3$
2	Склоалюмінієвий КМ	1,10	0,450	$2,0 \cdot 10^7$	$12,6 \cdot 10^3$
3	Синтаксичне піноскло	0,360	0,570	$2,0 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^6$
4	Сферопластик	0,690	0,480	$2,0 \cdot 10^7$	$15,2 \cdot 10^5$
5	Сферопластик з додатковою повітряною пористістю	0,580	0,598	$2,0 \cdot 10^7$	$57,3 \cdot 10^5$

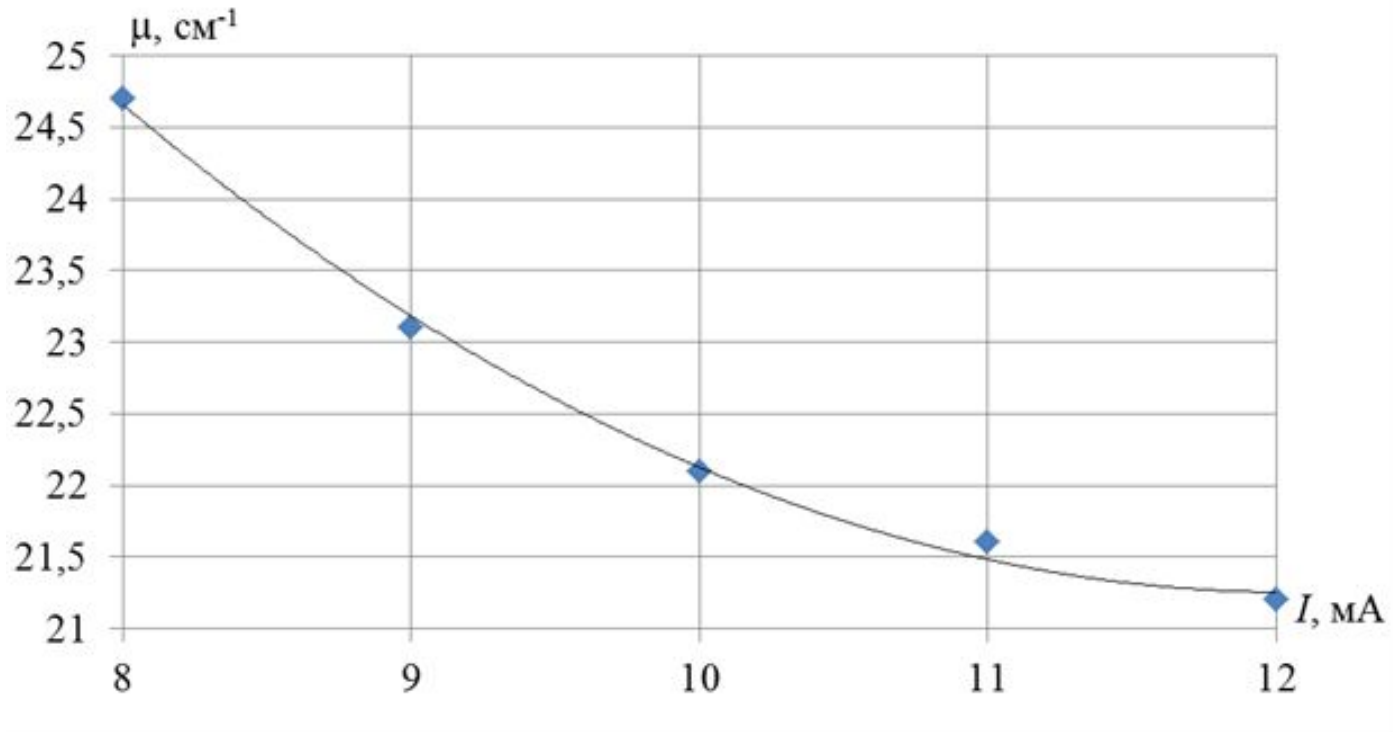
Захисні характеристики композиційних матеріалів і покриттів, наповнених порожнистими скляними мікросферами

Но ме р зр азк а	Матеріал	Лінійний коефіцієнт ослаблення μ , см^{-1}	Масовий коефіцієнт ослаблення $\mu_{\text{мас}}$, $\text{см}^2/\text{г}$	Товщина шару половинного поглинання $\delta_{\text{кр}}$, см
1	Склоалюмінієвий КМ	22,1	18,4	0,031
2	Склоалюмінієвий КМ	16,4	14,9	0,042
3	Синтаксичне піноскло	5,27	14,6	0,013
4	Сферопластик	5,7	7,8	0,013
5	Сферопластик з додатковою повітряною пористістю	2,1	3,6	0,033

Результати вимірювань склоалюмінієвого композиційного матеріалу

Струм накалу I, мА	Інтенсивність пройшовшого пучка E, імп/с	Лінійний коефіцієнт ослаблення μ , см ⁻¹
8	$3,69 \cdot 10^3$	24,7
9	$9,24 \cdot 10^3$	23,1
10	$16,8 \cdot 10^3$	22,1
11	$24,9 \cdot 10^3$	21,6
12	$33,9 \cdot 10^3$	21,2

Експериментально отримана залежність лінійного коефіцієнту ослаблення від струму накалу



Залежність лінійного коефіцієнту поглинання від струму накалу має вигляд :

$$\mu = 0,2071 \times I^2 - 4,9929 \times I + 51,34.$$

Максимальне відхилення за залежністю :

$$0,026286$$

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз літературних джерел показав, що частка атомних електростанцій в виробленні електроенергії на Україні досягає майже 50%. Наявною проблемою при експлуатації атомних електростанцій є зберігання відпрацьованого ядерного палива. Сучасним напрямком для цього є створення сухих сховищ відпрацьованого палива безпосередньо на територіях електростанції.
2. Перспективними матеріалами для створення контейнерів для зберігання відпрацьованого ядерного палива є композиційні матеріали з порожнистими скляними мікросферами.
3. За допомогою установки ДРОН-3, з використанням в якості джерела рентгенівського випромінювання трубки БСВ-24 з мідним анодом, проведені експериментальні дослідження, які дозволили визначити ефективність застосування композиційних матеріалів наповнених порожнистими скляними мікросферами, в умовах іонізуючих випромінювань.
4. За результатами проведених досліджень методом найменших квадратів отримана емпірична залежність (другого порядку) лінійного коефіцієнту послаблення від току накалу рентгенівської трубки. Похибка вимірювання первинних величин не перевищила 10%, найбільше відхилення значень по емпіричній залежності склало 0,02629.
5. Перспективним напрямком використання дослідженого матеріалу можна вважати місця та технологічні установки в різних галузях людської діяльності, де є іонізуюче випромінювання, наприклад в медицині – пересувні та стаціонарні флюорографічні лабораторії.

Дякую за увагу !