

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ПРЕОБРАЗУЮЩЕГО ЭКРАНА НА ПЛОТНОСТЬ ПОЧЕРНЕНИЯ И РАЗМЫТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ ФОТОГРАФИЧЕСКОМ МЕТОДЕ РЕГИСТРАЦИИ НЕЙТРОНОВ

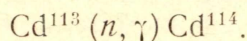
В. И. ГОРБУНОВ, Г. Ш. ПЕКАРСКИЙ

(Представлено научным семинаром НИИ ЭИ)

В работе предложена методика расчета оптимальной толщины преобразующего экрана и проведен расчет для экрана из кадмия.

Целью данной работы является исследование влияния толщины преобразующего экрана на плотность почернения и размытие изображения при фотографическом методе регистрации нейтронов.

В качестве материала для преобразующего экрана был выбран кадмий, имеющий большое сечение взаимодействия с тепловыми нейтронами:



При точечной коллимации нейтронного потока N_0 точке его падения на поверхности экрана соответствует излучающая нить, актив-

ность которой спадает с толщиной по экспоненте. Под действием вторичного γ -излучения на пленке образуется изображение, плотность почернения которого спадает от геометрического центра и связана с толщиной преобразующего экрана.

Как и в рентгеновской радиографии [1], за точечное изображение нами была принята область радиуса $R_0 = 0,03$ мм.

Для расчетов преобразующий экран разбивался по толщине на n участков, и затем оценивался вклад, который

вносит каждый участок $\frac{l}{n}$

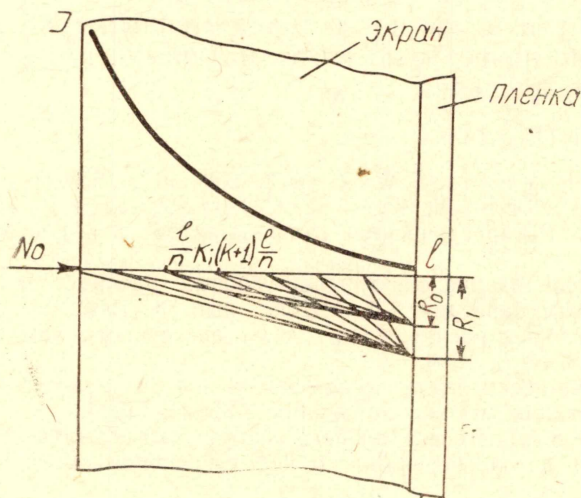


Рис. 1.

в плотность почернения и величину размытия изображения (рис. 1). Формула для вычисления плотности почернения точечной области была получена из следующих соображений: вероятность попадания одного кванта из участка $\left(\frac{l}{n}\right)_k$ в область радиуса R_0 может быть записана

$$\omega_{\kappa} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \cos \arctg \frac{R_0}{l - \kappa} \right),$$

а число квантов на участке $\left(\frac{l}{n} \right)_{\kappa}$ может быть определено как

$$N_{\kappa} = N_0 \cdot \int_{\kappa}^{\kappa + \frac{l}{n}} e^{-\mu x} dx;$$

(1a)

$$\kappa = 0, \frac{l}{n}, \frac{l}{n} \cdot 2, \dots, \frac{l}{n} \cdot (n-1).$$

Суммирование по всем участкам определяет число квантов, попавших в область радиуса R_0

$$A_0 = \frac{N_0}{2} \cdot \sum_0^{\frac{l}{n} \cdot (n-1)} \left(1 - \cos \arctg \frac{R_0}{l - \kappa} \right) \cdot \int_{\kappa}^{\kappa + \frac{l}{n}} e^{-\mu x} \cdot dx, \quad (1)$$

где

N_0 — число падающих нейтронов,

μ — линейный коэффициент поглощения нейтронов кадмием,

$R_0 = 0,03$ мм.

Основные допущения в данном методе расчета состоят в том, что угловое распределение γ -квантов принимается изотропным (согласно теории ядерных реакций через составное ядро) и поглощение этого излучения в материале экрана пренебрежительно мало (для $l = 0,4$ мм

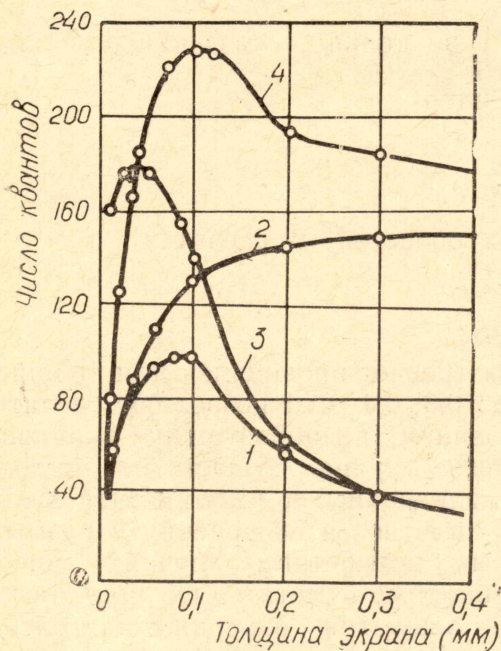


Рис. 2.

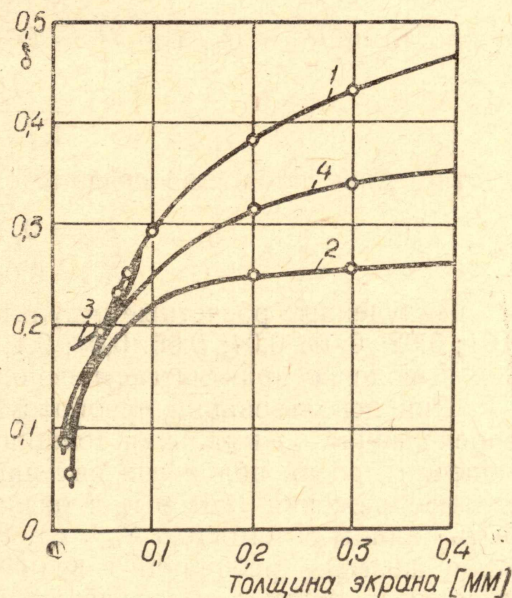


Рис. 3.

потери составляют 0,3%). По данной методике нами были проделаны расчеты плотности почернения для четырех возможных способов использования преобразующих экранов. Результаты этих расчетов представлены на рис. 2. На нем фронтальному расположению экрана соот-

ветствует кривая 1; фронтальное расположение пленки представлено кривой 2; кривая 3 соответствует «сэндвичу» из двух экранов и пленки, причем варьировалась толщина переднего экрана, а толщина заднего была выбрана оптимальной (по кривой 2); и, наконец, кривая 4 соответствует «сэндвичу» из двух пленок и одного экрана. Для того, чтобы охарактеризовать величину размытия изображения, нами было введено понятие «относительного почернения», под которым мы понимаем отношение плотности почернения области, ограниченной радиусами R_1 и R_0 , к плотности почернения точечной области. На рис. 3 представлена зависимость относительного почернения от толщины экрана для всех четырех вышеперечисленных случаев.

Расчет проводился по формуле.

$$\delta = \frac{\sum_0^{\frac{l}{n} \cdot (n-1)} \left(\cos \arctg \frac{R_1}{l-\kappa} - \cos \arctg \frac{R_0}{l-\kappa} \right) \cdot \int_{\kappa}^{\kappa + \frac{l}{n}} e^{-\mu x} \cdot dx}{\sum_0^{\frac{l}{n} \cdot (n-1)} \left(1 - \cos \arctg \frac{R_0}{l-\kappa} \right) \cdot \int_{\kappa}^{\kappa + \frac{l}{n}} e^{-\mu x} \cdot dx} \times \frac{R_0^2}{R_1^2 - R_0^2}, \quad (2)$$

где δ — относительное почернение;

член

$$A_1 = \frac{N_0}{2} \cdot \sum_0^{\frac{l}{n} \cdot (n-1)} \left(\cos \arctg \frac{R_1}{l-\kappa} - \cos \arctg \frac{R_0}{l-\kappa} \right) \cdot \int_{\kappa}^{\kappa + \frac{l}{n}} e^{-\mu x} \cdot dx$$

дает число γ -квантов из участка $\left(\frac{l}{n} \right)_{\kappa}$ в кольцо, ограниченное окружностями R_1 и R_0 , где $R_1 > R_0$, а член

$$\frac{R_0^2}{R_1^2 - R_0^2}$$

— отношение площадей сравниваемых областей. В расчетах

$$R_0 = 0,03 \text{ мм},$$

$$R_1 = 0,04 \text{ мм}.$$

Полученные расчетные результаты (расчет проводился для толщин 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,06; 0,08; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 мм) позволяют сделать ряд выводов о практическом использовании преобразующих экранов.

При использовании преобразующего экрана существует вполне определенная оптимальная толщина, являющаяся компромиссной в отношении противоположных явлений — плотности почернения и размытия изображения (которые в различных конкретных случаях могут быть заданы с помощью R_0 и σ). Необходимо отметить, что при отсутствии жестких требований к величине размытия изображения оптимальная толщина для получения максимальной плотности почернения пленки сдвигается в сторону больших толщин.

При $R_0 \rightarrow \infty$ (при регистрации потока нейтронов) кривая имеет насыщающийся характер. Однако с некоторой толщины наблюдается спад в ходе кривой, обусловленный ростом эффекта самопоглощения γ -излучения.

Рис. 4 иллюстрирует эту трансформацию кривой (цифры у кривых означают величину принятой точечной области R_0).

В сравнении с фронтальным задний экран является более предпочтительным как с точки зрения величины плотности почернения (повышается в 1,4 раза), так и с точки зрения величины размытия (на 16% меньше), однако, кривая при этом имеет насыщающийся характер. Использование «сэндвича» из двух экранов и пленки позволяют еще больше повысить плотность почернения (1,9 раза) и уменьшить величину размытия (на 23%). «Сэндвич» из двух пленок и одного экрана дает плотность почернения в 2,4 раза больше, при этом относительное почернение остается прежним.

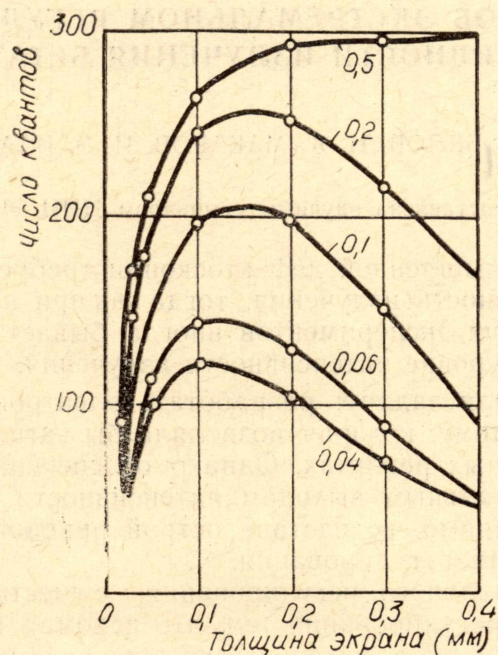


Рис. 4.

В работе [2] приведены экспериментальные данные, которые лишь качественно подтверждают наши выводы о влиянии толщины экрана на плотность почернения и размытие изображения, но не позволяют дать количественной оценки этого влияния.

Вопрос об использовании «сэндвича» из двух пленок и одного экрана в нейтронографии до настоящего времени в литературе не освещался. Однако именно этот метод, как показывают наши расчеты, является наиболее эффективным при фотографическом методе регистрации нейтронов.

Приведенная методика расчета позволяет проводить выбор оптимальной толщины экрана в зависимости от конкретных условий работы и основных требований, предъявляемых к качеству изображения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Промышленная радиография под редакцией У. Дж. Уайлтшайра.
2. H. Berger; I. Appl. Phys. 33 № 1, 48—55, 1962.