

## ФОРМИРУЮЩАЯ РЕШЕТКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИОИЗОТОПНОГО ПЛОТНОМЕРА

Обсуждаются причины возникновения погрешности радиоизотопного измерителя массы при смещении блока источника и блока детектирования от измерительной оси. Для минимизации указанной погрешности предлагается использовать формирователь потока бета-частиц в виде решетки.

При использовании радиоизотопного плотномера в составе сканирующей системы непрерывного контроля массы квадратного метра бумажного полотна может происходить нарушение соосности блоков прибора, что сопровождается ростом погрешности измерений. Сдвиг блока детектирования (БД) относительно блока источника (БИ) в горизонтальной плоскости вызывает нежелательное изменение сигнала детектора, которое обрабатывающая программа ошибочно воспринимает как изменение массы. Причины изменения сигнала две: первая из них обусловлена неравномерной радиальной чувствительностью детектора к тестирующему потоку бета-частиц, а вторая – уширением первичного пучка в результате рассеяния частиц в контролируемом материале и, как следствие, выходом части потока в малочувствительную область детектора или вообще за его пределы. Именно рассеяние бета-частиц обуславливает чувствительность получаемой информации к геометрии измерительного тракта, что нашло подтверждение в экспериментах по измерению коэффициента поглощения бета-частиц [1].

В плотномерах, разработанных компаниями “LSC” и “MANLO”, эта трудность преодолевается методом автоматического введения поправки на результат измерения. Для этого используется многопозиционный полупроводниковый датчик потока частиц, который отслеживает нарушение соосности и передает полученные данные программе, генерирующей указанные выше поправки. К сожалению, разработчики данного метода не касаются другой проблемы: вопросов радиационной деградации применяемых датчиков в поле излучения источника Кr-85.

В разрабатываемых нами плотномерах используются ионизационные камеры, снимающие вопросы по радиационной стойкости, однако не позволяющие отслеживать координаты смещений. Поэтому был выбран другой путь – максимально снизить позиционную чувствительность плотномера, отсекая значительную часть рассеянных частиц разработанным нами решетчатым формирователем (коллиматором). Решетка представляет собой круглую пластину с набором отверстий, обладающих трансляционной симметрией в планарной плоскости пластины. Принцип действия коллиматора иллюстрирует рисунок 1а; внешний вид устройства показан на рисунке 1б. Диаметр его активной части – 50 мм, глубина и диаметр каждого из отверстий – 6 и 8 мм соответственно. Диаметр входного окна ионизационной камеры – 80 мм, а входного окна блока детектирования – 72 мм. В качестве источника бета-частиц используется закрытый источник Кr-85 активностью 14,8 ГБк.

Расчет пропускной способности коллиматора проведем на основе следующих геометрических соображений. Пусть в точке  $z_0$  (рис. 1в) расположен точечный изотропный источник, излучающий бета-частицы в телесный угол  $4\pi$ , а на удалении “а” по оси  $x$  расположена ось коллимационного отверстия (КО) (рис. 1в). Зона пропускания (прозрачности) КО при косом падении частиц представляет собой фигуру в виде двух симметричных круговых сегментов. Указанная фигура является областью пересечения двух кругов с радиусами  $r_0$ , сдвинутых относительно друг друга на расстояние  $\Delta$ .

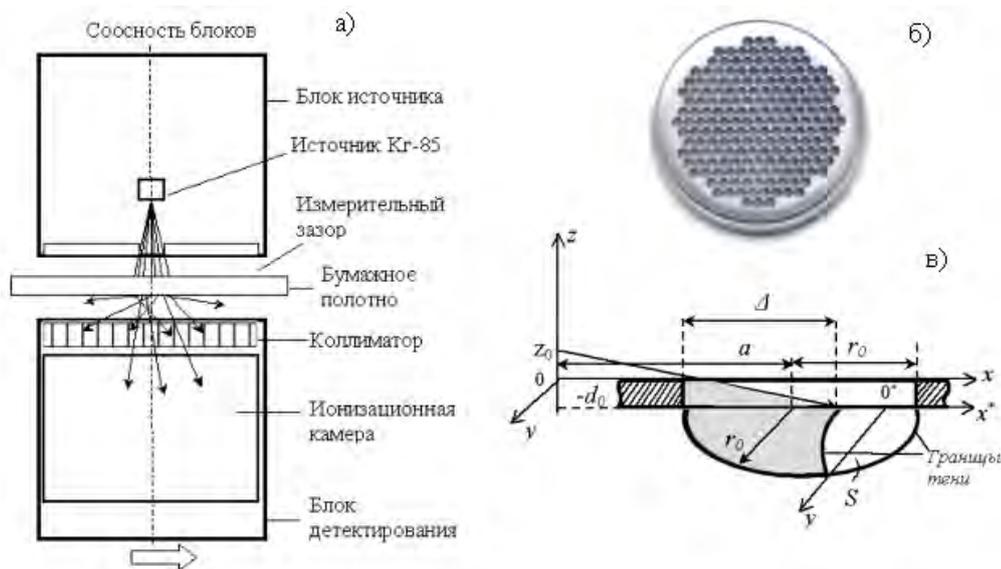


Рисунок 1. Блок-схема плотномера (а), коллиматор (б) и иллюстрация к расчету (в)

Значение  $\Delta$  определяется проекцией на ось X тени, отбрасываемой стенкой КО:

$$\Delta = d_0 \cdot z_0^{-1} \cdot (a + r_0 - x),$$

где  $r_0$  и  $d_0$  – радиус и глубина КО. Площадь сегментов, формирующих зону прозрачности –

$$S = 4 \cdot \int_0^{r_0 - \Delta/2} \sqrt{r_0^2 - (x^* + (\Delta/2))^2} \quad (1)$$

Расчет по формуле (1) дает при  $z_0=5$  мм полное перекрытие потока при  $x=3,2$  мм. Этот результат указывает на то, что диаметр  $\beta$ -пучка на входном окне ионизационной камеры будет равен диаметру пучка на полотне, увеличенному на 3,2 мм и составит 38,3 мм. Полученное значение обеспечивает удержание потока на окне БД с запасом 33,7 мм.

Проверка эффективности действия коллиматора осуществлена с помощью калиброванной меры с номинальным значением массы  $32 \text{ г/м}^2$  и величиной смещения БИ относительно БД равной 4мм. Получены следующие значения погрешности: в случае применения коллиматора –  $0,4 \text{ г/м}^2$ , а без него –  $4,8 \text{ г/м}^2$ .

Представленный предварительный результат оправдывают “геометрический” подход к решению проблемы позиционной чувствительности БД и позволяют наметить дальнейшие пути по улучшению точностных характеристик радиоизотопного плотномера.

#### Список литературы

1. E. Vapirev, P.Grovez, N. Klasteva, T. Jordanov. Variations of the absorption coefficients in experiments with beta-particles // Bulgarian Journal of Physics, 23, No 1/2, 17-26.

The reasons of occurrence of an error of a radioisotope measuring instrument of weight are discussed at displacement of the block of a source and the block of detecting from a measuring axis. For minimization of the specified error it is offered to use the shaper of a stream of beta particles in the form of a lattice. The specified lattice represents a round plate with a set of the apertures possessing transmitting symmetry in a planar plane of the shaper.

*Лисовский Г.А., с.н.с. НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, Минск, Беларусь.*