

К ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ В БЕТАТРОННОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

В. А. ВОРОБЬЕВ, А. В. ПОКРОВСКИЙ, Г. П. СОКОЛОВ

В дозиметрии тормозного излучения широко используются сцинтилляторы на основе щелочногалоидных солей иодистого натрия и иодистого цезия [1, 2, 3]. Чувствительность при измерении тормозного излучения сцинтилляционным методом повышается с увеличением размеров кристалла [4]. Увеличение размеров кристаллов приводит к повышению эффективности регистрации электромагнитного излучения и соответственно к возрастанию светового потока. Но с другой стороны с ростом размеров кристалла за счет поглощения света в самом сцинтилляторе световыход с грани кристалла, обращенной к фотоумножителю, уменьшается. Наличие одновременно идущих процессов увеличения свечения кристалла с ростом его высоты и возрастания светопоглощения обуславливают наличие оптимальных размеров кристаллов для каждого диапазона энергий электромагнитного излучения и состава кристаллов. Для тормозного излучения с максимальной энергией до 30 мэв в литературе нет данных об оптимальных размерах кристаллов. В настоящей работе излагаются результаты теоретических и экспериментальных исследований световыхода из сцинтилляционных кристаллов NaI (Tl) при их облучении тормозным излучением 6, 10 и 30 Мэв.

Согласно [5] интегральный световыход $I'_{cb}(H)$ из кристалла при зеркальном отражателе в функции от высоты кристалла H определяется выражением:

$$I'_{cb}(H) = \gamma \int \left[0,208 \cdot e^{-1,29vk} + 0,124 \cdot e^{-1,42(2H-z)} + 0,080 \cdot e^{-1,08(2H-z)} \right] dz, \quad (1)$$

где ν — коэффициент поглощения собственного излучения кристаллом, z — расстояние от передней грани кристалла до точки, в которой произошло поглощение кванта, γ — постоянная, слабо зависящая от типа отражателя и приблизительно равной единице. Полный световыход из кристаллов, плотность распределения поглощенной энергии в котором $D(z, \varrho)$ [7] определяется выражением

$$I_{cb}(H, R) = 2\pi\xi \int_H^R \int_0^{\rho} \rho \rho' D(z, \rho) I'_{cb}(H, R), \quad (2)$$

где ξ — конверсионная эффективность сцинтиллятора, R — радиус кристалла. Расчет по формуле (2) выполнен нами на ЭВМ М-20 по методу Монте-Карло со среднеквадратичной ошибкой не хуже 10% для значений $\nu = 0,146$ [5]; $\nu = 0,035$ [2] и $0,0035$ [6]. Результаты расчетов представлены в виде кривых на рис. 1. Разница в значениях коэффициентов ν , приводимых в работах [2, 5, 6], объясняются, видимо, различиями в технологии изготовления кристаллов и условиями экспериментов, проведенных для их определения. Для определения величины коэффициента нами выполнено экспериментальное определение зависимости световыхода от высоты кристалла. В ходе эксперимента сцинтилляционный детектор с кристаллом NaJ(Tl) диаметром 50 мм и фотумножителем ФЭУ-16 размещался в свинцовом контейнере с диаметром коллиматора 8 мм. Высота кристалла в процессе эксперимента изменялась от 30 до 100 мм через 10 мм. Стабильность интенсивности тормозного излучения поддерживалась не хуже 2% и контролировалась с помощью проходного счетчика с записью на самопишущий прибор типа

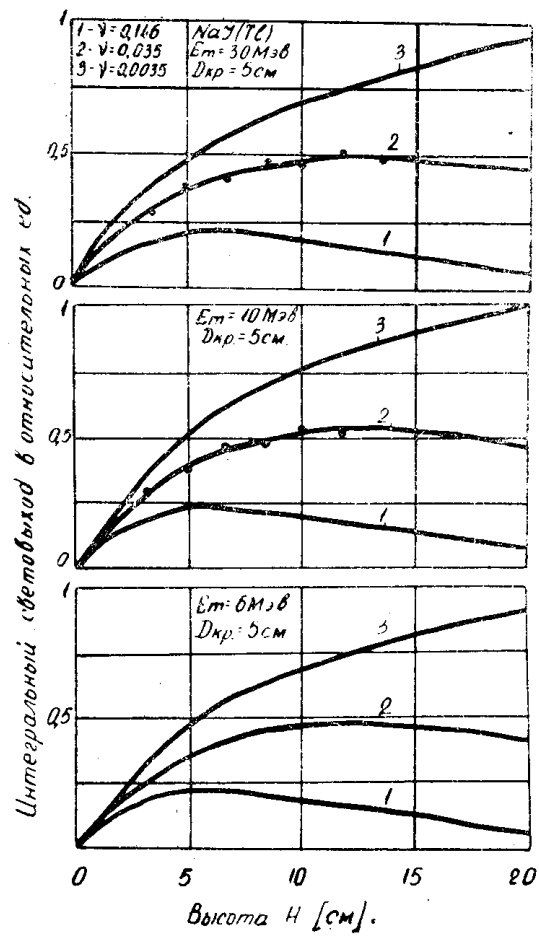


Рис. 1. Зависимость световыхода от высоты сцинтиллятора при различных максимальных энергиях тормозного излучения

ЭПП-0,9. Фотоумножитель работал в токовом режиме с постоянной времени интегрирования 1 сек. Мощность экспозиционной дозы тормозного излучения устанавливалась 1 *p/мин*, что обеспечивало работу детектора без перегрузок в режиме 0,5—2 *мка*. Дополнительные исследования показали, что при изменении мощности дозы в 3—4 раза сохранение пропорциональности между мощностью дозы и выходным током фотоумножителя наблюдается удовлетворительное. Для улучшения воспроизводимости результатов измерения бетатрон в ходе эксперимента выключался путем снятия напряжения инжекции и таким образом при всех измерениях режим работы установки поддерживался постоянным.

Результаты измерений нанесены на рис. 1 в виде точек на кривых, полученных расчетом. Как видно из рис. 1, совпадение расчетных и экспериментальных данных получено при значении $\nu = 0,035—0,04$, что согласуется с данными работы [2]. Анализируя ход кривых, видим, что размеры сцинтилляторов для тормозного излучения 6—30 *Мэв* надо выбирать из условия максимальной эффективности. В [7] было показано, что при соотношении поля облучения и размера кристалла как 2:3 для кристаллов диаметром свыше 30 *мм* радиальные размеры кристалла не оказывают существенного влияния на распределение в нем поглощенной энергии, поэтому исходя из эффективности регистрации необходимо брать диаметр кристалла более диаметра падающего на него потока излучения на 20—30 *мм*.

Для измерения тормозного излучения можно ограничиться размерами кристаллов NaJ (Tl) высотой не более 60—80 *мм*, так как дальнейшее увеличение не приводит к заметному повышению эффективности регистрации.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Воробьев, В. А. Воробьев, В. И. Горбунов, Г. В. Титов. Бетатронная дефектоскопия материалов и изделий. М., Атомиздат, 1965.
2. В. И. Горбунов, В. К. Кулешов. Известия ТПИ, 138, 1965.
3. А. В. Покровский. Диссертация, Томск, ТПИ, 1967.
4. В. И. Горбунов и др. Известия ТПИ, 1938, 1965.
5. А. М. Раттер и др. ПТЭ 2 (1961) 53.
6. Е. И. Столярова. Прикладная спектрометрия ионизирующих излучений, М., Атомиздат, 1964.
7. Г. П. Соколов. Диссертация, Томск, ТПИ, 1968.