

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

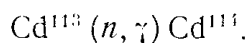
В. И. ГОРБУНОВ, Г. Ш. ПЕКАРСКИЙ

(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-

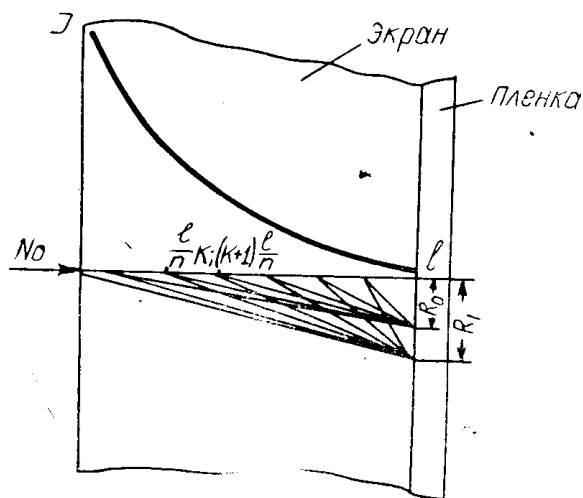


Рис. 1.

ность которой спадает с толщиной по экспоненте. Под действием вторичного  $\gamma$ -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  $\frac{l}{n}$

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,
- $\mu$  — линейный коэффициент поглощения нейтронов кадмием,
- $R_0 = 0,03$  мм.

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

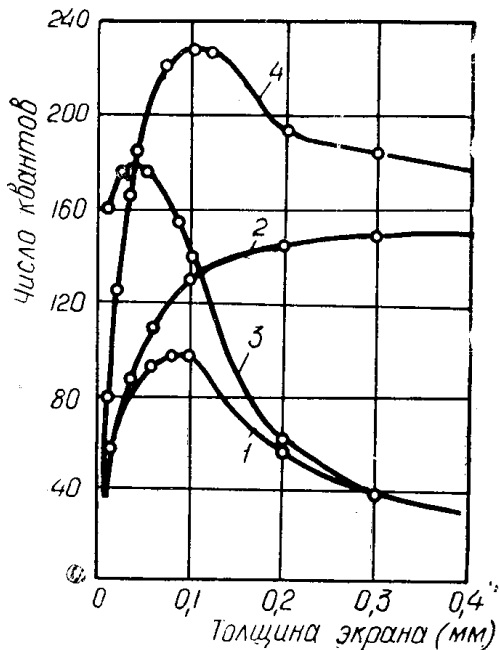


Рис. 2.

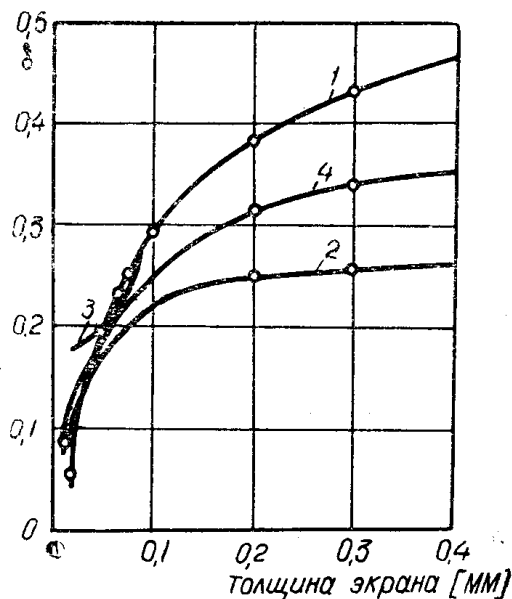


Рис. 3.

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.

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

где  $\delta$  — относительное почернение;

член

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

дает число  $\gamma$ -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  $\sigma$ ). 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  $\gamma$ -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 позволят 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.

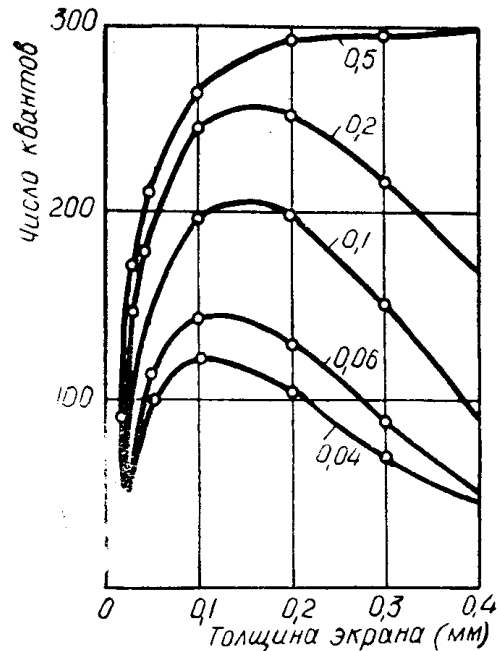


Рис. 4.

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.