

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 $D(z, e)$ [7] определяется выражением

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

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 фотомножителем 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

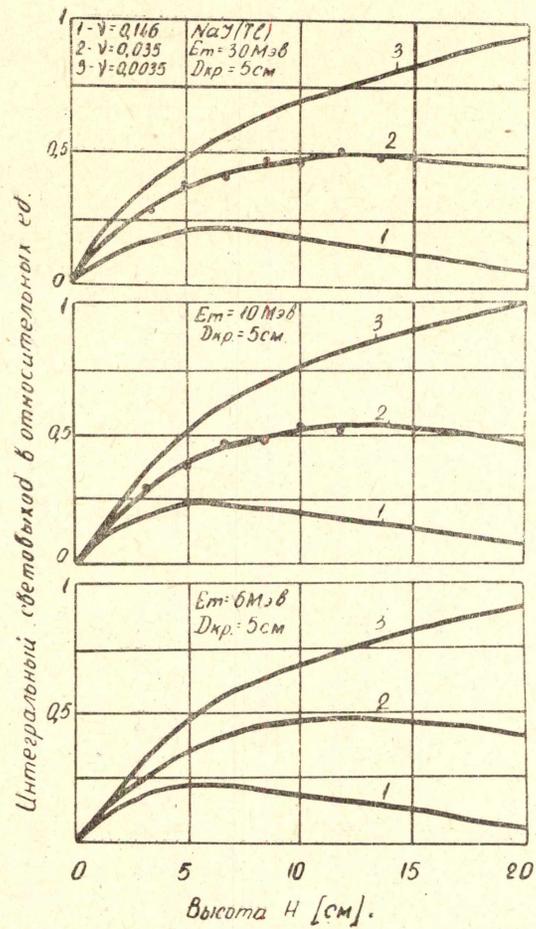


Рис. 1. Зависимость световыхода от высоты сцинтиллятора при различных максимальных энергиях тормозного излучения

ЭПП-0,9. Фотоумножитель работал в токовом режиме с постоянной времени интегрирования 1 сек. Мощность экспозиционной дозы тормозного излучения устанавливалась 1 р/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.