

МЕТОДИКА ВИБОРУ ФІЛЬТРІВ ЕКРАНУВАННЯ ДЛЯ ДЕТЕКТОРІВ ГЕЙГЕРАМЮЛЛЕРА

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі розглянуто методику вибору фільтрів екранування для детекторів Гейгера–Мюллера з метою підвищення достовірності вимірювань іонізуючого випромінювання. Проведено аналіз фізичних процесів взаємодії випромінювання з матеріалами фільтрів та досліджено вплив їхніх характеристик на ефективність реєстрації частинок різних типів. Особливу увагу приділено підбору матеріалу та товщини екранувальних фільтрів для селективного послаблення окремих компонентів випромінювання та зменшення впливу фонових завад. Запропоновано підхід до вибору фільтрів залежно від умов експлуатації та вимог до вимірювальної системи. Отримані результати можуть бути використані під час розроблення та вдосконалення дозиметричних і радіометричних приладів на основі детекторів ГейгераМюллера.

Ключові слова: лічильник ГейгераМюллера, екранувальний фільтр, алюміній, радіаційне екранування.

Abstract

This paper considers a methodology for selecting shielding filters for Geiger–Müller detectors in order to improve the reliability of ionizing radiation measurements. An analysis of the physical processes governing the interaction of radiation with filter materials was carried out, and the influence of their characteristics on the efficiency of detecting different types of particles was investigated. Particular attention was paid to the selection of the material and thickness of shielding filters for the selective attenuation of specific radiation components and the reduction of background interference. An approach to filter selection depending on operating conditions and measurement system requirements is proposed. The obtained results can be used in the development and improvement of dosimetric and radiometric instruments based on Geiger–Müller detectors.

Keywords: Geiger–Müller counter, shielding filter, aluminium, radiation shielding.

Вступ

Лічильники Гейгера–Мюллера широко застосовуються для реєстрації іонізуючого випромінювання завдяки простоті конструкції та високій надійності. Для підвищення точності вимірювань і зменшення впливу фонового випромінювання використовуються екранувальні фільтри, ефективність яких залежить від матеріалу та товщини. Тому актуальним є дослідження методів підбору фільтрів екранування для забезпечення достовірних результатів радіаційного контролю.

Метою роботи є аналіз впливу параметрів фільтрів на характеристики лічильників Гейгера–Мюллера та обґрунтування їх вибору.

Результати дослідження

Однією з проблем використання лічильників Гейгера–Мюллера є вплив бета-випромінювання на результати вимірювань. У разі наявності змішаних полів випромінювання бета-частинки можуть створювати додатковий внесок у швидкість рахунку, що ускладнює коректне визначення інтенсивності γ -випромінювання. Таке бета-засмічення призводить до збільшення похибки вимірювань і зменшення достовірності отриманих результатів. Для зменшення впливу бета-компоненти доцільним є застосування екранувальних фільтрів із матеріалів та товщин, що забезпечують ефективне послаблення бета-випромінювання при мінімальному впливі на реєстрацію γ -квантів.

Розрахунок стосується оптимальної товщини алюмінієвих фільтрів для лічильника Гейгера–Мюллера. Як еталонне джерело бета-випромінювання використовувався ізотоп ітрій-90 ($Y-90$), для якого типовою енергією бета-частинки є 2.28 MeV [1]. Для розрахунку товщини фільтра доцільно використати формулу (1) Катца–Пенфолда [2]

$$R = 0.412 E_0^{\{1.265 - 0.0954 \ln(E_0)\}} \quad (1)$$

де R – це масовий пробіг бета-частинки, що відображає кількість речовини, яку бета-частинка може пройти до повної втрати своєї енергії і вимірюється у одиницях маси на площу в г/см².

Знаючи масовий пробіг, обрахований на основі енергії бета-частинки, завдяки густоті матеріалу ми можемо визначити потрібну товщину фільтра d (2)

$$d = \frac{R}{\rho} \quad (2)$$

$$R = 0.412 \cdot 2.28^{\{1.265 - 0.0954 \ln(2.28)\}} = 1.0953 \text{ г/см}^2$$

густину алюмінію прийнято рівною 2,70 г/см³ [3].

$$d_{Al} = \frac{R}{\rho} = \frac{1.0953}{2.7} = 0.4056 \text{ см}$$

отримане значення товщини алюмінієвого фільтра може бути використане як орієнтовний параметр під час проведення вимірювань із застосуванням лічильників Гейгера–Мюллера в умовах наявності бета-випромінювання. Використання екранувальних фільтрів дає змогу зменшити вплив бета-компоненти на результати реєстрації та створює передумови для більш коректного аналізу радіаційного поля. Проведений розрахунок демонструє можливість підбору параметрів фільтра на основі енергетичних характеристик джерела випромінювання та фізичних властивостей матеріалу екрану.

Висновки

У роботі розглянуто проблему бета-засмічення лічильників Гейгера–Мюллера та можливість її зменшення шляхом використання екранувальних фільтрів. Для дослідження було обрано алюміній як матеріал фільтра та ізоотоп ітрій-90 як еталонне джерело бета-випромінювання. На основі формули Каца–Пенфолда визначено масовий пробіг бета-частинок та розраховано необхідну товщину алюмінієвого фільтра, яка становить близько 0,41 см. Отриманий результат може бути використаний для подальшого підбору параметрів екранування під час проведення радіометричних вимірювань із застосуванням лічильників Гейгера–Мюллера.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. International Atomic Energy Agency. LiveChart of Nuclides [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html> (дата звернення: 31.05.2026).
2. Katz L., Penfold A. S. Range–Energy Relations for Electrons and the Determination of Beta-Ray End-Point Energies by Absorption // *Reviews of Modern Physics*. 1952. Vol. 24, № 1. P. 28–44. DOI: 10.1103/RevModPhys.24.28.
3. Гарнець М. Матеріалознавство : підручник для студентів ВНЗ. Київ : Кондор, 2009. 386 с.

Чередниченко Володимир Володимирович – студент групи БМІ-226, Факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, djugo11@gmail.com

Павлов Сергій Володимирович – професор, д-р техн. наук, професор кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет

Cherednychenko Volodymyr V. – Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [gmail : djugo11@gmail.com](mailto:djugo11@gmail.com)

Pavlov Serhii V – Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University.

