

УДК 621.384.2

Говорун К.В.¹⁾, Ермакович О.Л.²⁾, Лисовский Г.А.²⁾, Смоловский С.С.¹⁾, Титовицкий И.А.¹⁾

ВЫРАВНИВАНИЕ РАДИАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ИОНИЗАЦИОННОЙ КАМЕРЫ В БЛОКЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ РАДИОИЗОТОПНОГО ПЛОТНОМЕРА

¹ООО “АКВАР-СИСТЕМ”, Минск;

²НИИПФП им. А. Н. Севченко БГУ, Минск

С помощью узкого пучка бета-излучения проведено сканирование в радиальном направлении сигнала цилиндрической ионизационной камеры. Полученные данные позволяют вычислить размеры и поверхностную плотность компенсирующих алюминиевых дисков и колец, располагаемых на поверхности входного окна камеры и выравнивающих ее сигнал в направлении от центра к периферии. В результате ожидается снижение погрешности контроля плотности листового материала при его вертикальном смещении в измерительном зазоре плотномера.

Одной из проблем при использовании радиоизотопного плотномера в составе сканирующей системы для непрерывного контроля массы квадратного метра движущегося бумажного полотна является минимизация систематической погрешности прибора при вертикальном смещении полотна в измерительном зазоре. Указанный сдвиг вызывает нежелательное изменение сигнала детектора, которое обрабатывающая программа ошибочно воспринимает как изменение массы (позиционная погрешность). Причина изменения сигнала: уширение первичного пучка β -частиц в результате их рассеяния в контролируемом материале и, как следствие, выход части потока в область детектора с уменьшенной чувствительностью.

Ранее нами было предложена конструкция специально коллиматора в виде пчелиных сот, устанавливаемого перед входным окном ионизационной камеры (ИК) и отсекающего рассеянные β -частицы в угол более 31° . Указанный коллиматор обеспечивал снижение позиционной погрешности в 3 раза через фиксацию размера пятна “засветки” β -потока на входном окне ИК при смещении материала в измерительном зазоре [1,2].

В настоящей работе предпринят альтернативный подход – выровнять чувствительность ИК в радиальном направлении, что повлечет за собой постоянство сигнала ИК при увеличении радиуса пятна засветки. В качестве датчика потока β -частиц использовался блок детектирования радиоизотопного плотномера ЛЕБ-1 с цилиндрической токовой ионизационной камерой LND 52024 и диаметром входного окна 70 мм. Источником β -излучения являлся блок излучателя плотномера с закрытым источником КАСВ 14466 заполненного радионуклидом $Kr-85$ активностью 14,8 ГБк. В качестве листового материала использовались аттестованные меры поверхностной плотности (МПП) на основе лавсановых дисков по ГОСТ 8.171-75 [3]. Градуировка плотномера осуществлялась с помощью указанных мер, которые располагались в измерительном зазоре в штатной позиции.

Для исследования радиальной чувствительности ИК применялся специально изготовленный держатель источника $Kr-85$ с узким коллимационным отверстием, обеспечивающим растр β -пучка порядка 6° . Держатель с источником передвигался с шагом 2 мм в плоскости параллельной входному окну ИК на удалении от него 9 мм. Текущий сигнал нормировался на сигнал, соответствующий центру входного окна.

На рисунке 2а приведены результаты сканирования чувствительности ИК в радиальном направлении. Экспериментальные точки аппроксимированы зависимостью (кривая 1):

$$\vartheta(\rho) = 0,0578 + \exp\left(\frac{2,1}{\rho-35}\right) \quad (1)$$

Выравнивание чувствительности может быть осуществлено за счет расположения на поверхности входного окна ИК компенсатора (рисунок 1) в виде центрального диска и набора концентрических колец, ослабляющая способность которых по отношению к β -излучению уменьшается в радиальном направлении через пилообразную функцию $\vartheta_k(\rho)$, показанную на рисунке 2 (кривая 2). Предлагаемый компенсатор может быть изготовлен из

алюминиевой фольги с разной приведенной массой (г/м^2). Его внешний вид показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид компенсатора. Радиус центрального диска 5 мм; внутренние радиусы концентрических колец, мм: 5, 10, 15, 20; поверхностная плотность г/м^2 , соответственно: 45, 41, 36, 29, 18.

Нормированный сигнал ИК без компенсатора и с ним определяется средним значением функций $\vartheta(\rho)$ и $\vartheta_k(\rho)$ при интегрировании в круге засветки радиуса R:

$$\bar{\vartheta} = \frac{1}{\pi R^2} \cdot \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^R \vartheta(\rho) \cdot \rho \cdot d\rho \quad (2)$$

$$\bar{\vartheta}_k = \frac{1}{\pi R^2} \cdot \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^R \vartheta_k(\rho) \cdot \rho \cdot d\rho \quad (3)$$

Результат интегрирования (2), (3) при изменении параметра R (предела интегрирования) представлены на рисунке 2б. Видна существенная стабилизация сигнала ИК (кривая 2) при увеличении радиуса засветки в случае наличия компенсатора.

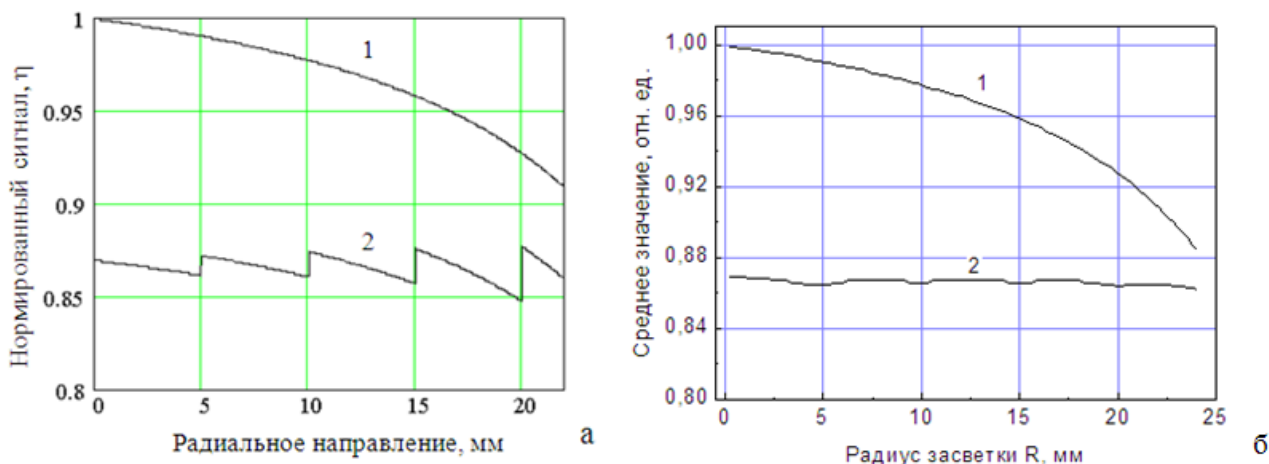


Рисунок 2 – Зависимость нормированного сигнала ИК при сканировании ее окна узким зондирующим пучком β -излучения (а) и зависимость нормированного сигнала ИК от радиуса засветки рабочим β -пучком. 1- без компенсатора, 2- с компенсатором.

Результаты расчета показывают, что представленный выше компенсатор на входном окне ионизационной камеры может на порядок уменьшить позиционную погрешность плотномеров, т.е. снизить ее до $0,8 \text{ г/м}^2$.

Список литературы

1. Ермакович О. Л., Лисовский Г. А., Кучинский П. В., Титовицкий И. А. Повышение точности измерений радиоизотопного плотномеров // Приборы и методы измерений. – 2015. – №1(10). – С70-75.
2. Ермакович О. Л., Лисовский Г. А., Титовицкий И. А. Рассеяние бета-излучения листовым материалом в измерительном зазоре радиоизотопного плотномеров // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: Тр. 5-й Междунар. научно-технич. конф./г. Могилев (24-25 сентября 2014 г.). – С172-173.
3. ГОСТ 8.171-75 Меры поверхностной плотности для радиоизотопных толщиномеров. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов. – 1975. – 36 с.