

## МОДЕРНІЗАЦІЯ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА НА ДРУГОМУ ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ КАНАЛІ РЕАКТОРА ВВР-М

В. Й. Берко, О. О. Грицай, В. А. Лібман

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

Розроблено, виготовлено та налагоджено схему швидких антизбігів з одним привілейованим входом для зменшення фонові підставки під піками повного поглинання гамма-квантів шляхом перетворення одного з трактів багатоканального парного спектрометра в антикомptonівський. Одержано кратність подавлення фонові підставки від 1,5 до 4 залежно від енергії гамма-променів.

У відділі нейтронної фізики на другому експериментальному горизонтальному каналі реактора ВВР-М відновлено роботи по вивченню усередненого по резонансах радіаційного захоплення нейтронів атомними ядрами (так звана ARC-реакція). При захопленні фільтрованих нейтронів ядрами інтенсивності первинних гамма-переходів розпадаються на групи залежно від спінів резонансів, що попали в діапазон енергій нейтронної лінії (див., наприклад, [1 - 3]). Але цей метод не дозволяє розділити деякі спіни, інтенсивності для яких попадають в одну групу. Ці спіни можна уточнити, якщо доповнити інформацію, одержану з вивчення первинних гамма-переходів, інформацією про співвідношення інтенсивностей вторинних гамма-переходів з ARC-реакції при різних енергіях захоплених нейтронів [4, 5].

Як відомо, всі піки повного поглинання (ППП) у гамма-спектрах, за виключенням самого високоенергетичного, знаходяться на досить високій підставці, що виникає внаслідок комптонівського розсіяння гамма-квантів у детекторі. Нижче на рис. 1 наведено гамма-спектри джерела  $^{228}\text{Th}$ , які було виміряно за допомогою *Ge(Li)*-детектора у двох режимах: звичайного однокристалного гамма-спектрометра (OCGS) та створеного антикомptonівського гамма-спектрометра (ACGS). Легко побачити, що фонові підставка під ППП суттєво зменшується при застосуванні антикомptonівського варіанта гамма-спектрометра. Для більшої наочності високоенергетичну частину спектра (на рисунку обведено рамкою) показано в іншому масштабі на рис. 2.

Зрозуміло, що статистична достовірність площі під ППП, яка пропорційна інтенсивності гамма-переходу, при підставках такого рівня суттєво знижується, а оскільки реальний ARC-спектр налічує кілька сотень набагато жорсткіших гамма-переходів і кожний з них дає свій внесок у комптонівську підставку під ППП з меншою енергією, то часто площа під ППП виявляється в декілька разів меншою, ніж площа фонові комптонівської підставки.

Для поліпшення можливості вимірювання вторинних гамма-переходів в умовах високих завантажень один з каналів багатоканального парного спектрометра [5] було переобладнано в антикомptonівський варіант гамма-спектрометра. Принцип роботи антикомptonівського гамма-спектрометра добре відомий (див., наприклад, [6]): гамма-квант, що попав у головний напівпровідниковий детектор (далі НПД = *Ge(Li)*- або *HPGe*-детектор), пропускається на реєстрацію тільки в тому випадку, якщо він не збігається з жодним гамма-квантом у допоміжних сцинтиляційних детекторах (далі СД = *NaI(Tl)*-детектор), які оточують НПД. Таким чином, якщо гамма-квант розсіявся в НПД і, вийшовши з нього, створив імпульс в одному з СД, він не реєструється в гамма-спектрі НПД.

Для переобладнання гамма-спектрометра піків подвійного вильоту («парного» гамма-спектрометра) в антикомptonівський було спеціально розроблено та виготовлено блок швидких антизбігів (БШАЗ) з одним привілейованим входом та трьома входами антизбігів. Блок було реалізовано на швидких мікросхемах серії 1554. Функціональну схему БШАЗ наведено на рис. 3.



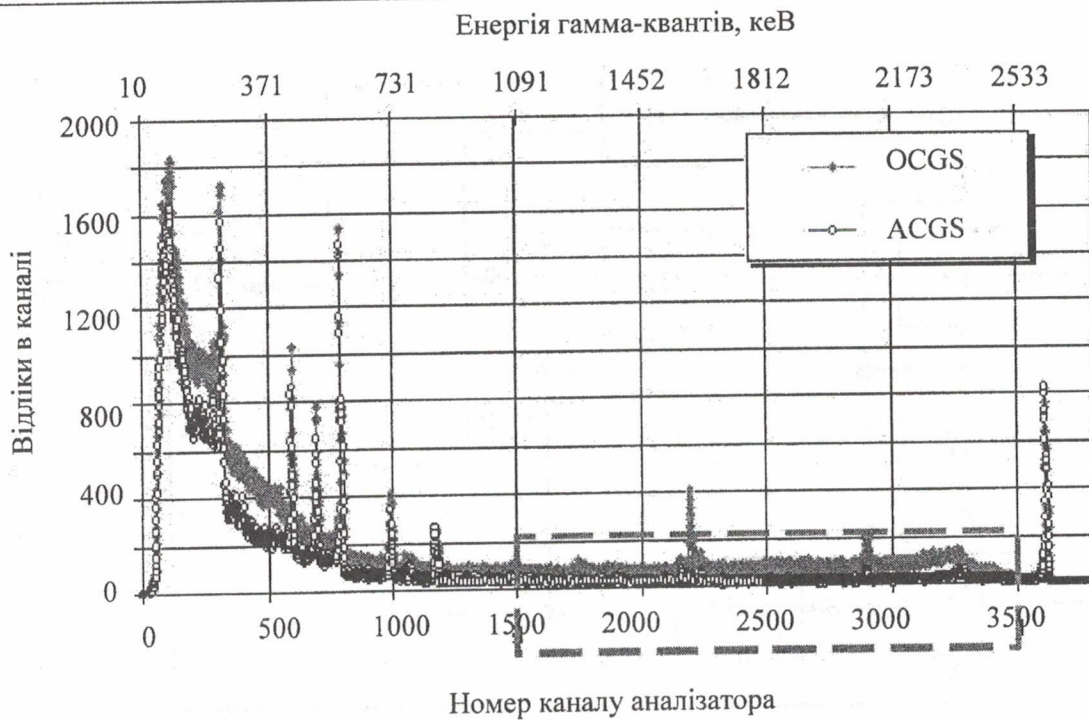


Рис. 1. Приклад гамма-спектрів  $^{228}\text{Th}$ , виміряних у режимах однокристалного (OCGS) та антикомptonівського (ACGS) гамма-спектрометрів.

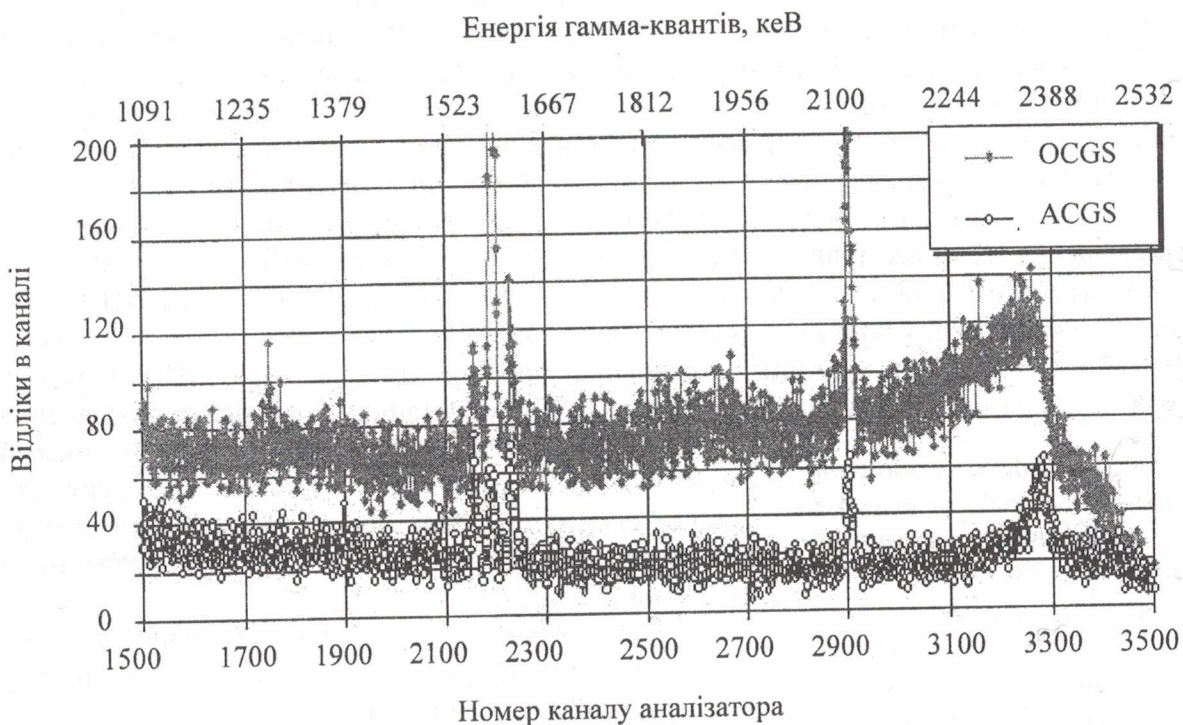


Рис. 2. Високоенергетична частина спектрів  $^{228}\text{Th}$ , виміряних у режимах однокристалного (OCGS) та антикомptonівського (ACGS) спектрометрів.

Привілейованим входом в БШАЗ є вхід Вх4 від головного НПД, на який подається імпульс із швидкого виходу спектрометричного підсилювача БУИ-3К (вихід «Счет»). На входи Вх1 та Вх2 приходять імпульси із СД, які оточують головний НПД. Вхід антизбігів Вх3 зарезервовано для подальшої модернізації схеми антикомptonівського гамма-спектрометра з використанням спеціалізованого подвійного НПД.

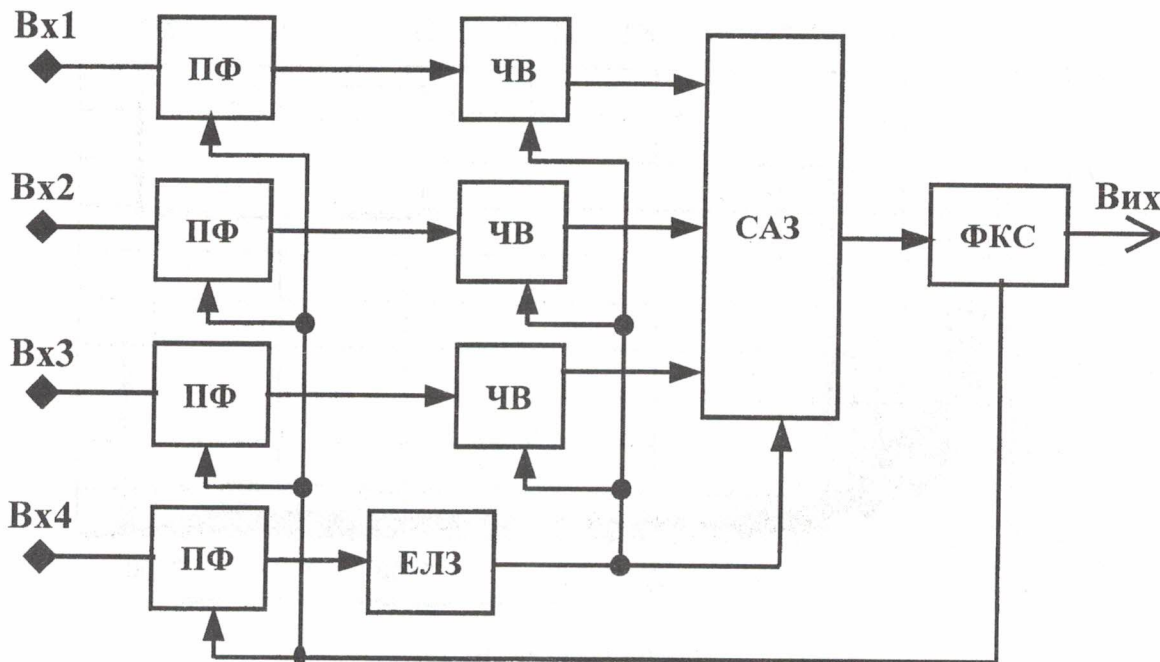


Рис. 3. Функціональна схема БШАЗ.

Підсилювачі-формувачі (ПФ) спрацьовують по передньому фронту сигналу, що надійшов, і виробляють прямокутний імпульс тривалістю 120 нс. Часові ворота (ЧВ) пропускають тільки сигнали, які випереджають привілейований сигнал або запізнюються відносно нього на  $30 \div 50$  нс. Час затримки можна змінювати залежно від характеристик попередніх та подальших блоків за допомогою електронної лінії затримки (ЕЛЗ). При відсутності сигналів у вказаному часовому інтервалі схема антизбігів (САЗ) запускає формувач керуючого сигналу (ФКС), який виробляє прямокутний імпульс дозволу тривалістю 4 мкс. Імпульс дозволу відкриває входні ворота амплітудно-цифрового перетворювача (АЦП) на час, рівний його тривалості, та блокує входи БШАЗ на цей же час.

Застосування БШАЗ дозволило знизити рівень фонового розподілу під ППП гамма-переходів у  $1,5 \div 4$  рази залежно від діапазону енергій гамма-квантів (див. табл. 1, рис. 1 та 2).

У табл. 1 наведено кратність зменшення фонові підставки під ППП у різних енергетичних діапазонах на прикладі спектра  $^{228}\text{Th}$ . Зростання коефіцієнта подавлення

Таблиця 1. Кратність зменшення рівня комптонівського розподілу за рахунок застосування антикомтонівського спектрометра

Середня енергія гамма-квантів, кеВ	Кратність зменшення фонові підставки
250 – 300	1,5
500 – 800	1,7
1000 – 1500	2,0
2000 – 2500	3,9

компонівського розподілу із зростанням енергії гамма-квантів зайвий раз підкреслює коректність роботи схеми, оскільки більш «жорсткому» гамма-кванту легше вийти за межі НПД та потрапити в чутливий об'єм СД.

Слід звернути увагу, що зменшення фонові підставки під ППП супроводжується збереженням, у межах похибок, площі ППП. У табл. 2 подано порівняння площ ППП та фонових підставок під ними для двох режимів роботи гамма-спектрометра. Можна побачити, що втрата площі спостерігається тільки для двох піків (у таблиці позначено як SEP – кратність 3,34 та DEP – кратність 4,58). Оскільки це піки одинарного та подвійного вильотів анігіляційних гамма-квантів (так звані «напівпарний» та «парний» піки), вони не належать до ППП і повинні дискримінуватися схемою швидких антизбігів. З цієї точки зору кратність



зменшення площ цих піків ще раз підкреслює працездатність та ефективність розробленої схеми. Таким чином, підвищуючи достовірність та точність визначення площі ППП, ми не тільки практично не втрачаємо статистики, а тому не повинні збільшувати час вимірювань, але й позбавляємось кратних піків, яких у реальних АРС-спектрах дуже багато, і які суттєво ускладнюють обробку та ідентифікацію.

Таблиця 2. Зменшення фонові підставки під ППП у спектрі  $^{228}\text{Th}$  у режимі антикомptonівського гамма-спектрометра

Енергія гамма-квантів, кеВ	ОГС		АКГС		Кратність ОГС/АКГС		Коментар
	Площа ППП	Фон під ППП	Площа ППП	Фон під ППП	Кратність		
					ППП	Фон	
219,4	671	12677	621	10152	1,08	1,25	Th-228
238,6	3443	16004	3249	12935	1,06	1,24	
440,7	2638	7469	2531	6053	1,04	1,23	
860,3	902	2621	1075	1810	0,84	1,45	
<b>1592,5</b>	<b>2602</b>	<b>2655</b>	<b>568</b>	<b>725</b>	<b>4,58</b>	<b>3,66</b>	<b>DEP</b>
1620,4	447	1739	531	676	0,84	2,57	<b>SEP</b>
<b>2103,5</b>	<b>1552</b>	<b>2483</b>	<b>464</b>	<b>527</b>	<b>3,34</b>	<b>4,71</b>	
2614,5	7718	2198	8026	2093	0,96	1,05	Th-228

Примітка: DEP – пік подвійного вильоту (double escape peak); SEP – пік одного вильоту (single escape peak).

На жаль, СД оточують головний НПД тільки з боків, що обмежує можливості подавлення фонові підставки під ППП унаслідок анізотропії розсіяння гамма-квантів. При використанні подвійного НПД з підключенням другого НПД до Вх3 БШАЗ кратність подавлення фонові підставки можна було б покращити щонайменше вдвічі.

На закінчення автори вважають своїм приємним обов'язком висловити подяку співробітникам відділу нейтронної фізики В. С. Бабкову та А. І. Кислицькому за допомогу у виготовленні та налагодженні блока, а також співробітнику відділу ядерної електроніки та засобів автоматизації В. О. Кісуріну за обговорення та корисні поради.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Боллингер Л.М. Гамма-кванты при захвате нейтронов // Проблемы физики ЭЧАЯ. - 1971. - Т. 2, вып. 4. - М.: Атомиздат. - С. 885 - 916.
2. Chrien R.E. The principles of Resonance-averaging Gamma-ray Spectroscopy // Neutron Capture Gamma-ray Spectroscopy and Related Topics, 1981. – Bristol: The Institute of Phys., 1982. - P. 342.
3. Кононенко И.В., Либман В.А., Мурзин А.В. и др. Спектр гамма-квантов при захвате нейтронов с энергией 2 кэВ ядром  $^{143}\text{Nd}$  // Изв. АН СССР. Сер. физ. - 1987. - Т. 51, № 5. - С. 926 - 929.
4. Koresky J., Chrien R.E. Observation of the M1 Giant Resonance by Resonance Averaging in  $^{106}\text{Pd}$  // Nucl. Phys. - 1987. - Vol. A468, No. 2. - P. 285 – 300.
5. Либман В.А. Спектры гамма-лучей при захвате резонансных нейтронов ядрами неодима-143, 145 и ванадия-50: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. - Киев, 1993. - 155 с.
6. Экспериментальные исследования полей гамма-излучения и нейтронов. - М.: Атомиздат, 1974. - 392 с.

#### МОДЕРНІЗАЦІЯ МНОГОКАНАЛЬНОГО ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА НА ВТОРОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ КАНАЛЕ РЕАКТОРА ВВР-М

В. И. Берко, Е. А. Грицай, В. А. Либман

Разработана, изготовлена и налажена схема быстрых антисовпадений с одним привилегированным входом для уменьшения фоновой подставки под пиками полного поглощения гамма-квантов путем преобразования одного из трактов многоканального

парного гамма-спектрометра в антикомптоновский. Получена кратность подавления фоновой подставки от 1,5 до 4 в зависимости от энергии гамма-лучей.

**MODERNIZATION OF MULTICHANNEL GAMMA-RAY SPECTROMETER AT  
THE SECOND HORIZONTAL CHANNEL OF REACTOR WWR-M**

**V. Y. Berko, O. O. Gritzay, V. A. Libman**

Fast anti coincidence scheme with one privileged entrance has been developed, made and adjusted for underestimation of background distribution under full absorption peaks of gamma-ray by transformation one track of multichannel pair gamma-ray spectrometer into anticompton spectrometer. Obtained suppression factor of background is from 1,5 to 4, depending on gamma-ray energy.

Надійшла до редакції 16.01.03,  
після доопрацювання – 19.02.03.