

*Попов І.І., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Толкунов І.О., заст. нач. каф., НУЦЗУ,
Шевчук О.Р., курсант, НУЦЗУ*

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ДЖЕРЕЛ ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ В ЗОНАХ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

(представлено д-ром техн. наук Абрамовим Ю.О.)

На основі аналізу існуючих засобів для визначення локалізації джерел гама-випромінювання запропонована схема для визначення напрямку на джерело гама-випромінювання, що дозволяє удосконалити процес відшукування місця знаходження джерел γ -випромінювання в зонах радіаційного забруднення

Ключові слова: джерело гама-випромінювання, локалізація джерела випромінювання, гама-спектр, щільність потоку гама-квантів, коефіцієнт послаблення, кут напрямку на джерело

Постановка проблеми. Згідно з «Положенням про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру», затвердженого постановою КМУ №1198 від 03.08.1998 року, одним з основних завдань цивільного захисту є збір та аналітичне опрацювання інформації про надзвичайні ситуації (НС), оцінка та прогноз їх наслідків [1]. Ці питання вирішуються в процесі моніторингу НС, який включає: моделювання, безперервні спостереження та виявлення й вимір джерел небезпеки, прийняття рішень.

Розв'язання цих завдань неможливе без створення ефективної системи моніторингу НС, основними задачами якої повинні бути:

1. Отримання достовірної інформації щодо можливості виникнення джерела надзвичайної ситуації, його місця, часу і характеристик.
2. Оцінка обстановки (інженерної, пожежної, радіаційної, хімічної, медико-біологічної та інш.).
3. Оцінка можливих масштабів і наслідків надзвичайної ситуації.

4. Оцінка можливих соціально-економічних наслідків (втрати, збитки).

5. Оцінка параметрів (показників) ризику і побудова карт (полів) ризику.

Система моніторингу НС в Україні ґрунтується на відповідній нормативно-правовій базі, яка визначає основні організаційні та правові основи моніторингу, включаючи принципи побудови, завдання, склад сил і засобів щодо його реалізації та порядок його здійснення у межах завдань Єдиної державної системи запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру [2,3].

Створення системи моніторингу як системи спостереження, контролю, оцінювання і прогнозування повинно йти шляхом максимальної мінімізації витрат на розробку, створення і експлуатацію та подальше удосконалення (модифікацію) без зниження основних її показників.

Аналіз техногенних аварій на РНО показує, що поширення радіонуклідного забруднення навколишнього середовища вимагає оперативної оцінки як рівня забрудненості, так і розташування джерел γ -випромінювання на місцевості. Тому дослідження можливих шляхів визначення напрямку на постійні джерела γ -випромінювання, що можуть виникати внаслідок аварій, руйнувань об'єктів, які використовують, зберігають, транспортують радіоактивно небезпечні речовини є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Якщо відомі енергетично-кутові щільності потоку γ -квантів у деякій області простору, то є можливість повно описати вплив γ -випромінювання на будь-який об'єкт, поміщений в цю область, за допомогою константи взаємодії випромінювання з атомами об'єкта.

Для визначення тілесного кута, у якому випускаються γ -джерелом м'які γ -кванти (1-80 кеВ), використовуються пропорційні лічильники, сцинтилятори з ZnS електродами, тонкі кристали з CsI, а також напівпровідникові детектори. Мінімальна похибка складає 1% для фотонного випромінювання [4].

Зазвичай, для визначення напрямку на джерело випромінювання між джерелами і детектором розміщується свинцевий коліматор з конічним отвором, причому коліматор напра-

вляється на джерело, яке розташовується у вершині конуса, що є продовженням конічних отворів коліматора (рис. 1). Шляхом експериментального підбору діаметра найбільшого отвору коліматора і відстані між кристалом і коліматором вибирають оптимальні умови опромінення кристала. Як видно з рис. 1, при оптимальній геометрії опромінення піддається тільки частина кристала. Інша частина об'єму кристала не бере участь у поглинанні прямого пучка γ -випромінювання. Її функція полягає в поглинанні комптонівських електронів, утворених у тій частині кристала, яка опромінюється. Таким чином, периферійна частина кристала сприяє перекачуванню імпульсів з безперервного розподілу в піки повного поглинання. Такий спосіб найбільш ефективний для детекторів, які мають чітко визначені розміри чутливої області, наприклад на основі сцинтиляторів з NaI(Tl) і CsI(Tl) електродами.

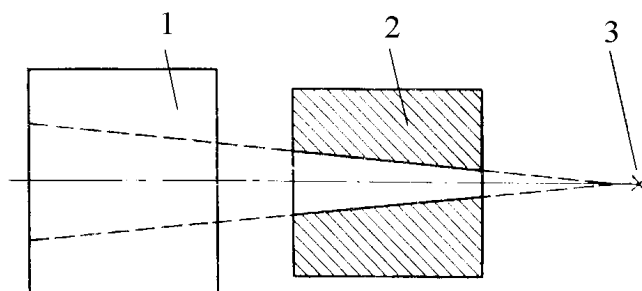


Рис. 1 – Оптимальна геометрія вимірів: 1 – чутлива область детектора; 2 – свинцевий коліматор; 3 – радіонуклідне джерело

На рис. 2 показано спектри, отримані з кристалом NaI(Tl) $\varnothing 120 \times 100$ мм з оптимальною геометрією і з кристалом NaI(Tl) $\varnothing 40 \times 40$ мм під час розташування джерела на відстані 10 см від поверхні кристала, без коліматора. Аналіз літературних джерел [5,6] показав, що застосовуються переважно методи для визначення напрямку на джерело γ -випромінювання з використанням поглиначів різної геометричної форми.

Так у засобі [7] для пошуку та визначення джерел γ -випромінювання в умовах нерівномірного радіоактивного забруднення застосовуються два блоки детектування з подільним екраном, розташованим таким чином, що вісь екрану співпадає з подовжньою віссю мобільного робота, що рухається у напрямку, визначеному порівняно інтенсивними сигналами з обох детекторів. Також застосований визначальний блок де-

тектування, що реєструє зміну потужності дози і визначає точне місце знаходження джерела γ -випромінювання. До недоліків цього засобу потрібно віднести необхідність його переміщення у просторі для визначення напрямку на джерело, оскільки система симетрична відносно вісі поглинача і визначає напрямок під кутом 0 або 180°.

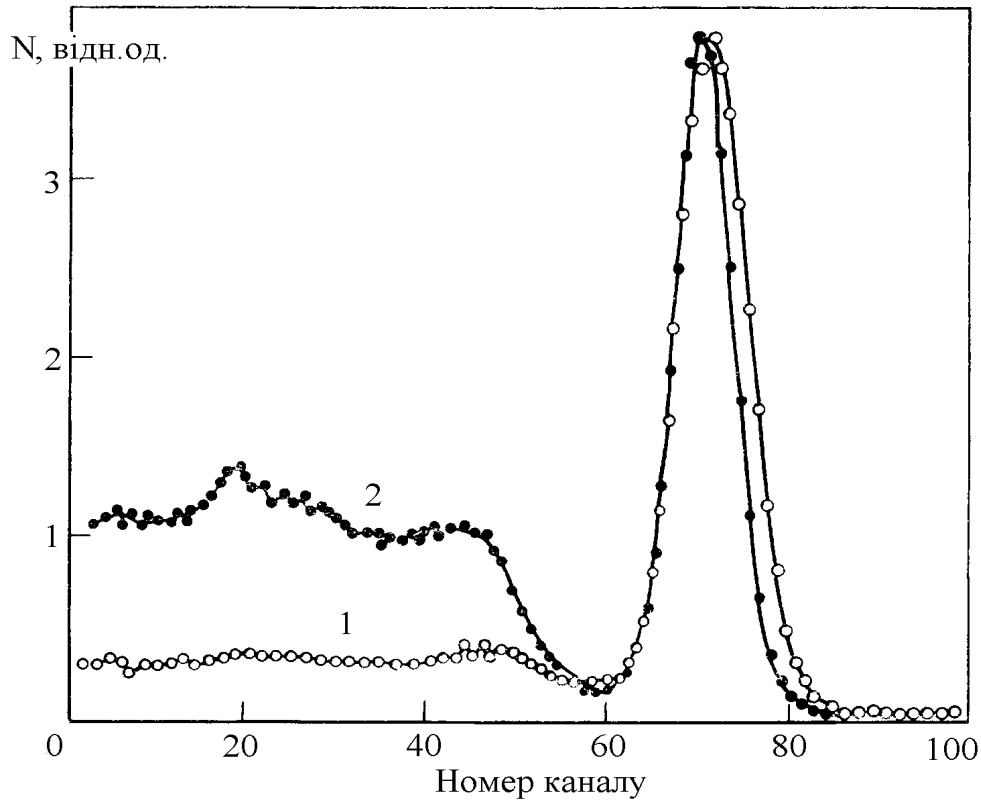


Рис. 2 – Гама-спектр, отриманий із кристалом NaI(Tl) $\text{Ø}120 \times 100$ мм з оптимальною геометрією з коліматором (1), і з кристалом $\text{Ø}40 \times 40$ мм без коліматора (2)

У пристрої [8] застосовується екран в формі паралелепіпеду з симетричним розташуванням двох блоків детектування, де напрямок на джерело γ -випромінювання розраховується за відношенням двох сигналів таким чином, що з форми і розміру екрана і детекторів та відстані між ними визначається діаграма напрямку. Недоліком цього пристрою також є вісь симетрії, що не дає змоги однозначно визначати напрямок, а також обмежений діапазон енергії γ -квантів за рахунок залежності коефіцієнту поглинання від енергії.

Постановка завдання та його вирішення. Мета роботи – дослідження можливості удосконалення процесу визначення локалізації джерел гама-випромінювання.

Запропонована схема локації джерел γ -випромінювання, у якій були задіяні три детектори з наступними характеристиками: перший детектор (D_1) був поміщений в екран з коефіцієнтом ослаблення, що не залежить від кута в інтервалі 2π радіан (рис. 3).

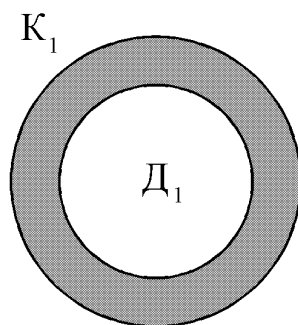


Рис. 3 – Детектор (D_1), поміщений в екран з коефіцієнтом ослаблення, що не залежить від кута в інтервалі 2π радіан

Другий детектор (D_2) – в екран з коефіцієнтом ослаблення, що залежить від кута, таким чином, що коефіцієнт ослаблення змінювався від мінімального значення до максимального в діапазоні кутів від 0 до 2π радіан (рис. 4а), третій детектор (D_3) був екранований поглиначем у діапазоні кутів 10° (рис. 4б).

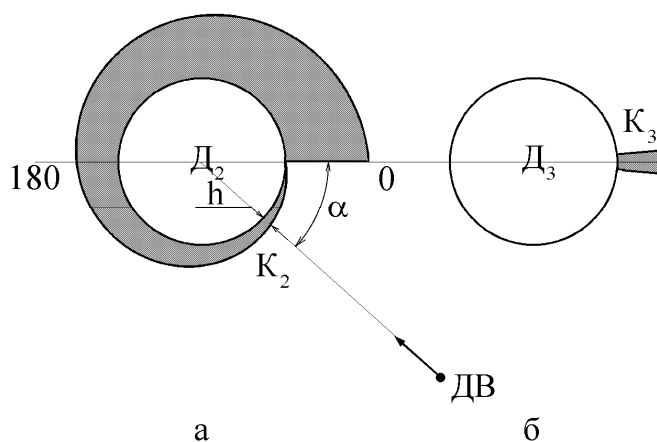


Рис. 4 – Детектор (D_2), поміщений в екран з коефіцієнтом ослаблення, що залежить від кута (а), детектор (D_3), екранований поглиначем у діапазоні кутів 10° (б)

При цьому передбачалося, що інтенсивність проникаючого випромінювання, що вимірюється першим детектором, дорівнює $j_1 = K_1 j_0$; другим детектором – $j_2 = K_2 j_0$, де K_1, K_2 – коефіцієнти ослаблення першого і другого екранів відповідно, j_0 – інтенсивність проникаючого випромінювання при відсутності екрана.

З відношення значень інтенсивності проникаючого випромінювання, обмірваних першим і другим детекторами, визначається коефіцієнт пропорційності між коефіцієнтами ослаблення екранів з незалежним і залежним від кута коефіцієнтом ослаблення $K_n = \frac{j_2}{j_1} = \frac{K_2}{K_1}$.

Знаючи коефіцієнт пропорційності K_n і коефіцієнт ослаблення першого екрана K_1 , знаходиться коефіцієнт ослаблення другого екрана K_2 , що залежить від напрямку на джерело проникаючого випромінювання, тобто кут між обраним напрямком і напрямком на джерело проникаючого випромінювання α , де $\alpha = f(K_2)$.

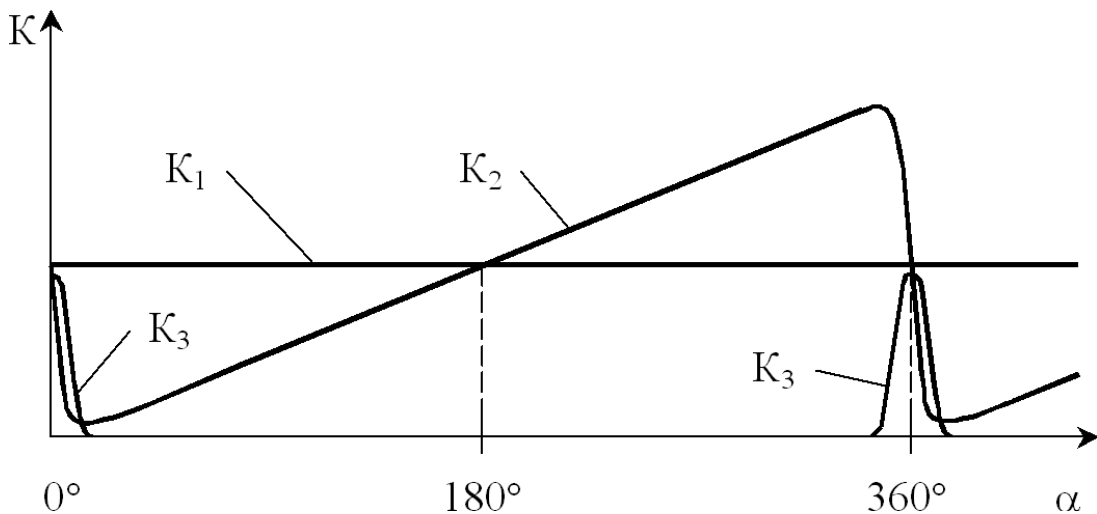


Рис. 5 – Графік зміни інтенсивності γ -квантів в залежності від товщини поглинача (α – пропорційний товщині поглинача)

Для ілюстрації на рис. 4а коефіцієнт ослаблення K_2 заданий товщиною поглинача, що залежить від кута: $h = b \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$, де b – задана константа; α – кут у діапазоні від 0

до 360° . Товщина поглинача змінюється від 0 до b , а коефіцієнт ослаблення змінюється пропорційно товщині.

Графік зміни інтенсивності γ -квантів в залежності від товщини поглинача представлено на рис. 5.

Для виключення неоднозначності результатів вимірів пропонується використання третього незалежного детектору (D_3), у якого поглинач перекриває діапазон кутів $(360-0)^\circ$ другого поглинача в діапазоні $\pm 5^\circ$. Припускаємо, що однозначне розташування джерела γ -випромінювання в діапазоні кутів $(360-0)^\circ$ буде визначатися відношенням сигналів, що пройшли на детектор D_1 (через кільцевий поглинач) і детектор D_3 (через поглинач) $\frac{j_3}{j_1} = \frac{K_3}{K_1}$, де K_1, K_3 – задані величини.

Максимальна похибка вимірів кута напрямку на джерело залежить від третього поглинача, а саме діапазону кутів, що він перекриває, і не перевищує 0,3 від кутової ширини третього поглинача (рис. 4б).

Запропонована схема дозволяє реєструвати напрямок на джерело γ -випромінювання в діапазоні кутів 2π радіан з точністю виміру кута біля 1%.

Висновки. Радіаційний моніторинг НС потребує оперативної оцінки радіаційної обстановки, яка вимагає, наряду з іншими радіаційними показниками, визначення локалізації джерел гама-випромінювання в зонах радіоактивного забруднення.

Проведений аналіз існуючих засобів для визначення локалізації джерел гама-випромінювання показав ряд недоліків, усунення яких потребує удосконалення процесу визначення напрямку на джерела гама-випромінювання.

Запропонована схема для визначення напрямку на джерела гама-випромінювання, яка дозволяє визначати середньозважений спектр енергій гама-джерела і при відомому спектрі визначити відстань до джерела за рахунок зменшення енергії (комптон-ефект) у шарі повітря з точністю виміру кута $\pm 1^\circ$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова КМУ від 03.08.1998 р. №1198 «Про затвердження Положення про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру».

2. Наказ МНС України від 06.08.2002 №186 «Про введення в дію Методики спостережень щодо оцінки радіаційної та хімічної обстановки».
3. Наказ МНС України від 06.11.2003 р. №425 «Про затвердження Положення про моніторинг потенційно небезпечних об'єктів».
4. Vambynek W. Standartisation of radionuclides. – Vienna: IAEA. 1967. – P.373-377.
5. Полупроводниковые детекторы ядерных излучений и их применение в полевой гамма-спектрометрии / А.Н. Григорьев, Л.Б. Беденко, А.Г. Кареев и др. // Вісник НТУ «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск «Колісні та гусеничні машини спеціального призначення». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2003. – № 27. – С.83-88.
6. Арсеньєва О.М., Григор'єв О.М., Стервєдов М.Г., Беденко Л.Б. Спектрометр гама-випромінювань на базі телурид кадмієвих детекторів // Збірник наукових праць «Системи обробки інформації». – Х.: ХУПС. – Вип. 5(45). – 2005. – С.214-219.
7. Пат. 2195005 РФ, С2G01T1/169. Способ поиска и обнаружения источников гамма-излучения в условиях неравномерного радиоактивного загрязнения / С.Н. Соловых, Н.И. Алимов, А.Н. Перевозчиков, Ю.А. Глухов, Э.Ф. Андриевский. – №200012668/28; Заявл. 23.10.2000; Оpubл. 20.12.2002.
8. Пат. 2068184 РФ, С16G01T1/29. Устройство для определения местоположения источника гамма-излучения / Д.А. Волков, А.И. Левон. – №4929838/25; Заявл. 19.04.91; Оpubл. 20.10.96; Бюл. № 29.

Попов И.И., Толкунов И.А., Шевчук А.Р.

Исследование путей определения локализации источников гамма-излучения в зонах радиоактивного загрязнения

На основе анализа существующих средств для определения локализации источников гамма-излучения предложена схема для определения направления на источник гамма-излучения, позволяющая усовершенствовать процесс выявления места расположения источника гамма-излучения в зонах радиоактивного загрязнения

Ключевые слова: источник гамма-излучения, локализация источника гамма-излучения, гамма-спектр, плотность потока гамма-квантов, коэффициент ослабления, угол направления на источник

Popov I.I., Tolkunov I.A., Shevchuk A.R.

Research ways determination localization sources of gamma-radiation is in the areas of radiocontammant

On the basis analysis existent facilities for determination localization sources gamma-radiation a chart is offered for a directionfinding on the source of gamma-radiation, allowing to perfect the process exposure place location source gamma-radiation in the areas of radiocontammant

Key words: source of gamma-radiation, localization source of gamma-radiation, gamut-spectrum, fluence gamma-quanta, coefficient of weakening, corner of sending to the source

УДК 614.8

*Поспелов Б.Б., д-р техн. наук, вед. науч. сотр., НУГЗУ,
Шевченко Р.И., канд. техн. наук, нач. лаб., НУГЗУ*

**АЛГОРИТМ ОПТИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ
МНОЖЕСТВА ДАТЧИКОВ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА
ОБЪЕКТОВ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ**

(представлено д-ром физ.-мат. наук Яковлевым С.В.)

Рассмотрен алгоритм оптимальной обработки измерительной информации множества датчиков в системах мониторинга объектов повышенной опасности

Ключевые слова: оптимальная обработка, измерительная информация, датчики, системы мониторинга, объекты повышенной опасности

Постановка проблемы. Активизация производственно-хозяйственной деятельности в различных отраслях способствует росту числа и разнообразия типов объектов повышенной опасности. С целью снижения возможных негативных воздействий таких объектов на окружающую среду проводятся различные мероприятия. Наиболее эффективным из них является мониторинг (активный контроль) их состояния. Основная задача мониторинга объектов повышенной опасности, отличающая его от обычного информирования экстренных служб о факте наличия чрезвычайных ситуаций (ЧС), состоит в своевременном выявлении опасных ситуаций, прекращении их развития и недопущении возникновения по их причине различных видов ЧС. Традиционно для активного контроля объ-

Поспелов Б.Б., Шевченко Р.И.