

# ПРОТОТИП СЦИНТИЛЯЦІЙНОГО СПЕКТРОМЕТРА ДЛЯ РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ З КВАДРОКОПТЕРА

**Р.Ю. Чаплинський<sup>1</sup>, М.М. Зарицький<sup>1</sup>, Д.В. Касперович<sup>1</sup>, В.Р. Клавдієнко<sup>1</sup>, В.В. Кобичев<sup>1</sup>,  
Е.С. Петросян<sup>1</sup>, А.Р. Подвіянюк<sup>1</sup>, Р.Б. Подвіянюк<sup>2</sup>, О.Г. Поліщук<sup>1</sup>, Н.В. Сокур<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України, Київ, Україна

<sup>2</sup> Кафедра фізики, Сірак'юський університет, Сірак'юс, штат Нью-Йорк, США

Розроблено та експериментально досліджено прототип портативного сцинтиляційного  $\gamma$ -спектрометра, призначеного для дистанційного радіаційного моніторингу з використанням квадрокоптера. Детекторний модуль побудовано на основі сцинтиляційного кристала CsI(Tl) розміром  $\varnothing 45 \times 45$  мм (Amcrus, Україна) з масивом із 12 кремнієвих фотопомножувачів (SiPM) виробництва OnSemi. Оптичний контакт SiPM із кристалом забезпечується спеціалізованою оптичною змазкою. Блок-схема прототипу системи радіаційного моніторингу з квадрокоптера зображена на рис. 1. Система в зборі зображена на рис. 2 а.

Масив SiPM реалізовано у вигляді спеціально розробленої друкованої плати (рис. 2 б), на якій фотодетектори підключені паралельно до спільного навантажувального резистора. Аналоговий сигнал з масиву безпосередньо подається на вхід цифрового аналізатора імпульсних сигналів. Функцію попереднього підсилення виконує комбінація бар'єрної ємності SiPM та опору навантажувального резистора, що формує імпульс, подібний до сигналу зарядочутливого підсилювача.

Цифровий аналізатор імпульсів (DMCA) (рис. 2в) реалізовано на базі швидкого аналого-цифрового перетворювача LTC2208 та програмованої логічної інтегральної схеми XC7A100T, що забезпечує оцифрування сигналів і їх цифрову обробку з використанням трапецієподібного формування [2, 3]. Передача спектрометричних даних здійснюється за допомогою радіочастотних UART-модулів HC-12.

Детекторний блок розміщено в екранованому пластиковому корпусі, який забезпечує захист від електромагнітних завад і механічних впливів. Для зменшення впливу вібрацій застосовано демпфувальний матеріал між корпусом детекторного блоку та кристалом. Конструктивні елементи кріплення детекторного модуля до квадрокоптера виготовлено із застосуванням технології 3D-друку.

Платформа для розміщення спектрометра реалізована на базі FPV квадрокоптера з автопілотом ArduPilot, що забезпечує стабілізацію польоту, керування та передачу телеметричних даних. Обмін даними з наземною станцією здійснюється по окремих каналах для керування, відеосигналу та спектрометричної інформації. Живлення системи забезпечується акумуляторним блоком на основі шести елементів типу INR18650. Загальна злітна маса системи становить близько 2 кг, а час автономної роботи досягає 40 хвилин.

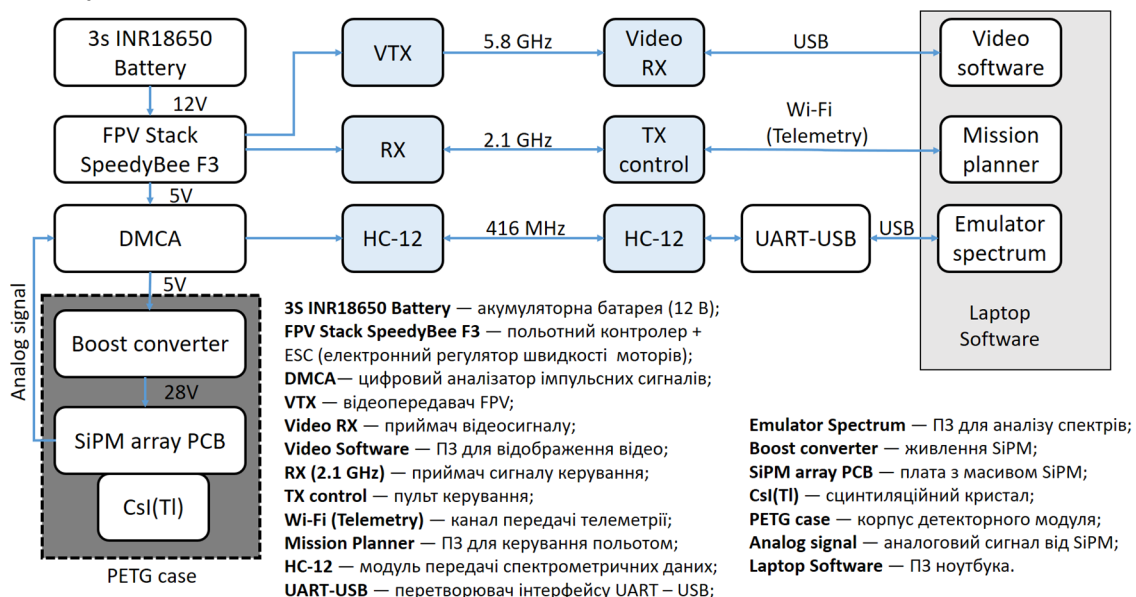


Рис. 1. Блок-схема системи.

Для керування цифровим аналізатором та обробки експериментальних даних розроблено

спеціалізоване програмне забезпечення на Python, що забезпечує реєстрацію форм сигналів, побудову енергетичних спектрів і автоматизований пошук спектральних піків.

Проведені польотні випробування показали, що розроблена система забезпечує енергетичну роздільну здатність  $\gamma$ -спектру на рівні близько 7 % для енергії 570 кеВ ( $^{207}\text{Bi}$ ) при збереженні стабільної роботи в умовах польоту (рис. 2 г). Отримані результати підтверджують перспективність використання запропонованого підходу для задач оперативного радіаційного моніторингу, екологічного контролю та локалізації джерел іонізуючого випромінювання. Подальші дослідження будуть спрямовані на оптимізацію параметрів спектрометричного модуля та підвищення ефективності системи передачі даних.

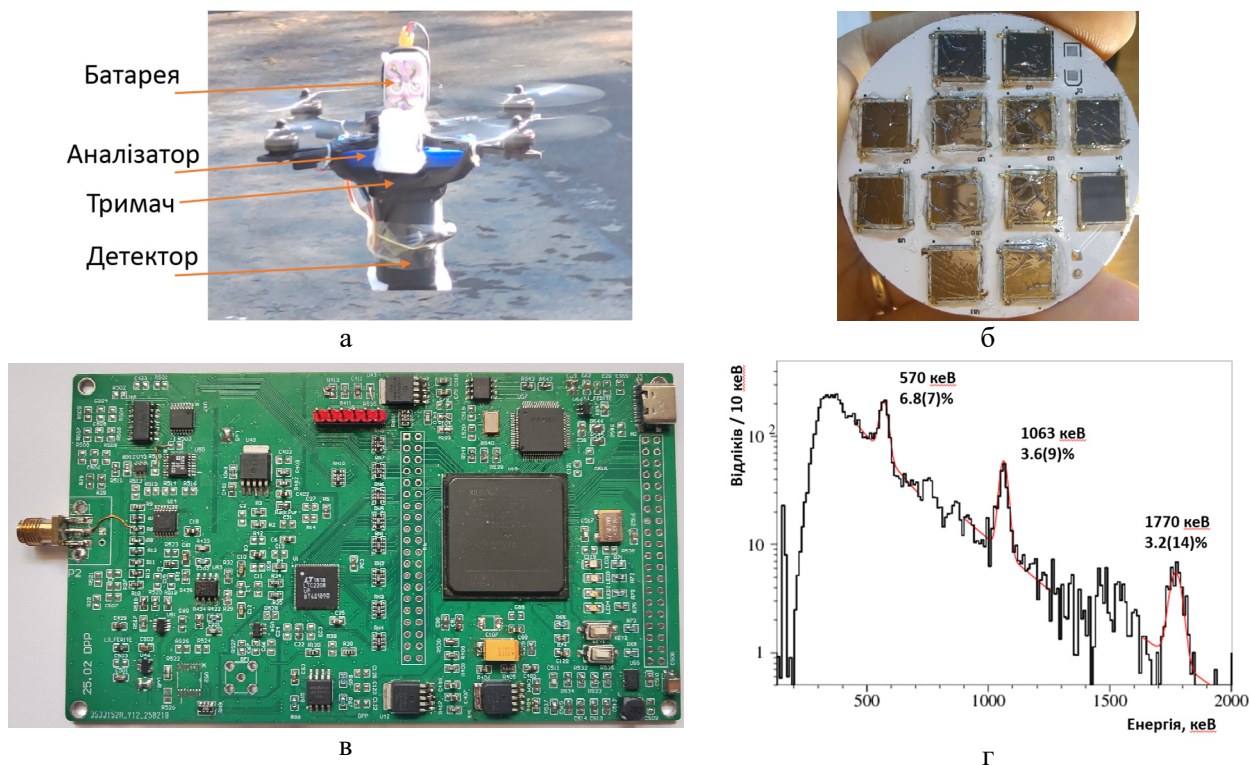


Рис 2. Елементи системи спектрометрії з квадрокоптера: а – FPV квадрокоптер на 7-дюймовій рамі з детекторним блоком, б – друкована плата з 12 SiPM, в – плата аналізатора імпульсних сигналів, г – енергетичний спектр, набраний із джерелом  $^{207}\text{Bi}$ .

1. <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/microc-series-d.pdf>.
2. Чаплинський Р.Ю., Доронін М.І., Микитюк Т.В., Петросян Е.Є. Щорічна конференція інституту ядерних досліджень НАНУ (2023).
3. Чаплинський Р.Ю., Доронін М.І., Микитюк Т.В., Петросян Е.Є. V Міжнародна конференція «Перспективи впровадження інновацій у атомну енергетику» 28-29 вересня (2023).