

ОБЩЕЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЧЕСКОГО γ-γ-АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА

В. В. Жихарев, Б. С. Кобяков

Одесса

В работе [1] получено соотношение, дающее функциональную связь между потоком рассеянного γ-излучения (I_p) и концентрацией анализируемого вещества (P_a) в бинарных и квазибинарных средах. Однако при принятых допущениях это соотношение дает только качественную связь между I_p и P_a .

Для решения ряда инженерных задач необходим теоретический расчет чувствительности и погрешности γ-γ-анализа состава. Найдем соотношение, дающее как качественную, так и количественную зависимость между I_p и P_a .

На рисунке показаны геометрические условия измерения методом γ-рассеяния. Пусть детектор расположен в точке 0, а точечный источник в точке X_0 . Источник и детектор находятся в среде 1 в условиях прямой видимости. Рассеивателем является анализируемая среда 2. Детектор расположен на расстоянии h от поверхности анализируемой среды.

Известно [2], что интенсивность излучения точечного монохроматического источника подчиняется следующему закону:

$$I_0 = \frac{A_q F}{4\pi r_0^2}, \quad (1)$$

где A — активность, *расп/сек*;
 q — выход γ-квантов на распад;
 E — энергия начальных γ-квантов.

Интенсивность излучения в точке C , лежащей внутри среды 2 с учетом поглощения в ней

$$I_1 = \frac{A_q E}{4\pi r_0^2} e^{-\mu_0 d_0}, \quad (2)$$

μ_0 — линейный коэффициент поглощения первичных γ-квантов;

d_0 — путь первичных γ-квантов от поверхности среды 2 до точки C .

Интенсивность излучения в точке 0 рассеянного элементарным объемом dV с центром в точке C

$$dI_{p_s} = I_1 \frac{R_0^2}{r^2} \cdot \frac{1 + \cos^2 \psi}{2} n dV, \quad (3)$$

где R_0 — классический радиус электрона;

ψ — угол рассеяния γ-квантов;

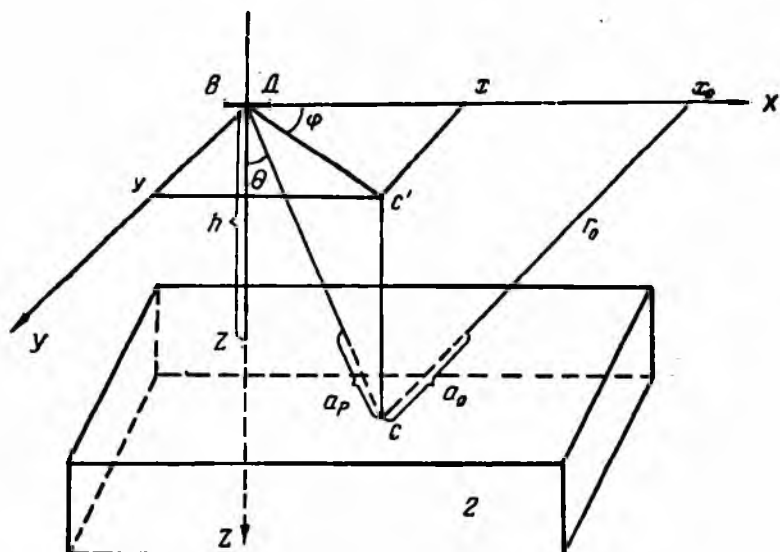
n — плотность электронов.

С учетом поглощения рассеянного излучения средой 2 формула (3) примет вид

$$dI_0 = I_1 \frac{R_0^2}{r^3} \cdot \frac{1 + \cos^2 \psi}{2} n e^{-\mu_p d_p} dV, \quad (4)$$

где μ_p — линейный коэффициент поглощения рассеянного γ -кванта в среде 2;

d_p — путь вторичного γ -кванта от точки C до поверхности среды 2.



Формула (4) справедлива для случая, когда единичная площадка BD детектора расположена нормально к рассеянному излучению. Если в более общем случае площадка BD расположена в плоскости XY , то формулу (4) необходимо умножить на $\cos \theta$

$$dI = I_1 \frac{R_0^2}{r^3} \cdot \frac{1 + \cos^2 \psi}{2} n \cos \theta e^{-\mu_p d_p} dV. \quad (5)$$

Подставив в (5) значение I_1 из (2), и выражая r_0 , d_0 , ψ , d_p и dV через сферические координаты φ , θ и r , запишем формулу (5) в интегральной форме

$$I_0 = \frac{A_0 E R_0^2 n}{8\pi} \int_{\frac{h}{\cos \theta}}^{\infty} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{2\pi} \frac{e^{-\mu_p \sqrt{r^2 + X_0^2 - 2rX_0 \sin \theta \cos \varphi} \left(1 - \frac{h}{\cos \theta}\right)}}{r^2 + X_0^2 - 2rX_0 \sin \theta \cos \varphi} \times \\ \times \left[1 + \cos^2 \left(\pi - \arcsin \frac{X_0 - r \sin \theta \cos \varphi}{r^2 + X_0^2 - 2rX_0 \sin \theta \cos \varphi} - \arcsin \right) \times \right. \\ \left. \times (\sin \theta \cos \varphi) \right] e^{-\mu_p \left(r - \frac{h}{\cos \theta} \right)} dr \sin \theta \cos \theta d\theta d\varphi. \quad (6)$$

Для конкретных инженерных задач автоматического анализа состава γ — γ -методами формула (6) с использованием вычислительных машин позволяет следующее:

- 1) рассчитать теоретическую ошибку измерения;
- 2) определить теоретическую пороговую чувствительность метода;
- 3) найти оптимальную геометрию измерения;
- 4) правильно выбрать энергию первичного γ -излучения;
- 5) определить условия для получения минимальной погрешности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. С. Кобяков. К теории автоматического анализа состава с использованием рассеянного гамма-излучения. Сб. «Приборы и системы автоматики», вып. 5. Изд-во ХГУ, Харьков, 1967.
 2. О. Н. Лейпуцкий и др. Распространение гамма-квантов в веществе. Физматгиз, 1960.
-