

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ИНТРОСКОПА

А. П. ШПАГИН, В. А. МАЛЬЦЕВ, Г. А. КУЧЕР

(Представлена объединенным научным семинаром секторов ДСМ и МРД).

Создание современных систем непрерывного автоматического контроля предполагает разработку наиболее перспективных радиационных методов неразрушающего контроля. Таковым является телевизионный радиационный метод, имеющий наибольшую эффективность регистрации излучения, высокую производительность и удобство в работе.

Дальнейшее развитие этого метода требует исследования чувствительности в зависимости от основных параметров телевизионного интроскопа. В работах [1, 2] разработаны определенные методы расчета чувствительности телевизионных интроскопов.

Теоретическое исследование интроскопа сводится к построению математической модели, отражающей основные представления о физических процессах в канале интроскопа, и оптимизации ее по совокупности основных параметров.

Для характеристики чувствительности интроскопа выбраны контраст минимального дефекта K и отношение сигнал/шум ψ , характеризующее вероятность обнаружения дефекта [2].

$$K = \frac{w_c}{w_\phi}; \quad (1) \quad \psi = \frac{w_c}{\sqrt{\Delta^2 w_\phi}}; \quad (2) \quad w_c = N_0 \cdot \Pi \cdot l \cdot \mu(E_0) \quad (3)$$

$$w_\phi = N_0 \left[\Pi + \text{const} \int_0^{E_0} N \cdot \Pi dE \right] \quad (4)$$

$$\Delta^2 w_\phi = N_0 \left[\Pi_\Delta + \text{const} \int_0^{E_0} N \cdot \Pi_\Delta dE \right] \quad (5)$$

$$N_0 = s \cdot t \cdot N_s \cdot e^{-x \cdot \mu(E_0)} \quad (6)$$

$$N = N_1 = \left[\frac{E_0}{E} + \frac{E}{E_0} + \cos^2 \Theta - 1 \right] \frac{1 - e^{\frac{x \cdot \mu(E_0) - x \mu(E)}{\cos \Theta}}}{\mu(E) - \mu(E_0) \cos \Theta}, \quad (7)$$

где $\cos \Theta = 1 + \frac{mc^2}{E_0} - \frac{mc^2}{E}$, $\text{const} = \frac{0,069 \mu c^2}{E_0^2}$

Эти величины определены для площади s элемента разложения за время t кадра. N_0 и N — спектры по числу квантов нерассеянного и рассеянного излучения за барьером, полученные от N_s -квантов, падающих на единицу площади нормально к поверхности барьера; $\mu(E)$ — коэффи-

коэффициент ослабления излучения с энергией E материалом барьера; x — толщина барьера; l — лучевой размер дефекта; ω_c — средняя энергия сигнала на преобразователе; ω_f и $\Delta^2\omega_f$ — энергия фона (барьер без дефекта) и ее среднеквадратичная флуктуация. Величины Π и Π_Δ , характеризующие среднюю энергию, поглощенную в преобразователе, нормированы на один квант, падающий нормально к поверхности экрана. Вычисление $\Pi(E)$ и $\Pi_\Delta(E)$ рассмотрено в работе [3].

Модель содержит набор блоков (программ), соответствующих звеньям интроскопа, и организующую программу, которая отражает блок-схему интроскопа. Все расчеты выполнены на машине М-20.

Для обработки модели выбран простой интроскоп, состоящий из источника излучения, монокристаллического экрана и идеальной телевизионной системы. Для упрощения взят моноэнергетический источник излучения, в блоке N учитывается только первое столкновение. Для набора толщин x барьера из железа и ряда толщин x_0 монокристаллического экрана CsI(Tl) получены зависимости контраста и отношения сигнал/шум на выходе преобразователя в диапазоне энергии E_0 источника до 30 Мэв.

На рис. 1 представлена зависимость $K(E_0)$ в логарифмическом масштабе для толщин барьера 0,1, и 10 см и экрана 0,5 см. Пунктирные кривые соответствуют полному поглощению энергии в экране при втором столкновении. Отсюда следует, что отбрасывание третьего и следующих столкновений в экране вносит в контраст изображения ошибку не более трех процентов.

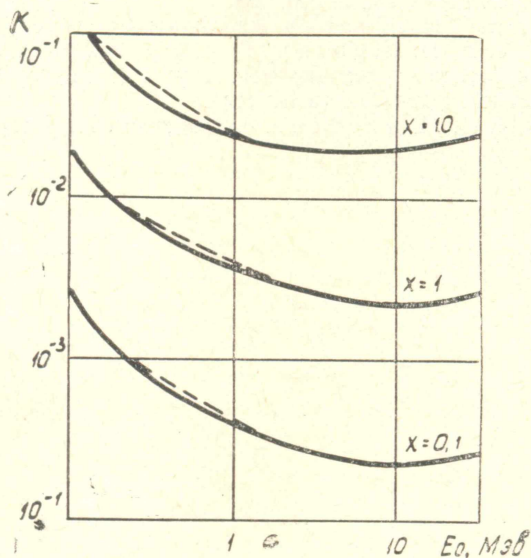


Рис. 1. Зависимость контраста на монокристаллическом экране CsI(Tl) толщиной 0,5 см от энергии излучения

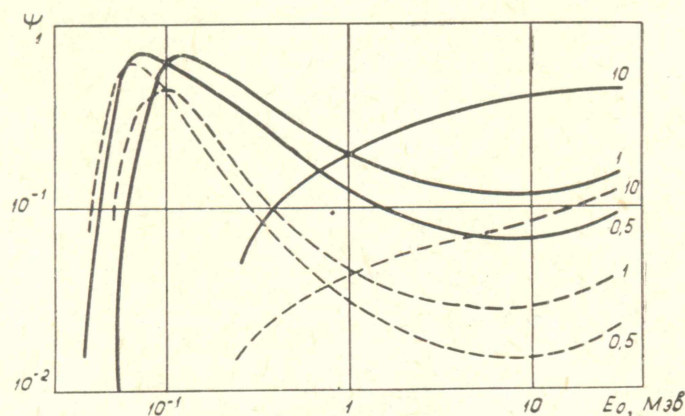


Рис. 2. Зависимость отношения сигнал/шум на выходе преобразователя от энергии излучения

На рис. 2 приведена зависимость $\psi(E_0)$ для толщин барьера 0,5, 1 и 10 см и экрана 0,1 см (пунктирные кривые) и 2 см. При расчете при-

нято $1/x = 0,01$, $N_{st} = 10^6$. Характерный максимум чувствительности достигается при оптимальном сочетании величин x и E_0 , что аналогично соотношению $\mu \cdot x = 2$, указанному в [4]. Для толщины барьера 10 см такого оптимума нет, так как для железа $\mu(E_0) > 0,2$.

Более сложной представляется задача при дальнейшей разработке математической модели определить оптимальные соотношения основных параметров интроскопа для обеспечения максимального значения ψ .

ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Якобсон. Сборник «Труды института металлургии им. А. А. Байкова АН СССР», вып. 8, стр. 188.
 2. А. П. Шпагин. Кандидатская диссертация, Томск, 1967.
 3. А. П. Шпагин, Г. А. Кучер, В. А. Мальцев. Оценка эффективности монокристаллических экранов. Труды II Межвузовской конференции по неразрушающим методам контроля (в печати).
 4. А. М. Якобсон. «Заводская лаборатория», 31, № 3, 1965, стр. 318.
-