

УДК 504.064.38+504.064.36:574

О.М. Григор'єв, О.В. Сакун, З.В. Білик

Національний технічний університет «ХПІ», Харків

## ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКУ НА ТОЧКОВЕ ДЖЕРЕЛО ФОТОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ПЛОЩИНІ

Проаналізовано недоліки автоматичного визначення напрямку на точкове джерело фотонного випромінювання. Враховуючи недоліки запропонований спосіб для визначення напрямку на джерело фотонного випромінювання в площині в діапазоні кутів  $2\pi$  радіан, який має можливість визначення не лише точкові джерел, а ще і імпульсні. Спосіб реалізований на основі приладу, в який входять три блока детектування на базі телуриду кадмію з поглиначами. Поглиначі за формою являють собою один коаксіальний циліндр, другий – асиметричний, третій – секторний.

**Ключові слова:** напрямок на джерело фотонного випромінювання, імпульсне джерело, детектор, телурид – кадмію, поглинач.

### Вступ

**Актуальність проблеми.** За даними МАГАТЕ, в світі поступово зростає кількість радіоактивних матеріалів, які використовуються в різних галузях діяльності людини. Тому виникає проблема імовірних техногенних аварій та катастроф. Ліквідація осередків забруднення вимагає точної локалізації місця випромінювання. При цьому доцільна мінімальна участь людини при проведенні таких робіт і тому необхідно створювати автоматизовані системи радіаційного моніторингу навколишнього середовища.

Прикладом забруднення значної території інкорпорованими уламками паливних елементів може служити ситуація, яка виникла після аварії на атомному реакторі Чорнобильської АЕС. Виявлення місцезнаходження точкових джерел фотонного випромінювання було першочерговою задачею під час ліквідації наслідків аварії [1]. Автоматизований пошук джерел фотонного випромінювання перш за все пов'язаний з визначенням напрямку на них у заданій площині. Розглянемо деякі варіанти рішення цієї задачі і характерні недоліки, що виникають.

Так у засобі [2] для пошуку та визначення джерел гамма-випромінювання в умовах нерівномірного радіоактивного забруднення застосовуються два блоки детектування з подільним екраном між блоками детектування, розташованим таким чином, що вісь екрану співпадає з подовжною віссю мобільного робота, що рухається у напрямку, визначеному порівняно інтенсивними сигналами з обох детекторів. Також застосований визначальний третій блок детектування розташований спереду робота, що реєструє зміну потужності дози та визначає точне місце знаходження джерела гамма-випромінювання. До недоліків цього засобу потрібно віднести необхідність його переміщення у просторі для визначення напрямку на джерело, тому що система симетрична відносно вісі поглиначів і визначає напрямок під кутом 0 або 180°. До цього засіб не спроможний вимірювати напрямок на імпульс випромінювання.

Інший пристрій для пошуку фотонних джерел [3], в якому поглинач виконаний у вигляді порожнього циліндру з отвором, а група детекторів розташована, як зовні по поверхні поглиначів, так і усередині, при цьому точність вимірювання кута на джерело забезпечується отвором та розташованою проти цього отвору матрицею детекторів. До недоліків цього засобу потрібно віднести необхідність його обертання навколо осі і тому неможливість визначення напрямку на імпульс випромінювання та велику кількість детекторів.

В разі значних забруднень гамма-випромінювачами, можливе виявлення джерела забруднення методом радіолокації [4], при цьому радіолокатор вимірює підвищення кількості вільних атомів водню і гідроксилу ОН під час дисоціації молекул води у повітрі за рахунок іонізуючого випромінювання. Цей метод може застосовуватися у випадку, коли вологість повітря перевищує 60 % та потребує також захисту від радіошумів, параметри яких відповідають довжині хвилі локатора.

Для визначення фотонного випромінювання інший розробник [5] пропонує застосовувати панорамний датчик з кодуємим коліатором, в якому щільності розташовані одна відносно інших за законом псевдовипадкових чисел. Коліатор обертається навколо детектора з шагом 24. Недоліком цього приладу є аналіз інформації з 15 позицій в колі 360°, що займає багато часу і не дає змоги реєструвати імпульсні джерела фотонного випромінювання.

До загальних недоліків вказаних вище способів можна віднести значний час вимірювання, наявність рухомих деталей та неможливість визначення напрямку на імпульсні джерела, наприклад під час ядерного вибуху та аварії на атомній електростанції.

**Метою статті** є розробка способу для визначення напрямку в площині на точкові джерела фотонного випромінювання незалежно від природи його виникнення та приладу, в якому не передбачено механічний рух складових частин.

## Викладення основного матеріалу

У основу розробки способу визначення напрямку на джерело фотонного випромінювання було покладено вимірювання щільності потоку фотонів, які проходили крізь поглиначі різної товщини та геометричної форми [6]. Способом передбачено синхронне вимірювання двох сигналів від одного точкового джерела, які надходять з детекторів, поміщених у поглиначі. Товщина одного з поглиначів залежить від напрямку на джерело, а іншого не залежить. При діленні цих сигналів одне на одне скорочуються невідомі нам постійні величини такі як енергія фотонів, відстань від точки вимірювання до джерела випромінювання та його інтенсивність, а отримане значення визначається тільки товщинами поглиначів у напрямку джерела [6,7]. При цьому товщина  $h_1$  одного з поглиначів відома і є сталою величиною, а  $h_2$  визначається згідно рівності  $j_1 / j_2 = h_2 / h_1$ , значення якої відповідає напрямку на джерело в площині; кількість імпульсів  $j_1, j_2$  визначається детекторами.

Для експериментальної перевірки способу був виготовлений макет, що являє собою три детектори розташованих в геометричних центрах відповідно трьох циліндрів виготовлених з штаби метала висотою 40мм та внутрішнім діаметром 70мм. В геометричних центрах циліндрів поглиначів розміщувалися детектори із телуриду кадмію розміром  $4 \times 4 \times 2$  мм [8]. Вимірювання кількості фотонів проводили за допомогою лічильника імпульсів, розробленого авторами (рис. 1).

На рис. 2 представлено перетин циліндру: сірим кольором зображено екран (поглинач) з постійним коефіцієнтом ослаблення в інтервалі  $2\pi$  радіан в центрі якого був розташований перший детектор ( $D_1$ ). Поглинач являє собою подвійний циліндр товщиною 12,5 мм, який заповнений свинцевими кульками діаметром 3 мм.

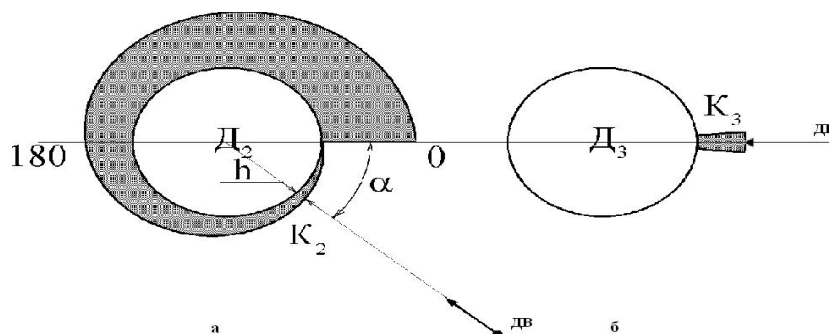


Рис. 3. Детектор ( $D_2$ ), а – поміщений в екран зі змінним коефіцієнтом ослаблення; б – детектор ( $D_3$ ), екранований секторним поглиначем

З відношення значень інтенсивності проникаючого випромінювання, які вимірюються першим і другим детекторами, визначається коефіцієнт пропорційності між коефіцієнтами ослаблення екранів з

незалежним і залежним від кута коефіцієнтом ослаблення  $K_T = j_1 / j_2 = \hat{E}_2 / \hat{E}_1$ .

Знаючи коефіцієнт пропорційності  $K_n$  і коефіцієнт ослаблення першого екрана  $K_1$ , знаходиться

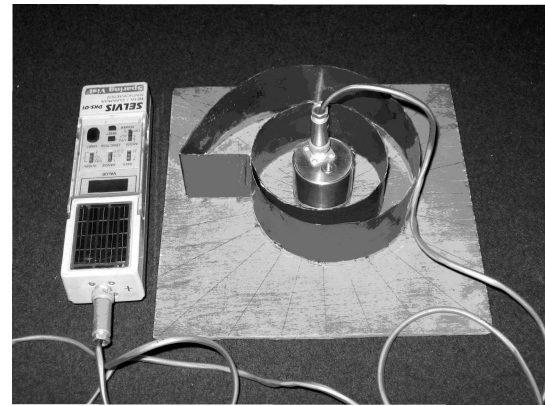


Рис. 1. Макет блоку детектування і локації джерел фотонного випромінювання

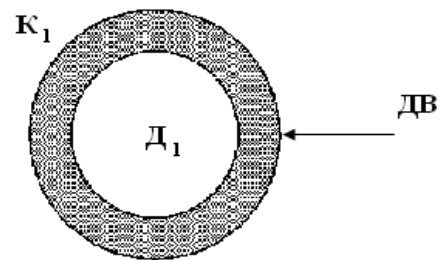


Рис. 2. Детектор ( $D_1$ ), поміщений в екран з постійним коефіцієнтом ослаблення  $K_1$

На рис. 3, а представлено перетин екрану (поглинач), що рівномірно вигнутий, зі змінним коефіцієнтом ослаблення (сірим кольором позначений поглинач) і внутрішнім циліндром діаметром 70 мм, в якому по центру розташований другий детектор ( $D_2$ ). Коефіцієнт ослаблення змінювався від мінімального значення до максимального в діапазоні кутів від 0 до  $2\pi$  радіан. Форма заповнювалась свинцевими кульками діаметром 3мм в указаному інтервалі кутів і товщина поглинача рівномірно збільшувалась від 4мм до 25мм.

коефіцієнт ослаблення другого екрана  $K_2$ , який залежить від напрямку на джерело проникаючого випромінювання, тобто кут між обраним напрямком і напрямком на джерело проникаючого випромінювання  $\alpha$ , де  $\alpha = f(K_2)$ .

Для ілюстрації на рис.2.(а) коефіцієнт ослаблення  $K_2$  заданий товщиною поглинача, що залежить від кута:  $h = c + b \cdot (\alpha/360^\circ)$ , де  $c$  – задана константа (в даному випадку  $c=3\text{мм}$ );  $b$  – задана константа (в даному випадку  $b=25\text{мм}$ );  $\alpha$  – кут у діапазоні від  $0$  до  $360^\circ$ . Коефіцієнт ослаблення змінюється пропорційно товщині.

Вимірювання проводились в діапазоні кутів від  $0$  до  $360^\circ$  з кроком  $10^\circ$ . Було зафіксовано, що в асиметричному поглиначі на переході ( $360-0$ ) $^\circ$  коефіцієнт ослаблення змінювався від максимального до мінімального в межах кута величиною 3-4, вірогідно за рахунок розсіювання гамма-випромінювання на екрані. Графік зміни інтенсивності потоку гамма-квантів залежно від товщини поглинача представлено на рис. 3.

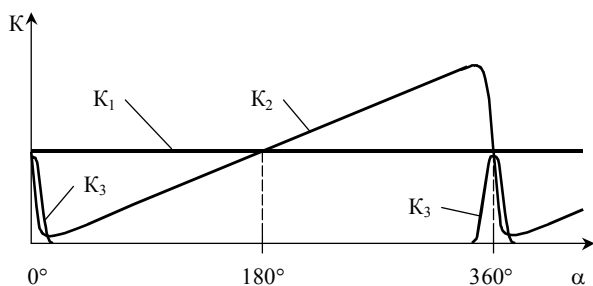


Рис. 3. Графік зміни коефіцієнта ослаблення  $K_2$  і  $K_3$  залежно від товщини поглинача

Для виключення неоднозначності результатів вимірів на переході ( $360-0$ ) $^\circ$  використовували третій детектор ( $D_3$ ) розташований в геометричному центрі циліндра діаметром 70мм та висотою 40мм з поглиначем товщиною 12.5мм, який перекриває вказаний діапазон кутів асиметричного поглинача в секторі  $\pm 5^\circ$  і являє собою форму наповнену свинцевими кульками (рис.2, б). Розташування джерела гамма-випромінювання в діапазоні кутів близько ( $360-0$ ) $^\circ$  буде визначатися однозначно відношенням сигналів  $j_1 / j_3 = \hat{E}_3 / \hat{E}_1$  з детекторів  $D_1$  і  $D_3$ , де  $K_1, K_3$  – задані величини.

Вимірювання проводилися зі статистичною точністю до 1%, тобто за один вимір детектором фіксувалося не менше 10000 фотонів. Було помічено, що похибка вимірювання кутів зменшується прямопропорційно статистичній похибці, тобто дає менший внесок в загальну похибку.

## Висновки

Таким чином, розроблений спосіб забезпечує визначення напрямку на джерело фотонного випро-

мінювання (в тому числі імпульсного) в площині в діапазоні кутів  $2\pi$  радіан. Виготовлений макет забезпечує вимірювання з похибкою до 1%, а його схема може бути прийнята за основу під час конструювання відповідного приладу для ведення радіаційної розвідки місцевості. В цьому приладі відсутні механічні переміщення складових частин, що збільшує термін служби та дає можливість визначати імпульсні джерела фотонного випромінювання.

В ході роботи визначено напрямок подальшого дослідження на з'ясування можливості використати запропонований спосіб для визначення напрямку на джерело фотонного випромінювання в просторі в діапазоні кутів  $4\pi$  стерadian.

## Список літератури

1. Измерения интенсивности гамма-излучений в полях сложной конфигурации / А.А. Ключников, В.Н. Щербин, В.М. Рудько, В.Г. Батий, Д.В. Федорченко, А.А. Правдивый, В.В. Егоров, А.И. Стоянов // По мат-лам конф. «Безопасность ядерных технологий: экономика безопасности и обращение с ИИИ». – ИПБ АЭС НАН Украины, Чернобыль, 2005. – С. 11-12.
2. Способ поиска и обнаружения источников гамма-излучения в условиях неравномерного радиоактивного загрязнения: Пат. 2195005 РФ, С2 G 01 T 1/169. / С.Н. Соловьев, Н.И. Алимов, А.Н. Перевозчиков, Ю.А. Глухов, Э.Ф. Андриевский. – № 200012668/28; Заявл. 23.10.2000; Оpubл. 20.12.2002.
3. Устройство для поиска фотонных источников с угловым разрешением: Пат. 2187827 РФ, С2 G 01 T 1/29, 1/16. / А.Н. Власенко, В.П. Демченко, М.С. Ольков, Т.Д. Соколова, Е.А. Шелепков. – № 2000107463/28; Заявл. 27.03.2003; Оpubл. 20.08.2002.
4. Способ обнаружения источников ионизирующего излучения (варианты): Пат. 2230339 РФ, С2 G 01 T 1/167. / Е.Т. Протасевич, А.Е. Протасевич, С.А. Рыжкин. – № 2002106274/09; Заявл. 11.03.2002; Оpubл. 10.09.2003.
5. Найнг Вин. Панорамный датчик с кодирующим коллиматором для обнаружения радиоактивных источников / Автореферат на соискание учёной степени кандидата физ.-мат. наук. – Москва, 2007. – 72 с.
6. Григор'єв О.М. Тези доповіді на тему „Практичне застосування напівпровідникових детекторів іонізуючих випромінювань: гамма-спектрометр ТДК 10 та пристрій для визначення напрямку на джерело випромінювання” / О.М. Григор'єв, Л.Б. Беденко // Матеріали науково-практичної конференції „Захист населення і території у надзвичайних ситуаціях”. – Харків, 2006. – С. 42.
7. Садовников Р.Н. Анализ возможности учета погрешности измерения мощности дозы гамма-излучения за счет энергетической зависимости чувствительности прибора на основе знания средней энергии излучения / Р.Н. Садовников, А.И. Манец // Экологические системы и приборы. – № 3. – 2005. – С.37-39.
8. Григорьев А.Н. Полупроводниковые детекторы на базе CdTe и CdZnTe для спектрометрии электромагнитных излучений при комнатной температуре / А.Н. Григорьев, И.Е. Полянский, А.Г. Кареев, Т.А. Жадан // Вестник ХГУ. – Харьков, 2002. – № 544. – С. 153-155.

Надійшла до редколегії 16.05.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Карлов, Харківський університет Повітряних Сил, Харків

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ НА ТОЧЕЧНЫЙ ИСТОЧНИК ФОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЛОСКОСТИ**

О.Н. Григорьев, О.В. Сакун, З.В. Билык

*Проанализированы недостатки автоматического определения направления на точечный источник фотонного излучения. Учитывая недостатки, предложен способ для определения направления на источник фотонного излучения в плоскости в диапазоне углов  $2\pi$  радиан, который имеет возможность определять не только точечные источники, а еще и импульсные. Способ реализован на основе прибора, в который входят три блока детектирования на базе теллурида кадмия с поглотителями. Поглотители по форме представляют собой один коаксиальный цилиндр, второй – асимметричный, третий – секторный.*

**Ключевые слова:** направление на источник фотонного излучения, импульсный источник, детектор.

**DIRECTIONFINDING ON THE POINT SOURCE OF PHOTONIC RADIATION INPLANE**

O.N. Grigorev, O.V. Sakun, Z.V. Bilyk

*The lacks of automatic directionfinding are analysed on the point source of photonic radiation. Taking into account failings the method is offered for a directionfinding on the source of photonic radiation inplane the range of corners  $2\pi$  radian which is in a position to determine not only point sources but impulsive ones also. A method is realized on the basis of device in which three blocks of detection on a base of tellurium cadmium with absorbers are included. Absorbers in a due form are one coaxial cylinder, second – asymmetric, third – sectoral.*

**Keywords:** direction on to the source of photonic radiation, impulsive source, detector.