

БАГАТОДЕТЕКТОРНА УСТАНОВКА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КУТОВИХ РОЗПОДІЛІВ ІНТЕНСИВНОСТІ ГАММА-ВИПРОМІНЕННЯ У ВАЖКИХ РАДІАЦІЙНИХ УМОВАХ

В. Г. Батій, О. А. Правдивий

Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, Чорнобиль

І. М. Копанець, М. О. Кочнєв, В. В. Селюкова, М. А. Хажмурадов

Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут", Харків

Представлено розроблену методику та експериментальну модель установки для вимірювання кутових розподілів в повному тілесному куті 4π у важкій радіаційній обстановці. Також показано результати досліджень ефективності роботи експериментального зразка установки в лабораторних умовах.

Для визначення розташування основних джерел випромінювання, оптимізації екранування з метою радіаційного захисту персоналу та рішення інших задач у важких радіаційних умовах, у тому числі, що виникли внаслідок радіаційної аварії, необхідно мати можливість вимірювання кутових розподілів інтенсивності гамма-випромінювання. У даний час така задача актуальна, зокрема, для забезпечення радіаційної безпеки в процесі ліквідації наслідків аварії на 4-му енергоблоці ЧАЕС, зняття з експлуатації 1 – 3-го енергоблоків станції, ліквідації пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів у зоні відчуження тощо.

В Україні установки для вимірювання кутових розподілів не виробляються. Деякі провідні фірми (BNFL, Canberra) в області ядерного приладобудування виробляють гамма-візори. Однак вони пристосовані, перш за все, для пошуку локальних джерел у достатньо вузькому діапазоні кутів. Вимірювання в повному тілесному куті в польових умовах займе достатньо багато часу й приведе до значних дозовитрат, особливо в складній радіаційній обстановці. Проведення вимірювань вимагає присутності персоналу, що робить неможливим проведення досліджень у важкодоступних місцях і в умовах важкої радіаційної обстановки. Крім того, такі установки мають дуже високу вартість (\$ 200 тис. і вище). Є окремі розробки й інших типів установок для вимірювання кутових розподілів.

Одним із найбільш придатних портативних автономних пристроїв для вирішення цих задач на даний час є установка ШД-1 ("Шар детекторний"), що розроблена та виготовлена в МНТЦ "Укриття" НАН України. Як реєструючі елементи використано термолюмінесцентні детектори [1, 2, 3].

Досвід проведених вимірювань указав на ряд недоліків установки ШД-1, що істотно ускладнюють можливість її використання. До них належать:

відносно низька чутливість (час опромінення навіть при потужності дози декілька рентгенів на годину складала кілька годин);

тривалість обробки даних (кілька годин);

неможливість дистанційного керування тощо.

З цієї причини нами виконана розробка нової методики вимірювання та виготовлена експериментальна модель установки з використанням експресних методів реєстрації частинок. При цьому забезпечена можливість дистанційного керування й автоматичного накопичення та обробки даних, а також вимірювання гамма-поля в будь-яких точках простору поблизу радіаційно-небезпечних об'єктів шляхом доставки установки в точку вимірювання за допомогою різних механічних пристроїв.

Було розглянуто декілька варіантів конструкції внутрішньої оболонки кулі, що складається:

з двох півсфер;

- з чарунків у вигляді правильних п'яти- та шестикутників і з'єднаних між собою;
- з чарунків у вигляді пірамід з отворами;
- з двох горизонтальних кілець, з'єднаних між собою перемичками.

У результаті проведеного аналізу й вище згаданих варіантів розроблено каркас, що складається з двох горизонтальних кілець і стягуючих сегментів, що запобігають зсуву каркаса щодо детекторного блока. Каркас є основою для решти конструктивних елементів, наприклад опорних і підвісних штирів (рис. 1), елементів для кріплення юстирувальних пристроїв, електронних схем тощо.

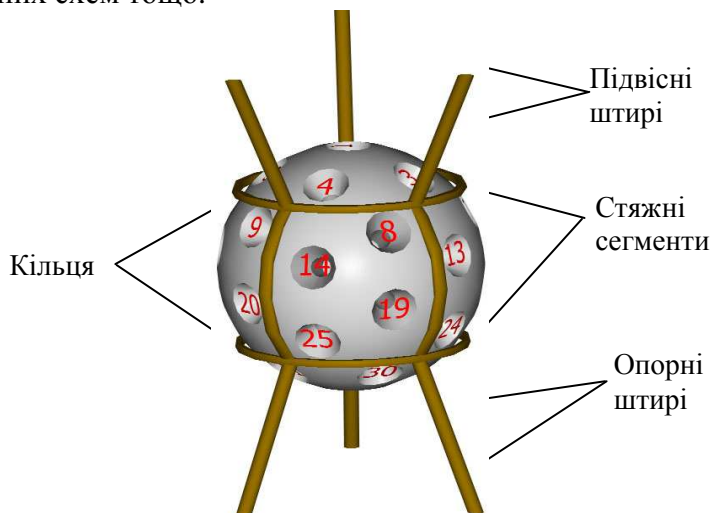


Рис. 1. Принципові технічні рішення конструктивних елементів детекторного блока.

До каркаса з кілець перемичками кріпляться решітки, що складаються з пластин, з'єднаних між собою в правильні п'яти- й шестикутники (рис. 2).

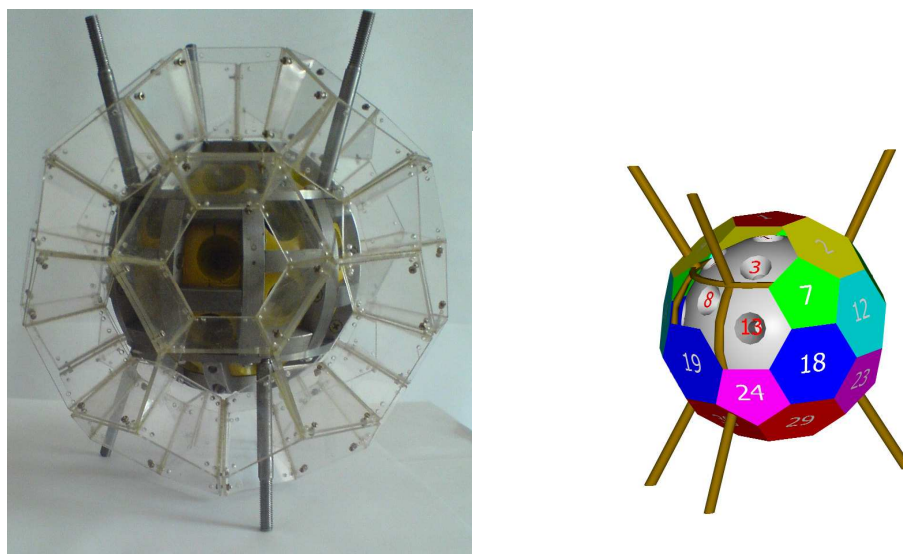


Рис. 2. Фізична та комп'ютерна модель детекторного блока.

Розміщення й маркування детекторів мають бути такими, як і в пристрої ШД-1 для полегшення можливості верифікації результатів вимірювань.

Така конструкція достатньо проста у виготовленні, дає змогу легко замінити будь-який вузол при виході його з ладу або при його налагодці, а також дозволяє без зусиль провести лінії зв'язку між блоками електроніки, не істотно перекриваючи робочу поверхню детектора.

У системі AutoCad розроблено комп'ютерну модель детекторного блока в захисній оболонці (рис. 2) з метою розробки конструктивних елементів для перенесення пристрою, для кріплення електронних схем, юстування, калібрування та розміщення в місцях проведення вимірювань, що реалізовано в фізичній моделі.

Для забезпечення одночасної роботи всіх детекторів випромінювання для кожного з них виготовлений, настроєний і вмонтований у пристрій свій канал перетворення інформації, що дає змогу одночасно без втрат обробляти й записувати отриману інформацію.

Для забезпечення працездатності й виконання всіх вимог до режиму роботи всієї установки у фізичній моделі забезпечено можливість установки додаткових пристроїв та їх строго паралельне розташування (розміщення) відносно до горизонтальної осі блока детектування.

В установці передбачено основні принципові вимоги до способів передачі даних систем керування та реєстрації (автономність та транспортабельність пристрою, дистанційна (при необхідності) передача інформації, можливість роботи в польових умовах та в умовах електромагнітних завад).

Основні варіанти системи керування та реєстрації – місцева (на поверхні та в безпосередній близькості від самого ШД-3) та дистанційна, що забезпечується наявністю вбудованої або такої, що підключається панелі, яка дає можливість як ручного, так і дистанційного керування

Кожен окремий канал установки повністю незалежний, взаємозамінний та ідентичний іншим.

Електронна схема кожного рахункового каналу складається з: детектора; передпідсилювача; компаратора-дискримінатора; процесора-лічильника; пам'яті проміжного і/або постійного зберігання.

Детектор розташовується в отворі блока детектування. Передпідсилювач розташовується на поверхні блока детектування в безпосередній близькості від детектора (рис. 3).



Рис. 3. Розміщення електронних схем.

Решта компонентів каналу розташовується у вигляді двоплатного блока розміром 30×20 мм.

Як накопичувальний буфер у даній схемі використано чотири мікроконтролери. Таке рішення дає змогу також здійснювати більш швидко передачу даних в основний мікроконтролер.

Електричний зв'язок між платами та платою керування здійснюється через загальний інтерфейс 1-Wire (Texas Instruments) або I2C (Philips).

Таким чином, можлива заміна будь-якого з пристроїв на інший (аналогічний) без порушення працездатності.

У разі потреби можливо розташувати більш довгі плати – до 65 мм.

На рис. 4 і 5 та в таблиці представлено результати тестових вимірювань, отриманих при випробуванні 5-канальної моделі ШД-3.

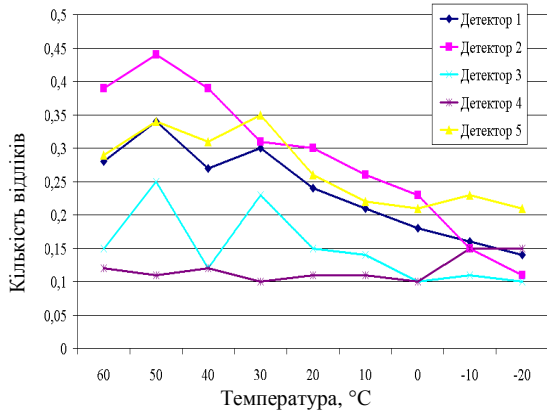


Рис. 4. Залежність ефективності реєстрації від температури.

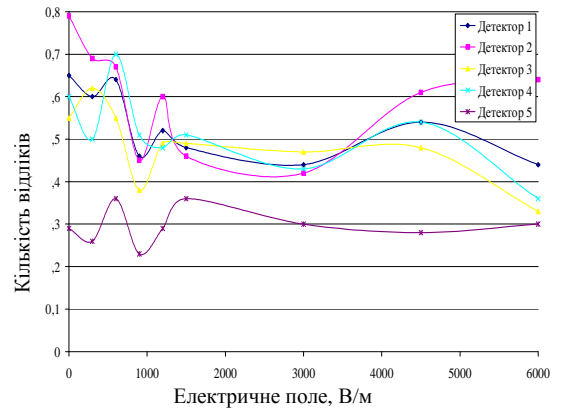


Рис. 5. Залежність ефективності реєстрації від електричного поля.

Залежність зареєстрованої кількості імпульсів за секунду від напруги магнітного поля

Магнітне поле, А/м		№ детектора				
		1	2	3	4	5
Постійне	0	0,4	0,5	0,3	0,5	0,3
	200	6 ± 0,07	5 ± 0,07	2 ± 0,07	0 ± 0,07	2 ± 0,07
	400	0 ± 0,06	3 ± 0,06	9 ± 0,06	7 ± 0,06	7 ± 0,04
Змінне, 50 Гц	0	0,4	0,4	0,4	0,5	0,2
	200	8 ± 0,06	7 ± 0,06	3 ± 0,06	2 ± 0,07	4 ± 0,05
	400	6 ± 0,06	3 ± 0,06	6 ± 0,05	8 ± 0,06	0 ± 0,05
0	0	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
	200	0 ± 0,05	2 ± 0,05	2 ± 0,05	6 ± 0,05	2 ± 0,04

Видно незначне зменшення ефективності реєстрації при зменшенні температури навколишнього середовища. Для зменшення впливу цього ефекту необхідно обмеження робочого діапазону температур в межах -5°C ... +30°C. Крім того, надалі передбачається врахувати цей ефект введенням додаткового датчика температури.

Для більшості детекторів помітно також деяке зменшення ефективності при збільшенні напруженості електричного й магнітного полів. Причому такі залежності не є рівномірними. Це свідчить про необхідність проведення вимірювань далеко від джерел сильних електромагнітних полів або застосовувати поправочні коефіцієнти.

У ході розробки експериментальної моделі установки розглянуто альтернативні варіанти конструктивних і технічних рішень багатодетекторного пристрою та вибрано оптимальний. Також розглянуто різні варіанти електронних схем керування та реєстрації, проведено лабораторні випробування, вибрано оптимальний варіант.

Результати розробок і проведених вимірювань дали змогу уточнити технічні вимоги та розробити остаточний варіант технічного завдання на багатодетекторну установку ШД-3. Зокрема, було вирішено передбачити можливість вимірювання в майбутньому не тільки кутових, але й енергетичних характеристик гамма-поля за допомогою багатодетекторної установки. Вироблено також пропозиції з удосконалення програми обробки даних і з роз-

виту методів дистанційного керування процесом вимірювання для отримання можливості проведення вимірювань у важкодоступних місцях і для зменшення дозових навантажень персоналу.

Робота виконана в рамках проекту УНТЦ 3511.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Батій В.Г., Єгоров В.В., Ключников О.О. та ін.* Спосіб вимірювання кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання МПК7 G01T 1/28. Патент на винахід № 51989 від 15.07.2004 р. - Бюл. "Промислова власність", № 7, 15.07.04.
2. *Батій В.Г., Єгоров В.В., Кочнев Н.А. и др.* Методика оценки угловых распределений мощности дозы гамма-излучения в зонах производства работ на объекте "Укрытие" // Проблемы Чернобиля. - 2002. - Вип. 9. - С. 47 - 52.
3. *Батій В.Г., Єгоров В.В., Закревський Ю.А. та ін.* Пристрій для вимірювання кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання МПК7 G01T 1/28. Патент на винахід № 51987 від 15.07.2004 г. - Бюл. "Промислова власність", № 7, 15.07.04.

Надійшла до редакції 10.06.08