

Метод оценки дозиметрических характеристик смешанных полей ионизирующих излучений

М. А. ЛОТОНОВ, О. И. КОВАЛЕНКО

Рассмотрен метод раздельной оценки дозовых характеристик смешанных полей ионизирующих излучений с помощью одного дозиметрического прибора, не обладающего избирательной чувствительностью к составляющим излучения.

The method of separate evaluation of dose characteristics of mixed fields of ionizing radiation with the help of one dosimeter set, which does not have selective sensitivity to the forming parts of radiation, is examined.

Одной из важных задач дозиметрии в настоящее время является оценка дозиметрических характеристик смешанных полей ионизирующих излучений (ИИ). Сложность этой задачи состоит в том, что существующие дозиметрические приборы не обладают избирательной чувствительностью к составляющим смешанного поля ИИ. Так, дозиметры гамма-излучения обладают чувствительностью к бета-излучению. Использование защитного экрана на блоке детектирования (БД) прибора не позволяет достаточно эффективно оценить характеристики поля гамма-излучения, а для бета-излучения просто индуцируется его наличие по разности показаний при разных положениях экрана.

Известен способ раздельного измерения доз гамма- и нейтронного излучений в смешанном поле с использованием БД с различной чувствительностью к этим излучениям [1]. Для существующих дозиметров гамма-излучения такой же эффект можно достичь при измерении в поле бета-гамма-излучения путем использования специального экрана, одеваемого на БД с известным коэффициентом ослабления $\alpha(E)$ для гамма-излучения и $b(E)$ для бета-излучения. В таком случае по результатам измерений в смешанном поле ИИ (например, на радиоактивно зараженной местности) можно составить следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} N_1 = \alpha_\gamma(E)D_\gamma + b_\beta(E)D_\beta, \\ N_2 = \alpha(E)\alpha_\gamma(E)D_\gamma + b(E)b_\beta(E)D_\beta, \end{cases} \quad (1)$$

где N_1, N_2 — показания прибора без экрана и с экраном, соответственно; $\alpha_\gamma(E), b_\beta(E)$ — чувствительность дозиметрического прибора к гамма- и бета-излучениям с соответствующими значениями энергии E ; D_γ, D_β — дозы, создаваемые в точке измерения гамма- и бета-излучениями, соответственно; $\alpha(E), b(E)$ — коэффициенты экрана.

Система уравнений (1) имеет следующее решение:

$$D_\gamma = \frac{1}{b_\beta(E)} \cdot \frac{\alpha(E)N_1 - N_2}{[\alpha(E) - b(E)]}; D_\beta = \frac{1}{\alpha_\gamma(E)} \left[N_1 - \frac{\alpha(E)N_1 - N_2}{\alpha(E) - b(E)} \right]. \quad (2)$$

Однако использование системы уравнений (1) и соотношений (2) возможно только в случае, когда известны спектральные характеристики полей ИИ, так как используемые в них коэффициенты зависят от энергии излучений.

Таким образом, для смешанного поля с неизвестным спектральным составом излучения система уравнений (1) имеет четыре неизвестных и неразрешима. Решение состоит в увеличении числа уравнений в системе (1) до четырех проведением измерений не с одним, а последовательно с одним, двумя и тремя экранами, имеющими одинаковые коэффициенты $\alpha(E)$ и $b(E)$. В этом случае, введя обозначения

$$x = \alpha_\gamma(E) \quad (3)$$

$$y = b_\beta(E)D_\beta, \quad (4)$$

и

получим следующую систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= x + y, \\ N_2 &= \alpha(E)x + b(E)y, \\ N_3 &= \alpha^2(E)x + b^2(E)y, \\ N_4 &= \alpha^3(E)x + b^3(E)y. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Эта система разрешима и может быть сведена с помощью эквивалентных преобразований к виду

$$\left. \begin{aligned} [N_2 - b(E)y]^2 &= (N_1 - y)[N_3 - b^2(E)y], \\ [N_3 - b^2(E)y]^2 &= [N_2 - b(E)y][N_4 - b^3(E)y], \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} [N_2 - \alpha(E)x]^2 &= (N_1 - x)[N_3 - \alpha^2(E)x], \\ [N_3 - \alpha^2(E)x]^2 &= [N_2 - \alpha(E)x][N_4 - \alpha^3(E)x]. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Из системы уравнений (5) можно найти $b(E)$ и y , из (7) — $\alpha(E)$ и x . Подставив в функционал $b = f(E)$ полученное значение $b(E)$, найдем значение энергии E_β , характеризующее среднюю (эффективную) энергию спектра бета-излучения. Аналогично можно найти значение энергии E_γ для гамма-излучения.

Затем, подставив в функционалы $\alpha_\gamma = f(E)$ и $b_\beta = f(E)$ найденные значения E_γ и E_β , найдем значения коэффициентов чувствительности прибора к гамма-излучению и

бета-излучению, соответственно. Подставив коэффициенты чувствительности в выражения (3) и (4), можно найти искомые характеристики полей гамма- и бета-излучений D_γ и D_β .

На применение предлагаемого метода накладывается ограничение, связанное с видом зависимостей $\alpha = f(E)$, $b = f(E)$, $\alpha_\gamma = f(E)$ и $b_\beta = f(E)$. Эти зависимости должны быть монотонными и непрерывными в каждой точке функциями, т. е.

$$\frac{df}{dE} > 0 \text{ или } \frac{df}{dE} < 0 \text{ и } \frac{df}{dE} \neq 0.$$

Для коэффициентов $\alpha(E)$ и $b(E)$, которые функционально связаны с массовыми коэффициентами поглощения в материале используемого экрана, эти условия выполняются в диапазоне энергий фотонного излучения от 10 кэВ до 4 МэВ и бета-излучения — от 20 кэВ до 4 МэВ [3].

Энергетическая зависимость дозиметрического прибора $\alpha_\gamma = f(E)$ и $b_\beta = f(E)$, имеющая максимумы и миниму-

мы, может быть сглажена до монотонной функции с помощью специальных фильтров, устанавливаемых в БД.

Таким образом, предлагаемый метод позволяет оценивать отдельно дозовые характеристики смешанных полей ИИ с помощью одного дозиметрического прибора, не обладающего избирательной чувствительностью к составляющим эти поля излучениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марченко А. В., Масляев П. Ф. // Измерительная техника. — 1985. — № 12. — С. 45.
2. Schuricht V., Dörshel B. // Kernenergie. — 1984. — V. 27. — № 5. P. 200.
3. Машкович В. П. Защита от ионизирующих излучений: Справочник. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1982.