УДК 535.215

д.т.н., проф. **Мокрицкий В.А.** (ОНПУ)
д.т.н., проф. **Маслов О.В.** (ОНПУ)
к.т.н**. Банзак О.В.** (ОНАС им. А.С. Попова)

КОРРЕКЦИЯ ЗАВИСИМОСТИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ CdZnTe-ДЕТЕКТОРА ОТ ЭНЕРГИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Метою даної статті являється розробка алгоритму цифрової корекції енергетичної залежності чутливості, яка викликана залежністю чутливості CdZnTe-детектору від енергії γ-випромінювання. Експериментально визначена максимальна потужність дози, при якій мається практична можливість реалізувати алгоритм корекції з додатковою похибністю10 %.

Ключові слова: гама-випромінювання,корекція, частота імпульсів, енергетична залежність чутливості

Целью данной статьи является разработка алгоритма цифровой коррекции энергетической зависимости чувствительности, которая вызвана зависимостью чувствительности CdZnTe-детектора от энергии γ-излучения. Экспериментально определена максимальная мощность дозы, при которой имеется практическая возможность реализовать алгоритм коррекции с дополнительной погрешностью 10 %.

Ключевые слова: гамма-излучение, коррекция, частота импульсов, энергетическая зависимость чувствительности

The purpose of given clause is development of algorithm of digital correction power dependence of sensitivity which is caused by dependence of sensitivity of the CdZnTe-detector on energy □CdZnT-radiation□. The maximal capacity of a doze at which there is a practical opportunity to realize algorithm of correction with an additional error of 10 % is experimentally certain.

Keywords: scale-radiation, correction, frequency of impulses, power dependence of sensitivity

Вступление и постановка задачи. Применение CdZnTe для измерения мощности дозы ограничивается тем, что чувствительность детектора в диапазоне энергий гамма-излучения, определяемом на основании требований нормативных документов, в частности, “Правил радиационной безопасности при эксплуатации атомных станций” ПРБ АС-89, изменяется более чем в 10 раз. Для снижения погрешности, обусловленной зависимостью чувствительности CdZnTe-детектора от энергии гамма-излучения, используется цифровая коррекция выходного сигнала [1,2].

Коррекция осуществляется путем изменения частоты импульсов на выходе блока детектирования в зависимости от энергии зарегистрированного излучения E_γ:

$$n_{out} = n_{inp} \cdot K(x), \tag{1}$$

где n_{out} – частота импульсов на выходе блока детектирования, n_{inp} – частота импульсов на выходе предусилителя детектора, $K(x)$ – коэффициент изменения частоты импульсов на выходе блока детектирования, x – номер канала, соответствующего энергии E_γ.

Численное значение коэффициента изменения частоты импульсов на выходе блока детектирования определяется на основании аналитической зависимости (2) отношения чувствительности детектора к регистрируемому гамма-излучению $S(E_\gamma, x)$ и чувствительности к γ-излучению с энергией, на которой проводилась градуировка детектора $S(E_{\gamma k}, x)$:

$$\varepsilon(E_\gamma) = \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} S(E_\gamma, x) \cdot K(x) dx \Big/ \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} S(E_{\gamma k}, x) dx, \tag{2}$$

где $x_{\min}$ – номер канала, соответствующего уровню шума, $\varepsilon(E_\gamma)$ – заданная относительная зависимость чувствительности детектора от энергии.

Для практической реализации коррекции выходного сигнала блока детектирования предлагается использовать кусочно-линейную интерполяцию аналитической зависимости заданной относительная зависимость чувствительности детектора от энергии [1]:

$$\varepsilon(E_\gamma) = \begin{bmatrix} S(E_{\gamma_1}, x_1)K(x_1) \\ S(E_{\gamma_1}, x_1)K(x_1) + S(E_{\gamma_2}, x_2)K(x_2) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ S(E_{\gamma_1}, x_1)K(x_1) + S(E_{\gamma_2}, x_2)K(x_2) + \ldots + S(E_{\gamma_j}, x_j)K(x_j) \end{bmatrix} \times \frac{1}{\int_{N_{\min}}^{N_{\max}} S(E_{\gamma k}, x)dx} \qquad (3)$$

Таким образом, задача коррекции энергетической зависимости чувствительности заключается в определении значения *K(x)* для определенного энергетического диапазона зарегистрированных фотонов E_{γ_j}.

На первом этапе, при создании алгоритма цифровой коррекции энергетической зависимости чувствительности использовались данные о коэффициенте *K(x)*, приведенные в [1].

Таблица 1

Значения коэффициента *K(x)*

Δx, keV	40÷80	80÷170	170÷350	350÷450	450÷1100	1100÷1500
$K(x)$	0,015625	0,039	0,625	3,875	4,5	22

При этом относительная зависимость чувствительности детектора от энергии равна:

Таблица 2

Чувствительность детектора

E_γ, keV	59	122	166	279	392	662	835	1250
$\varepsilon(E_\gamma)$	1,03	1,00	1,05	0,99	1,04	1,02	0,93	1,00

Таким образом, погрешность, вызванная зависимостью чувствительности CdZnTe-детектора от энергии γ-излучения (“ход с жесткостью”) составляет 7 %.

Экспериментально определенная максимальная мощность дозы, при которой имеется практическая возможность реализовать указанный алгоритм коррекции с дополнительной погрешностью 10 %, составила 1 Гр/час.

На рисунке 4 приведена структурная схема блока детектирования с цифровой корректировкой “хода с жесткостью”. Разработанный детектор по габаритам и выходным сигналам совместим с БДМГ-41.

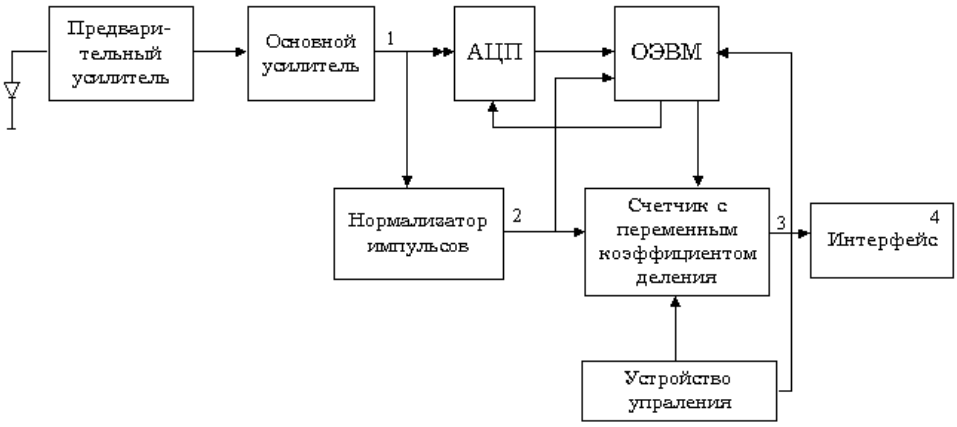

Рис. 1. Структурная схема блока детектирования на основе CdZnTe

При взаимодействии ионизирующих излучений с материалом детектора на его выходе появляются импульсы отрицательной полярности с амплитудой сигнала, пропорциональной поглощенной в кристалле энергии. Сигнал, снимаемый с кристалла детектора, поступает на предварительный зарядочувствительный усилитель. Далее сигнал усиливается в основном усилителе (ОУ) до напряжений, достаточных для работы АЦП и нормализатора импульсов. Однокристальная микро-ЭВМ и АЦП образуют анализатор спектра (в ядерной спектрометрии чаще применяется термин “многоканальный анализатор импульсов”) с последующей обработкой, для определения коэффициента изменения частоты импульсов на выходе блока детектирования, по алгоритму, описанному выше. Также на ОЭВМ поступают импульсы с нормализатора для определения скорости счета. ОЭВМ, в свою очередь, управляя счетчиком с переменным коэффициентом деления (СПКД), корректирует энергетическую зависимость чувствительности CdZnTe-детектора. С выхода счетчика скорректированные импульсы стандартной амплитуды, соответствующей уровням логического “0” и “1” используемой элементной базы поступают на узел интерфейса. Узел интерфейса преобразует указанные импульсы по длительности и амплитуде необходимой для работы канала АКРБ, который не соответствует современным стандартам передачи информации. Ввиду высокого эффективного атомного номера CdZnTe, на выходе основного усилителя (соответственно CdZnTe-детектора и предварительного усилителя) число зарегистрированных гамма-квантов больше для меньших значений энергии (см. 1 рис. 2).

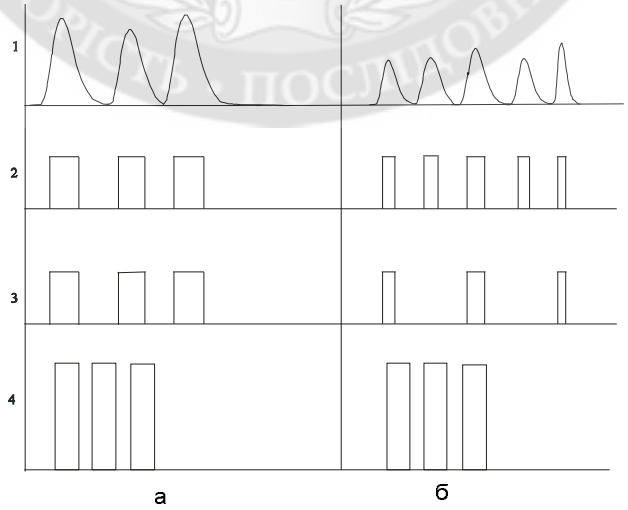

Рис. 2. Временная диаграмма работы блока детектирования на основе CdZnTe при измерении одинаковой мощности дозы для гамма-излучения различной энергии(для **б** энергия гамма-излучения меньше чем для **а**)

ЛИТЕРАТУРА:

1. Применение детекторов на основе теллурида кадмия в дозиметрии гамма-излучения / Горев В.С., Кожемякин В.А., Матвеев О.А., Фирсов М.Д., Хусаинов А.Х., Шульгович Г.И. // Приборы и техника эксперимента. – 1981. – №1. – С. 60-64.

2. Kopp M.K., Valentine K.H., Williams, J.A., Bamberger R.H. New method of gamma dose-rate measurement using energy-sensitive counters // IEEE Trans. Nucl. Sci.; Vol/Issue: NS-34:1; Nuclear science and nuclear power systems symposium; 29 Oct 1986; Washington, DC, USA

Рецензент: д.т.н., проф. Лєнков С.В.