

О.М. ГРИГОР'ЄВ, канд. фіз.-мат. наук, НТУ «ХПІ», Харків;
З.В. БЛИК, наук. спів роб., НТУ «ХПІ», Харків;
О.В. САКУН, канд. біол. наук, НТУ «ХПІ», Харків;
В.В. МАРУЩЕНКО, канд. біол. наук, доцент, НТУ «ХПІ», Харків

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКУ НА ТОЧКОВІ ДЖЕРЕЛА ФОТОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ПЛОЩИНІ, ВКЛЮЧАЮЧИ ІМПУЛЬСНІ

Проаналізовано недоліки автоматичного визначення напрямку на точкові джерела фотонного випромінювання. Враховуючи недоліки запропонований спосіб для визначення напрямку на джерело фотонного випромінювання в площині в діапазоні кутів 2π радіан, який має можливість визначати не лише постійні точкові джерела, а ще і імпульсні. Спосіб реалізований на основі приладу, в який входять три блока детектування гама-випромінювання на базі телурид-кадмієвих детекторів з поглиначами та чотирьох спектрометричних багатоканальних аналізаторів імпульсів. Поглиначі за формою являють собою: один коаксальний циліндр, другий – асиметричний, третій – секторний.

Проанализированы недостатки автоматического определения направления на точечные источники фотонного излучения. Учитывая недостатки предложен способ для определения направления на источник фотонного излучения в плоскости в диапазоне углов 2π радиан, который имеет возможность определять не только постоянные точечные источники, а еще и импульсные. Способ реализован на основе прибора, в который входят три блока детектирования гамма-випромінювання на базе телерадио-кадмиевых детекторов с поглотителями и четырех спектрометрических многоканальных анализаторов импульсов. Поглотители по форме представляют собой: один коаксиальный цилиндр, второй - асимметричный, третий - секторный.

Directionfinding on the point source of photonic radiation in plane, including pulse. 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 angles 2π 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 gamma rays on a base of tellurium cadmium detectors with absorbers and four spectrometric multichannel pulse analyzer are included. Absorbers in a due form are one coaxial cylinder, second – asymmetric, third – sectoral.

Вступ. Атомна енергетика в наш час є незамінним джерелом енергії. Людство навчилось досить ефективно використовувати її в своїх цілях – електростанції, прискорювачі заряджених часток, навіть, ядерні вибухи активно використовують в промисловості, наукових дослідженнях [1,2] та енергетиці [3]. Але не дивлячись на високі технології та знання людства в області ядерної фізики, всі ми є свідками трагедії в Чорнобилі та на Фокусімі, є імовірність застосування ядерної зброї у військовому конфлікті. Тому на сьогоднішній день проблема визначення місцезнаходження точкових джерел, які також включають імпульсні, є досить актуальною. До

імпульсних джерел відносяться ядерні вибухи, гама-сплески в космосі, імпульсні прискорювачі.

В роботі [4] було проаналізовано недоліки автоматичного визначення напрямку на точкове джерело фотонного випромінювання та розроблений спосіб, що забезпечує визначення цього напрямку (в тому числі від імпульсного джерела) в площині в діапазоні кутів 2π радіан. Цей спосіб перевірений на лічильнику імпульсів, на якому неможливо було визначити напрямок на джерело імпульсного фотонного випромінювання.

Метою роботи є розробка приладу для визначення напрямку на джерело імпульсного фотонного випромінювання.

Викладення основного матеріалу. В основу розробки приладу покладено спосіб розроблений авторами в роботі [4]. Спосіб визначення напрямку на джерело фотонного випромінювання базується на вимірюванні щільності потоку фотонів, які проходять крізь поглиначі різної товщини та геометричної форми. Способом передбачено синхронне вимірювання трьох сигналів від одного точкового джерела гамма-випромінювання, які надходять з детекторів, поміщених у поглиначі. Товщина одного з поглиначів залежить від напрямку на джерело, іншого не залежить, а третій являє собою сектор для напрямку $357^\circ \div 3^\circ$. При діленні кількості імпульсів, що надходять з першого лічильника на кількість імпульсів з другого лічильника скорочуються невідомі нам постійні величини такі як енергія фотонів, відстань від точки вимірювання до джерела випромінювання та його інтенсивність, а отримане значення визначається тільки товщиною поглиначів у напрямку джерела. При цьому товщина h_1 коаксіального поглиначя відома і є сталою величиною, а h_2 визначається згідно рівності

$\frac{j_1}{j_2} = \frac{h_2}{h_1}$ і визначене нами значення відповідає напрямку на джерело γ -

випромінювання; кількість імпульсів j_1, j_2 визначається кількістю γ -квантів зареєстрованих детекторами. Третій детектор з секторним поглиначем призначений для ліквідації невизначеності напрямку в діапазоні кутів

$359^\circ \div 1^\circ$ та визначає цей напрямок згідно рівності $\frac{j_3}{j_1} = \frac{h_1}{h_3}$.

Для експериментальної перевірки способу був виготовлений макет, що являє собою три телурид-кадмієві детектори розташовані в геометричних центрах відповідно трьох поглиначів з круговою симетрією виготовлених з штаби метала висотою 40 мм та внутрішнім діаметром 70 мм. В геометричних центрах циліндрів поглиначів розміщувалися детектори розміром $4 \times 4 \times 2$ мм [5]. Вимірювання кількості фотонів та їх амплітуди

проводили за допомогою чотирьох багатоканальних аналізаторів імпульсів, що працюють в спектрометричному режимі (рисунк 1).



Рис. 1. Чотирьох каналний аналізатор імпульсів з приладом для вимірювання кутів (радіометр ДКС 01 SELVIS застосовується для контролю потужності експозиційної дози γ -випромінювання).

Спрощена схема одного каналу аналізатора імпульсів зображена на рисунку 2.

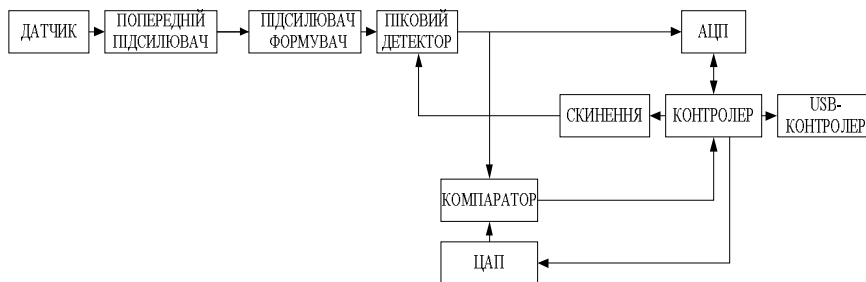


Рис. 2. Спрощена схема одного каналу аналізатора імпульсів.

На рисунку 3 представлено перетин циліндру: сірим кольором зображено екран (поглинач) з постійним коефіцієнтом ослаблення в інтервалі 2π радіан в центрі якого був розташований перший детектор (D_1). Поглинач являє собою коаксіальний циліндр товщиною 25 мм, заповнений сталевими кульками діаметром 3мм.

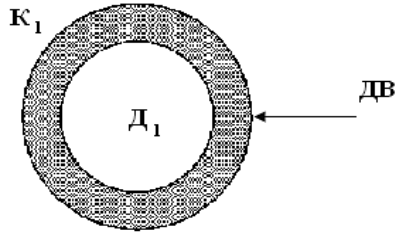


Рис. 3. Детектор (D_1), поміщений в екран з постійним коефіцієнтом ослаблення K_1 .

На рисунку 4а 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 змінюється від мінімального значення до максимального в діапазоні кутів від 0 до 2π радіан. Форма заповнювалась сталевими кульками діаметром 3мм в указаному інтервалі кутів і товщина поглиначу рівномірно збільшувалась від 7 мм до 50 мм.

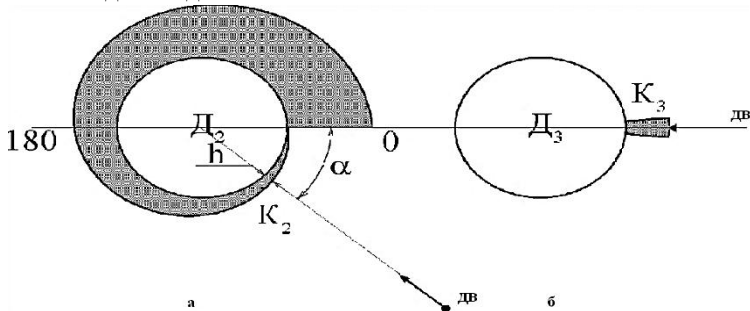


Рис.4. Перетин екранів-поглиначів:

- а - детектор (D_2), 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 залежним і незалежним від кута коефіцієнтом ослаблення $K_n = \frac{j_2}{j_1} = \frac{K_1}{K_2}$.

Знаючи коефіцієнт пропорційності K_n і коефіцієнт ослаблення першого екрана K_1 , знаходиться 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 α , де $\alpha = f(K_2)$.

Для ілюстрації на рис. 4. (а) коефіцієнт ослаблення K_2 заданий товщиною поглиначча, що залежить від кута: $h = c + b \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$, де c – задана константа (в даному випадку $c=7$ мм); b – задана константа (в даному випадку $b=50$ мм); α – кут у діапазоні від 0 до 360° . Коефіцієнт ослаблення збільшується зі збільшенням товщини.

Вимірювання проводились в діапазоні кутів від 0 до 360° з кроком 15° , а також в точках – 1° , 2° , 3.75° , 7.5° , 11.25° , 348.75° , 352.5° , 356.25° , 358° , 359° . Було зафіксовано, що в асиметричному поглиначчі на переході $359^\circ \div 1^\circ$ коефіцієнт пропорційності змінювався від максимального до мінімального в межах кута величиною 2° , вірогідно за рахунок розсіювання гамма-випромінювання на межі між мінімальною та максимальною товщиною поглиначча. Графік залежності коефіцієнта пропорційності від кута представлено на рисунку 5.

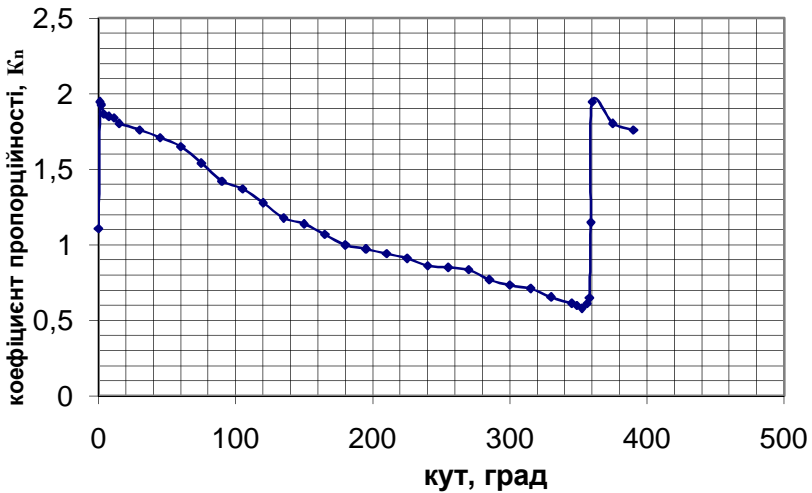


Рис. 5. Графік залежності коефіцієнта пропорційності (K_n) від кута.

Для виключення неоднозначності результатів вимірів на переході $359^\circ - 1^\circ$, де значення K_n змінюється від мінімального до максимального, використовували третій детектор (D_3) розташований в геометричному центрі кола діаметром 70мм з поглиначем товщиною 25 мм, який являє з себе сектор – поглинач висотою 40мм, що перекриває вказаний діапазон кутів асиметричного поглиначча в секторі 6° і являє собою форму наповнену сталевими кульками (рисунок 3 б). Розташування джерела гама-

випромінювання в діапазоні кутів близько $359^{\circ}-1^{\circ}$ буде визначатися однозначно відношенням сигналів $\frac{J_1}{J_3} = \frac{K_3}{K_1} = 1$ з детекторів D_1 і D_3 , де K_1, K_3 – задані величини.

Вимірювання проводилися зі статистичною точністю не більш ніж 1%, тобто за один вимір детекторами фіксувалося не менше 10000 фотонів.

Для визначення напрямку на імпульсне випромінювання буде використовуватися показання значень амплітуди на трьох спектрометрах аналізатора імпульсів (рис. 6), де амплітуди імпульсу будуть пропорційні кількості гама-квантів, зареєстрованих детекторами.

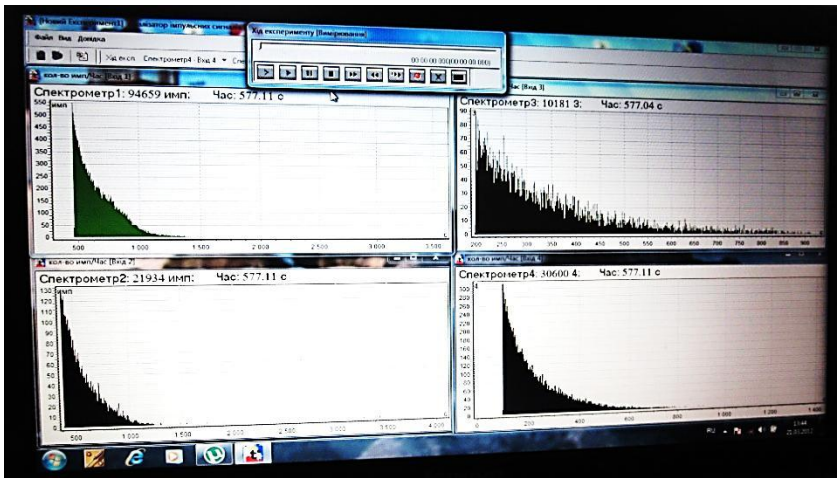


Рис. 6. Показання спектрометрів аналізатора імпульсів.

В роботі [6] проведено дослідження дії імпульсу γ -випромінювання на піроелектричний детектор в результаті якого отримане формування імпульсу напруги (вихідного сигналу). Цей імпульс напруги пропорційний густині поглиненої енергії випромінювання та густині потоку випромінювання. Заряд, що протікає в ланцюгу чутливого елемента, пропорційний густині поглиненої енергії випромінювання та флюенсу випромінювання.

В роботі [7] був проведений експеримент з використанням імпульсу γ -випромінювання в результаті якого були отримані осцилограми сигналів, що виходять з піроелектричного детектора з поляризованим та неполяризованим чутливим елементом. З цих осцилограм можна зробити висновок, що імпульс γ -випромінювання викликає в обох детекторах один сплеск напруги протилежної полярності.

Порівняння характеристик наведених в роботі [6] з даними літератури [8] показує, що піроелектричні детектори мають набагато меншу чутливість

ніж напівпровідникові. Тому детектори із телуриду кадмію можна ефективно використати для роботи з імпульсними джерелами проникаючого випромінювання меншої інтенсивності. При дії імпульсного γ -випромінювання на детектори приладу аналізатора імпульсів на екранах спектрометрів буде по одному імпульсу з характерною для кожного детектора амплітудою, яка буде визначатись товщиною поглинача на шляху γ -випромінювання. Відношення цих амплітуд імпульсу дає коефіцієнт пропорційності, який буде залежати від кута так же, як зображено на рисунку 5.

Висновки. Розроблений спосіб та прилад забезпечує визначення напрямку на джерело фотонного випромінювання, зокрема імпульсного, в площині в діапазоні кутів 2π радіан. Діючий макет забезпечує вимірювання кутів з похибкою не більше 1%. При розташуванні джерела γ -випромінювання в діапазоні кутів $359^\circ \pm 1^\circ$ похибка вимірювання також є не більшою ніж 1%. Робота приладу в спектрометричному режимі забезпечує можливість визначення напрямку на імпульсне джерело за відношенням амплітуд оберотнопропорційних товщині поглинача. Схема діючого макету може бути прийнята за основу під час конструювання відповідного приладу для ведення радіаційної розвідки місцевості, захисту екіпажів танків від металевих дії ядерного вибуху та проникаючого випромінювання, а також при розміщенні стаціонарних постів контролю імпульсного випромінювання на території держави. 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 для з'ясування можливості використати запропонований спосіб та прилад для визначення напрямку на джерело фотонного випромінювання в просторі в діапазоні кутів 4π стерadian.

Список літератури: 1. *Бонюшкин Е.К., Завадин Н.И., Новиков С.А., Учаев А.Я.* Кинетика динамического разрушения металлов в режиме импульсного объемного разогрева. Саров: РФЯЦ, 1998. – 274 с. 2. *Высокие плотности энергии: Сборник.* Саров: РФЯЦ, 1997. – 572 с. 3. *Иванов Г.А., Волошин Н.П., Ганеев А.С.* и др. Взрывная дейтериевая энергетика. Снежинск: РФЯЦ, 1997. – 138с. 4. *Григор'єв О.М., Сақун О.В., Білік З.В.* Визначення напрямку на точкове джерело фотонного випромінювання в площині. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. Випуск 2 (28), 2011. – 173 с. 5. *Григорьев А.Н., Полянский И.Е., Кареев А.Г., Жадан Т.А.* Полупроводниковые детекторы на базе CdTe и CdZnTe для спектроскопии электромагнитных излучений при комнатной температуре / Вестник ХГУ. – Харьков, 2002. – № 544. – С. 153 – 155. 6. *В.А. Борисенко, Е.З. Новицкий, В.Г. Симаков.* Пирозлектрический детектор импульсного гамма-излучения. Приборы и техника эксперимента, 2009, №4, 81-94 с. 7. *Фесенко Е.Г., Данцигер А.Я., Разумовская О.Н.* Новые пьезокерамические материалы. Ростов на Дону : Изд-во РГУ, 1983. – 160 с. 8. *Альби́ков З.А., Веритенников А.И., Козлов О.В.* Детекторы импульсного ионизирующего излучения. М.: Атомиздат, 1978. – 173 с.

Надійшла до редакції 15.04.12