

**АЛГОРИТМИ: синтез, аналіз, оптимізація,
моделі і моделювання, верифікація, алгоритмічні мови,
програмування, системне та прикладне
програмне забезпечення**

УДК 681.3

© В.Максимович¹, Р.Смук¹, Ю.Сторонський¹, Ю.Костів¹, А.Пастух¹ 2015

**АЛГОРИТМ РОБОТИ ПОШУКОВОГО
ДОЗИМЕТРИЧНОГО ПРИСТРОЮ**

В роботі розглянутий алгоритм роботи дозиметричного пристрою призначеного для виявлення наявності радіаційних матеріалів за мінімально короткий час. Досліджені статистичні характеристики генератора пуассонівської імпульсної послідовності, з допомогою якого імітується вихідний сигнал дозиметричного детектора, і запропонованого алгоритму в цілому.

Ключові слова: дозиметричний пристрій, детектор, генератор пуассонівської імпульсної послідовності, алгоритм.

The paper presents the algorithm of dosimeter work that is intended to show the radiation materials presence in minimum short time. We have researched the statistical characteristics of Poisson pulse sequence generator, with the help of which the output signal of a dosimeter detector is imitated, and the given algorithm in the whole.

Keywords: dosimeter device, detector, generator of Poisson pulse sequence, algorithm.

1. ВСТУП

Алгоритм роботи, що розглядається, призначений для реалізації в дозиметричних пристроях (ДП) пошукового типу для виявлення наявності радіаційних матеріалів за мінімально короткий час. Ефективність алгоритму перевірена за допомогою імітаційної моделі дозиметричного детектора (ДД).

2. ГЕНЕРАТОР ПУАССОНІВСЬКОЇ ІМПУЛЬСНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ

Вихідний сигнал ДД відтворюється генератором пуассонівської імпульсної послідовності (ГПП), структурна схема якого наведена на рис. 1 [1]. До його складу входять генератор псевдовипадкових чисел ГПВЧ, схема порівняння СП і логічний елемент І.

¹Національний університет "Львівська політехніка"

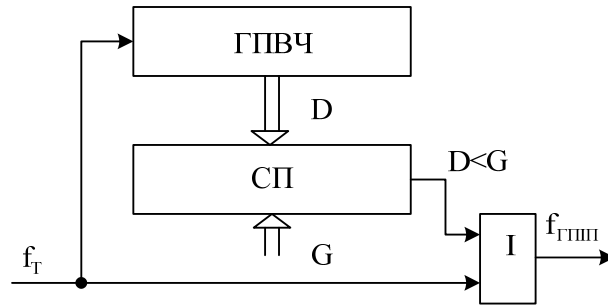


Рис. 1. Структурна схема ГПП

Середня частота вихідних імпульсів ГПП визначається рівнянням

$$f_{\text{вв}} = \frac{G}{D_{\text{max}}} f_{\text{д}}, \quad (1)$$

де G – керуючий код, D_{max} – максимальне значення чисел D на виході ГПВЧ, $f_{\text{д}}$ – частота тактових імпульсів. При програмній реалізації ГПП функції СП і І реалізуються відповідними операторами, роль ГПВЧ – функцією `random`.

Статистичні характеристики вихідного імпульсного потоку ГПП, що імітує вихідний сигнал ДД, повинні бути перевірені на відповідність пуассонівському закону розподілу. Така перевірка може бути здійснена з допомогою узагальненої методики дослідження параметрів вихідного сигналу ГПП на відповідність пуассонівському закону розподілу з використанням критерію Пірсона [2].

У відповідності до запропонованої методики потік вхідних імпульсів ГПП розділяється на n однакових груп, кожна з яких складається з i_{max} імпульсів. Максимальну кількість груп – n_{max} . Групам вхідних імпульсів відповідають групи вихідних імпульсів з числом імпульсів $k_1, k_2, \dots, k_{n_{\text{max}}}$. Запропонована методика ґрунтується на класичній методиці перевірки гіпотези про розподіл генеральної сукупності за законом Пуассона з використанням критерію Пірсона (критерію χ^2) [3]. При цьому, враховуючи специфіку побудови ГПП, були запропоновані наступні доповнення:

– фіксується номінальне (теоретичне) середнє значення чисел $k_1, k_2, \dots, k_{n_{\text{max}}} = k_c$, незалежно від значення керуючого коду G ;

– значення i_{\max} є змінним, залежить від значення G і визначається рівнянням

$$i_{\max} = \frac{D_{\max}}{G} k_{\bar{n}}. \quad (2)$$

В результаті застосування методики знаходять значення χ_c^2 . За таблицями критичних точок розподілу χ^2 [3], вибраними рівнем значимості α (звичайно α надають одне з трьох значень – 0,1; 0,05; 0,01) і числом степенів свободи k знаходять критичне значення $\chi_{кр}^2$. Якщо $\chi_c^2 < \chi_{кр}^2$ – немає підстав не приймати гіпотезу про відповідність імпульсного потоку пуассонівському закону розподілу.

Результати дослідження статистичних характеристик наведені на рис. 2.

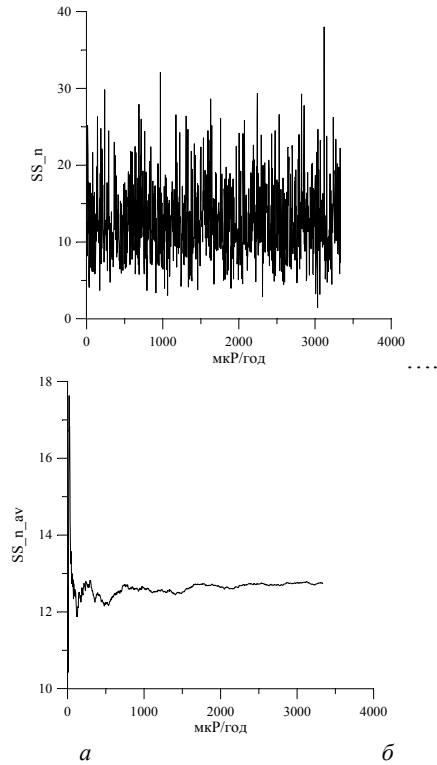


Рис. 2. Статистичні характеристики ГПП

Результати отримані при $k_c = 10$ і $n_{\max} = 1000$. Тут зображені залежності χ_n^2 (SS_n) і середнього значення $\chi_n^2 - \chi_{n_{\text{зад}}}^2$ (SS_n_av) від значення потужності експозиційної дози (ПЕД) – λ , що імітується вихідним сигналом ДД і визначається рівнянням

$$\lambda = \frac{G}{\gamma}, \quad (3)$$

де γ – чутливість ДД. При цьому було прийнято: $\gamma = 0,3 \frac{\text{Åö}}{\text{îêÐ} / \text{ãîä}}$, $D_{\max} = 10^6$.

Порівнявши значення χ_n^2 і $\chi_{n_{\text{зад}}}^2$ з $\chi_{\text{êð}}^2 = 27,7$ (отриманому при рівні значимості $\alpha = 0,01$ і числу степенів свободи $k = 13$ [3]) в усьому вибраному діапазоні значень ПЕД, можна зробити висновок про відповідність, в основному, вихідної імпульсної послідовності ГПП пуассонівському закону розподілу.

3. АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮ

Алгоритм роботи пошукового дозиметричного пристрою, при визначенні наявності джерел радіаційного випромінювання, що перевищують заданий поріг, є таким:

- визначаються тривалості часових інтервалів між вихідними імпульсами ДД – t_i і відповідні їм числа $N_i = t_i \cdot f_0$, де f_0 – частота квантування;

- проводиться усереднення k значень N_i – $N_{i_c} = \frac{\sum_{i=1}^k N_i}{k}$;

- якщо $N_{i_c} < N_{\text{пор}}$ формується ознака наявності джерела радіаційного випромінювання.

Пороговий рівень $N_{\text{пор}}$ задається виходячи з фонового значення ПЕД λ_δ , тактової частоти f_0 і чутливості ДД – γ .

Наведемо приклад визначення $N_{\text{пор}}$.

Нехай: $\lambda_{\delta} = 10 \frac{i\epsilon D}{\tilde{a}\tilde{i}\tilde{a}}$, $\gamma = 0,3 \frac{\tilde{A}\tilde{\delta}}{i\epsilon D / \tilde{a}\tilde{i}\tilde{a}}$, $f_0 = 10^6 \tilde{A}\tilde{\delta}$. Тоді середня частота імпульсів на виході ДД – $f_{\tilde{a}\tilde{a}} = \lambda_{\delta} \cdot \gamma = 3\tilde{A}\tilde{\delta}$. Отже, середнє значення періоду повторення імпульсів на виході ДД – $\tilde{O}_{\tilde{a}\tilde{a}} = 1/f_{\tilde{a}\tilde{a}} = 1/3\tilde{A}\tilde{\delta}$, а середнє значення чисел, що фіксуються при вимірюванні часових інтервалів між вихідними імпульсами ДД – $N_{\tilde{a}\tilde{a}} = 10^6/3$.

Виходячи з цього можна визначити:

$$N_{\tilde{n}\tilde{\delta}} = \beta \cdot N_{\tilde{a}\tilde{a}} \quad (0 < \beta < 1). \quad (4)$$

Значення коефіцієнта β вибирається виходячи з наступних міркувань:

- мінімізації імовірності хибних спрацювань (формування хибних ознак перевищення фонового значення ПЕД), для чого значення β повинно бути як можна меншим;

- підвищення чутливості до виявлення перевищення ПЕД порогового рівня, що досягається при збільшенні значення β .

Таким чином, визначення значення β є справою розумного компромісу між двома вищенаведеними міркуваннями.

На рис. 3-5 наведено результати дослідження запропонованого алгоритму роботи ДП з допомогою імітаційної моделі, що включає імітацію вихідних сигналів ДД з допомогою ГПП.

При цьому були зафіксовані наступні значення: $\lambda_{\delta} = 10 \frac{i\epsilon D}{\tilde{a}\tilde{i}\tilde{a}}$, $\gamma = 0,3 \frac{\tilde{A}\tilde{\delta}}{i\epsilon D / \tilde{a}\tilde{i}\tilde{a}}$, $f_0 = 10^6 \tilde{A}\tilde{\delta}$, $N_{\tilde{n}\tilde{\delta}} = 150000$, $D_{\max} = 10^6$. Значення

ПЕД- λ змінювалось стрибками однакової прямокутної форми, різної максимальної величини – λ_{\max} і однакової тривалості – $t_i = 2\text{с}$. На рис. 3-5 окрім значень ПЕД, внизу, наведений сигнал ознаки наявності джерела радіаційного випромінювання, що перевищує фоновий рівень. Дослідження проводились при різній кількості усереднень значень $N_i - k$.

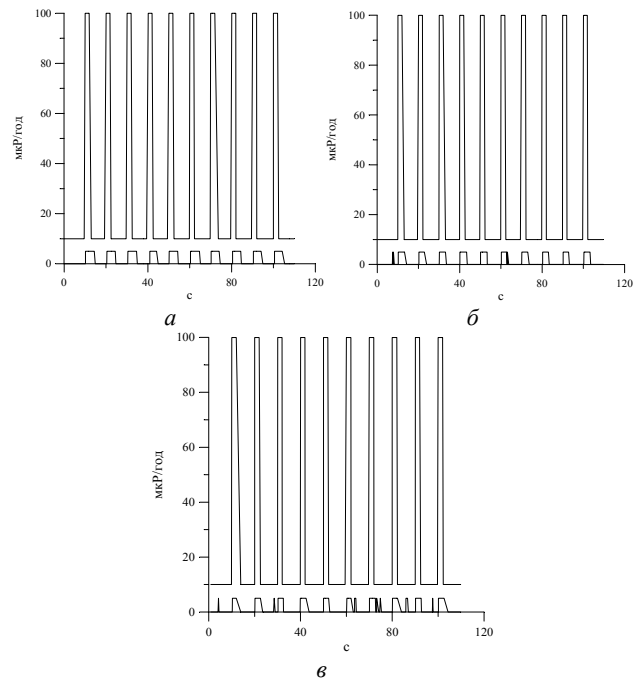
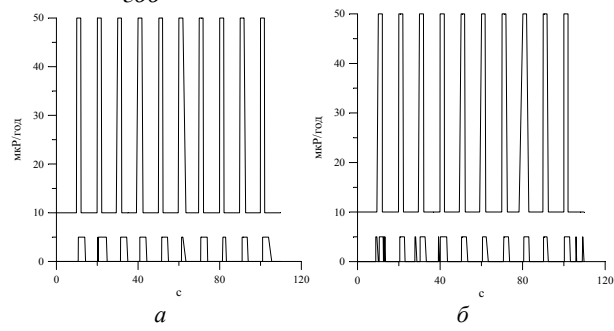


Рис. 3. Формування сигналу ознаки перевищення фонового рівня при

$$\lambda_{\max} = 100 \frac{\text{МКР}}{\text{год}} \text{ для: а) } k = 20, \text{ б) } k = 10, \text{ в) } k = 5.$$



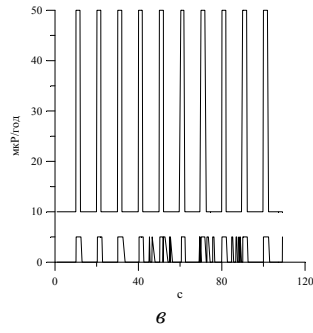


Рис. 4. Формування сигналу ознаки перевищення фонового рівня при

$$\lambda_{\max} = 50 \frac{i\epsilon D}{\tilde{a}i\tilde{a}} \text{ для: а) } k=20, \text{ б) } k=10, \text{ в) } k=5.$$

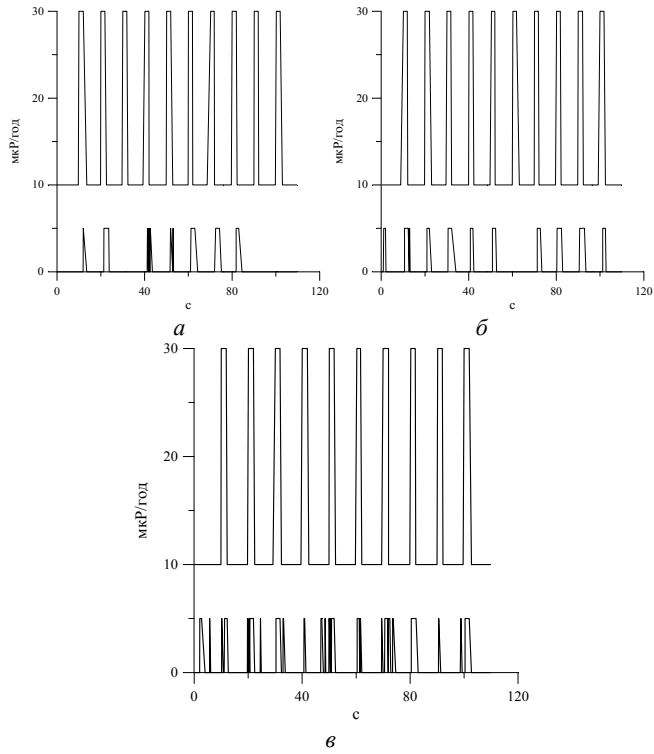


Рис. 5. Формування сигналу ознаки перевищення фонового рівня при

$$\lambda_{\max} = 30 \frac{i\epsilon D}{\tilde{a}i\tilde{a}} \text{ для: а) } k=20, \text{ б) } k=10, \text{ в) } k=5.$$

Використовуючи значення N_{ic} може бути проведена попередня оцінка рівня ПЕД – λ з допомогою виразу

$$\lambda = \frac{f_0}{N_{ic} \cdot \gamma} \quad (5)$$

Приклад такої оцінки наведений на рис. 6 (пунктирна лінія) при $\lambda_{\phi} = 10 \frac{i\dot{\epsilon}D}{\ddot{a}i\ddot{a}}$, $\gamma = 0,3 \frac{\ddot{A}\ddot{o}}{i\dot{\epsilon}D / \ddot{a}i\ddot{a}}$, $f_0 = 10^6 \ddot{A}\ddot{o}$, $D_{\max} = 10^6$, $t_1 = 2c$,

$$\lambda_{\max} = 100 \frac{i\dot{\epsilon}D}{\ddot{a}i\ddot{a}} \text{ і } k = 20.$$

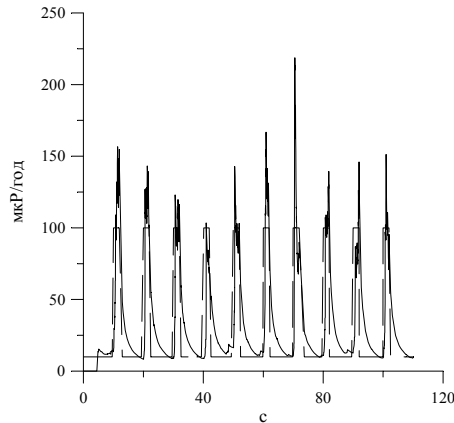


Рис. 6. Оцінка значення ПЕД при її стрибкоподібній короткочасній зміні

4. ВИСНОВКИ

Розглянутий алгоритм може бути використаний при створенні пошукових дозиметричних пристроїв для забезпечення режиму швидкого виявлення перевищення потужністю експозиційної дози фонового значення.

1. Бобало Ю.Я., Дудикевич В.Б., Максимович В.М., Хорошко В.О., Бісик А.М., Смух Р.Т., Сторонський Ю.Б. : Методи і засоби опрацювання вихідних сигналів дозиметричних детекторів: Монографія. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 200 с. 2. Kostiv Yu.M. Methodology for research of Poisson pulse sequence generators using Pearson’s Chi-squared test / Yu.M. Kostiv, V.M. Maksymovych, O.I. Harasymchuk, M.M. Mandrona // Sustainable development : International journal. – Varna :Euro-Expert Ltd. – 2013. – № 9. – P. 67-72. 3. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М., “Высш. школа”, 1999. – 479 с.