

В.Б. Дудикевич, В.М. Максимович, Р.Т. Смук*, Ю.Б. Сторонський*
НУ “Львівська політехніка”, кафедра АТ,
*НВП “Спаринг-Віст Центр”

АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ДОЗИМЕТРИЧНИХ ПРИСТРОЇВ З РОЗШИРЕНИМ ДИНАМІЧНИМ ДІАПАЗОНОМ

© Дудикевич В.Б., Максимович В.М., Смук Р.Т., Сторонський Ю.Б., 2006

Досліджені статистичні характеристики дозиметрів з детекторами, що мають мертвий час непродовжуючого типу, в яких використовується мікропроцесорне оброблення вимірювальної інформації. Дослідження здійснювали за допомогою імітаційної моделі, в основі якої є генератор псевдовипадкової імпульсної послідовності.

The statistical characteristics of dosimeters with detectors, that has nonprolonging dead time type and used microprocessor transformation of measurement information are investigated. The investigation was realized with the help of imitating model witch is based on pseudorandom pulse consequent generator.

Постановка проблеми. Наявність мертвого часу детекторів є одним з основних факторів, що обмежує діапазон вимірювання потужності експозиційної дози в дозиметричних пристроях. Його вплив може бути компенсований чи врахований кількома способами, основними з яких є: відновлення початкового імпульсного потоку [1]; опрацювання вихідної інформації детекторів апаратними засобами, зокрема за допомогою число-імпульсних функціональних перетворювачів [2]; опрацювання вихідної інформації детекторів мікропроцесорними засобами [3]. Під час аналізу ефективності кожного з цих способів необхідно обов'язково враховувати статистичні характеристики отриманих результатів. На статистичні характеристики дозиметрів, насамперед, впливає природа імовірного розподілу в часі частинок чи квантів, що сприймаються детектором, а також внутрішні параметри самих пристроїв. Однак вплив деяких внутрішніх параметрів дозиметрів, за дотримання певних вимог до їх побудови, є менш істотним. Так, наприклад, вплив нестабільності тривалості мертвого часу детектора можна практично усунути за допомогою нескладних схемотехнічних рішень [4].

Аналіз статистичних характеристик можна проводити як аналітичними методами, так і за допомогою імітаційного моделювання. У цій роботі застосовано останній метод, при цьому джерело іонізаційного випромінювання було відтворене за допомогою моделі генератора псевдовипадкової імпульсної послідовності (ГПП) з пуассонівським законом розподілу.

Аналіз існуючих досліджень. Задачу розширення динамічного діапазону дозиметричних пристроїв розглядали в багатьох роботах. Зокрема в роботах [1,4,5] розглядали можливість відновлення початкового імпульсного потоку, в роботах [2,6] – можливість використання число-імпульсних функціональних перетворювачів, в роботі [3] – можливість опрацювання вимірювальної інформації за допомогою мікропроцесорних засобів. Однак в цих роботах не було приділено належної уваги визначенню статистичних характеристик дозиметричних пристроїв, які, з одного боку, визначаються часовою нерівномірністю імпульсного потоку на виході детектора, а з іншого – способом опрацювання інформації, що використовується.

Мета роботи. Метою роботи є аналіз статистичних характеристик дозиметричних пристроїв, в яких за допомогою мікропроцесорних засобів реалізується корекція результату вимірювання з урахуванням мертвого часу детекторів непродовжуючого типу.

Аналіз статистичних характеристик. Найбільше узагальнену структурну схему дозиметричного пристрою, в якому для вимірювання потужності експозиційної дози (ПЕД) підраховується

кількість вихідних імпульсів детектора за час вимірювання T_B з подальшим опрацюванням інформації, зображено на рис. 1.

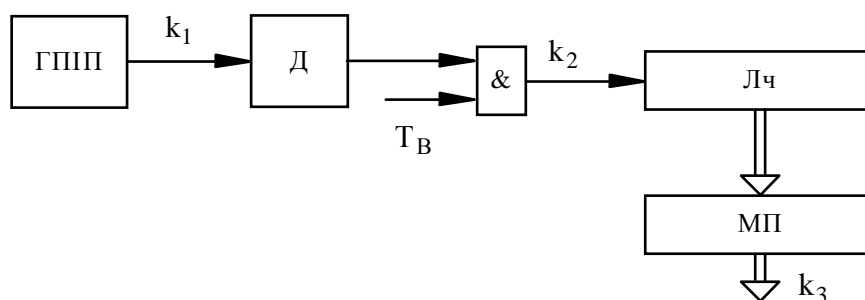


Рис. 1. Структурна схема дозиметричного пристрою

До його складу входять детектор Д, лічильник Лч, мікропроцесор МП і логічний елемент І. У роботі, для дослідження статистичних характеристик пристрою, була використана імітаційна модель, в якій потік частинок (квантів), що фіксуються детектором, відтворюється за допомогою ГППП (рис. 1) з пуассонівським законом розподілу. В якості останнього використаний генератор, що відтворює псевдовипадковий імпульсний потік за допомогою стандартної функції мови Turbo Pascal random [7]. Вплив мертвого часу детектора моделюється так: кожний вихідний імпульс детектора блокує вихід ГППП на відповідний час.

Відомо, що кількість імпульсів пуассонівського потоку k_1 , що фіксується на виході ГППП за час T_B , з надійною імовірністю $P_{ні} = 0,95$ знаходиться в межах [8]

$$k_{1сер} - 2\sqrt{k_{1сер}} < k_1 < k_{1сер} + 2\sqrt{k_{1сер}}, \quad (1)$$

де

$$k_{1сер} = T_B \cdot Z, \quad (2)$$

а Z – середня частота вихідних імпульсів ГППП.

Середня кількість імпульсів $k_{1сер}$ зв'язана з ПЕД λ і чутливістю детектора γ рівнянням:

$$k_{1сер} = \lambda \cdot \gamma \cdot T_B. \quad (3)$$

Внаслідок дослідження було встановлено, що кількість вихідних імпульсів детектора k_2 , зафіксованих за час T_B , з надійною імовірністю $P_{ні} = 0,95$ знаходиться в межах:

$$k_{2сер} - 2 \cdot \kappa_M \sqrt{k_{2сер}} < k_2 < k_{2сер} + 2 \cdot \kappa_M \sqrt{k_{2сер}}, \quad (4)$$

де

$$k_{2сер} = \frac{k_{1сер}}{1 + \lambda \gamma \tau_M}, \quad (5)$$

$$\kappa_M = \frac{1}{1 + \lambda \gamma \tau_M} = \frac{T_B}{T_B + k_{1сер} \tau_M}. \quad (6)$$

Число імпульсів k_2 фіксується в лічильнику Лч і опрацьовується МП згідно з рівнянням [3]

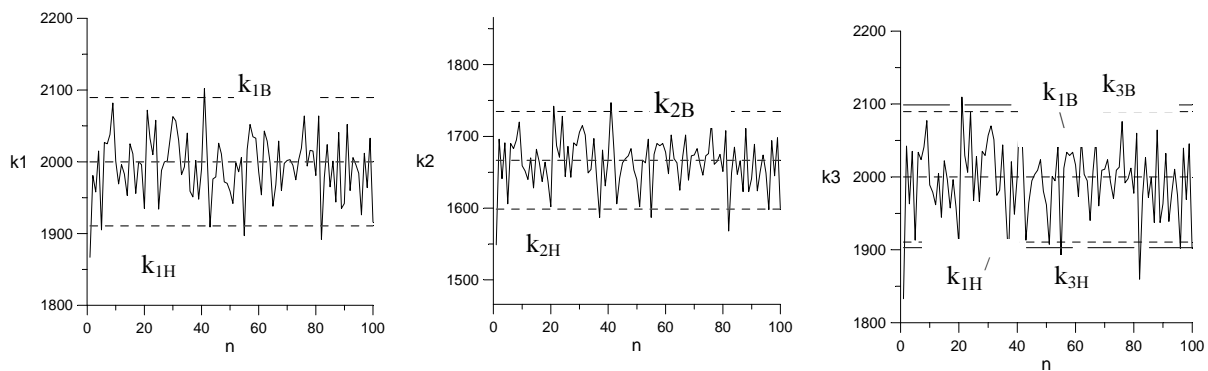
$$k_3 = \frac{k_2 \cdot T_B}{T_B - k_2 \cdot \tau_M}. \quad (7)$$

Оскільки k_2 з надійною імовірністю $P_{ні} = 0,95$ знаходиться в межах (4), кількість імпульсів k_3 , з тією самою надійною імовірністю, буде знаходитись в межах

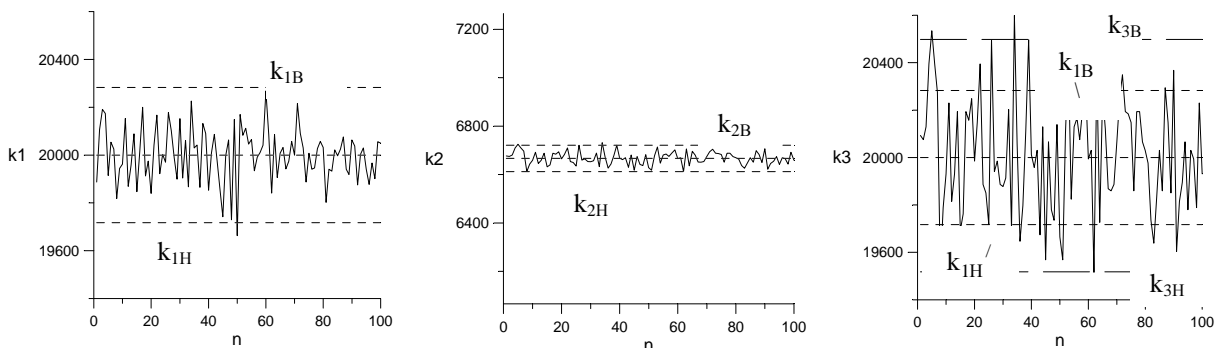
$$k_{3н} < k_3 < k_{3в}, \quad (8)$$

де

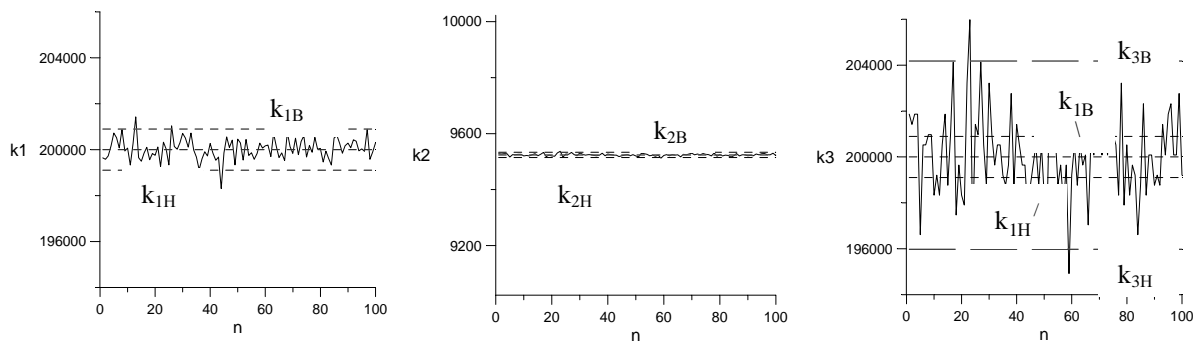
$$k_{3н} = \frac{k_{2н} T_B}{T_B - k_{2н} \tau_M}, \quad k_{3в} = \frac{k_{2в} T_B}{T_B - k_{2в} \tau_M}; \quad (9)$$



a) $\lambda = 10^5 \frac{\text{MKP}}{\text{ГОД}}$



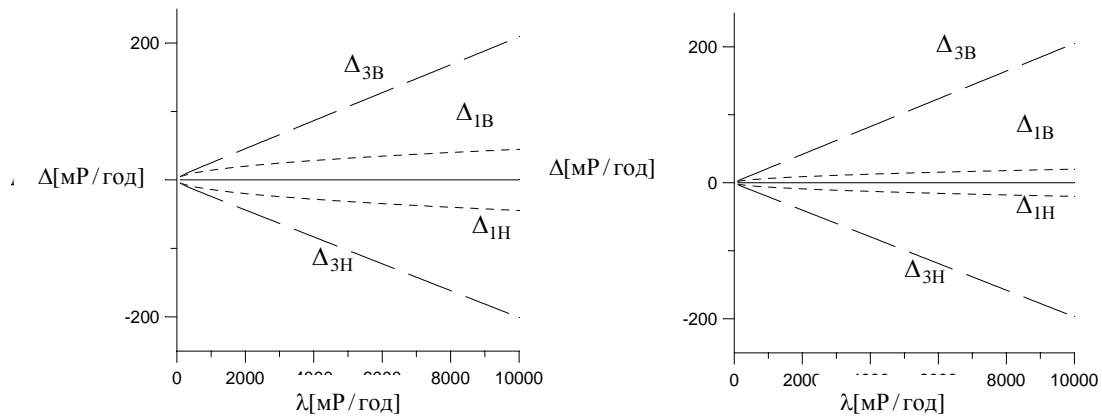
б) $\lambda = 10^6 \frac{\text{MKP}}{\text{ГОД}}$



в) $\lambda = 10^7 \frac{\text{MKP}}{\text{ГОД}}$

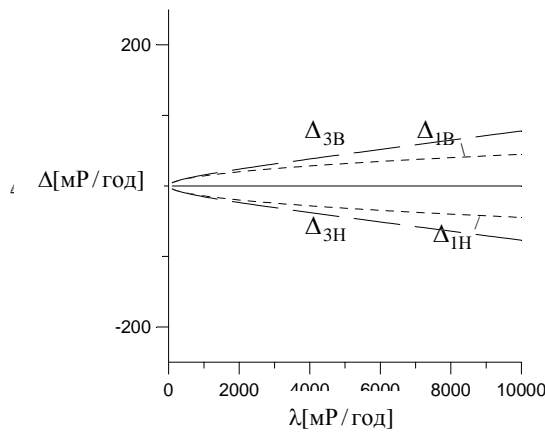
Рис. 2. Статистичні розподіли значень k_1 , k_2 і k_3

при $\gamma = 0,02 \frac{\Gamma \text{Ц}}{\text{MKP} / \text{ГОД}}$, $\tau_M = 100 \text{мкс}$, $T_B = 1 \text{с}$.

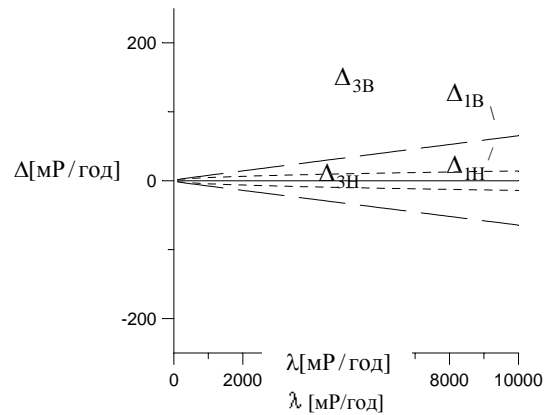


а) $\gamma = 0,02 \frac{\Gamma_{\text{Ц}}}{\text{МКР/ГОД}}, \tau_{\text{М}} = 100\text{мкс},$
 $T_{\text{В}} = 1\text{с};$

б) $\gamma = 0,1 \frac{\Gamma_{\text{Ц}}}{\text{МКР/ГОД}}, \tau_{\text{М}} = 100\text{мкс},$
 $T_{\text{В}} = 1\text{с};$



в) $\gamma = 0,02 \frac{\Gamma_{\text{Ц}}}{\text{МКР/ГОД}}, \tau_{\text{М}} = 10\text{мкс},$
 $T_{\text{В}} = 1\text{с};$



г) $\gamma = 0,02 \frac{\Gamma_{\text{Ц}}}{\text{МКР/ГОД}}, \tau_{\text{М}} = 100\text{мкс},$
 $T_{\text{В}} = 10\text{с};$

Рис. 3. Залежності відхилень граничних значень ПЕД, що відповідають $P_{\text{ні}} = 0,95$, від значень ПЕД

$$k_{2\text{H}} = k_{2\text{сер}} - 2 \cdot \kappa_{\text{М}} \sqrt{k_{2\text{сер}}}, \quad k_{2\text{В}} = k_{2\text{сер}} + 2 \cdot \kappa_{\text{М}} \sqrt{k_{2\text{сер}}}. \quad (10)$$

Статистичні розподіли значень k_1 , k_2 і k_3 (для n експериментів, кожний з яких відповідає часу $T_{\text{В}}$), отриманих внаслідок моделювання, показано на рис. 2. Тут також наведені відповідні граничні значення, що відповідають $P_{\text{ні}} = 0,95$. Розподіли отримано для різних значень ПЕД λ при

$$\gamma = 0,02 \frac{\Gamma_{\text{Ц}}}{\text{МКР/ГОД}}, \tau_{\text{М}} = 100\text{мкс}, T_{\text{В}} = 1\text{с}.$$

Граничні значення ПЕД λ , що вимірюється, можуть бути визначені так:

$$\lambda_{1\text{H}} = \frac{k_{1\text{H}}}{\gamma \cdot T_{\text{В}}}, \quad \lambda_{1\text{В}} = \frac{k_{1\text{В}}}{\gamma \cdot T_{\text{В}}}, \quad (11)$$

де

$$k_{1H} = k_{1cep} - 2\sqrt{k_{1cep}}, \quad k_{1B} = k_{1cep} + 2\sqrt{k_{1cep}}, \quad (12)$$

а k_{1cep} визначається згідно з (3).

Граничні значення ПЕД λ , як результат вимірювання, дорівнюють

$$\lambda_{3H} = \frac{k_{3H}}{\gamma \cdot T_B}, \quad \lambda_{3B} = \frac{k_{3B}}{\gamma \cdot T_B}, \quad (13)$$

де k_{3H} і k_{3B} визначаються рівняннями (9).

На рис. 3 показані залежності відхилень граничних значень ПЕД

$$\Delta_{1H} = \lambda_{1H} - \lambda, \quad \Delta_{1B} = \lambda_{1B} - \lambda; \quad (14)$$

$$\Delta_{3H} = \lambda_{3H} - \lambda, \quad \Delta_{3B} = \lambda_{3B} - \lambda, \quad (15)$$

що відповідають $P_{HI} = 0,95$, від значення λ для різних фіксованих значень величин γ , τ_M і T_B .

Висновки. Результати цієї роботи і імітаційні моделі, за допомогою яких їх отримано, можна використати для оцінки статистичних характеристик дозиметричних пристроїв, в яких компенсація мертвого часу детекторів відбувається за допомогою мікропроцесорного оброблення вимірювальної інформації. Подальший розвиток робіт в цьому напрямку може полягати у створенні загальних моделей дозиметрів з метою оптимізації їх структур і алгоритмів оброблення для забезпечення зданих метрологічних характеристик.

1. Галушка А.Н., Ермоленко Р.В., Каденко И.Н., Сторонский Ю.Б. Дифференциальный метод измерения пуассоновских процессов // *Метрология и приборостроение*. – 2001. Вып. 1–2. – С. 61–68.
2. Лопачак О.М., Максимович В.М., Сторонський Ю.Б. Пристрої для компенсації мертвого часу детекторів іонізуючого випромінювання // *Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”*. “Комп’ютерна інженерія та інформаційні технології”, N433, 2001. – с. 41–47.
3. Dudykevych V., Lopachak O., Maksymovych V., Storonsky Y. The use of dependent count method in dosimeters design. *Metody i technika przetwarzania sygnalow w pomiarach fizycznych. Materiały IX międzynarodowego seminarium metrologów*. – Rzeszów, 2002. – С.51–55.
4. Каденко И.Н., Галушка А.Н., Ермоленко Р.В., Крупский Б.И., Сторонський Ю.Б. Дозиметр-Радиометр β – γ -излучения с расширенным динамическим диапазоном // *Приборы и техника эксперимента*. - 2001, № 2.
5. Галушка А.Н., Ермоленко Р.В., Каденко И.Н., Сторонский Ю.Б. Некоторые проблемные вопросы прикладной метрологии и пути их решения // *Метрология и приборостроение*. - 2001, Вып. 1–2. – С. 53–60.
6. Лопачак О.М., Максимович В.М., Сторонський Ю.Б. Багатофункціональний дозиметричний пристрій // *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. Збірник наукових праць. Вып. № 9. Т.1. – Хмельницький. 2002 – С.179–183.
7. Гарасимчук О.І., Максимович В.М. Оцінка якості алгоритмів формування пуассонівського імпульсного потоку // *Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”*. “Комп’ютерна інженерія та інформаційні технології”, N496, 2003. – Сс. 162–167.
8. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. – К.: Вища школа, 1983.