

Оценка нестабильности параметров импульсов тормозного излучения в инспекционных досмотровых комплексах

Осипов Сергей Павлович

Ван Цзяцун

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Научный руководитель: Осипов Сергей Павлович, к.т.н.

E-mail: osip1809@rambler.ru

Системы цифровой радиографии и компьютерной томографии на основе высокоэнергетических импульсных источников тормозного излучения (ТИ) широко применяются в индустриальном и досмотровом контроле крупногабаритных объектов [1–3]. Импульсный характер ТИ порождает проблемы [4], связанные с флуктуациями параметров ТИ от импульса к импульсу и с необходимостью введения в схему инспекционных досмотровых комплексов (ИДК) опорных каналов [5]. Упомянутые флуктуации имеют статистическую природу и вносят значительный вклад в уровни шумов в исходных и конечных изображениях в ИДК с функцией распознавания материалов методом дуальных энергий (МДЭ). Возможны два подхода к компенсации флуктуаций. Первый основан на важнейшем законе статистики – погрешность оценки выборочного среднего с увеличением объема выборки уменьшается пропорционально квадратному корню из объема выборки. Второй, более предпочтительный, подход базируется на мультипликативном представлении радиометрических сигналов, в котором первый сомножитель является условно детерминированной величиной и равен среднему значению сигнала, а второй сомножитель – случайная величина (СВ). Задача оценки нестабильности параметров импульсов ТИ в последние годы обострилась в связи с необходимостью оценки ослабления ТИ с высокой точностью в МДЭ, используемом для распознавания материалов в ИДК. Для решения указанных вопросов необходимо разработать алгоритм оценки нестабильности параметров импульсов ТИ в ИДК.

Рассмотрим фрагмент ОК массовой толщиной ρH из материала с эффективным атомным номером Z . Пусть в процессе формирования изображений аналоговым путём интегрируется n импульсов, $n \geq 1$. Тогда с учётом темнового сигнала радиометрического детектора (РД) в соответствии с подходом из работы [4] аналоговый сигнал на его выходе в первом приближении пропорционален величине

$$J(\rho H, Z) = \sum_{i=1}^n \alpha_i I_i(\rho H, Z) + \sum_{i=1}^n I_{iD} . \quad (1)$$

В формуле (1) СВ α_i , $I_i(\rho H, Z)$, I_{iD} , $i=1 \dots n$ взаимно независимы и для их параметров выполняются условия

$$\overline{\alpha_i} = 1, \sigma^2 \alpha_i = \sigma^2 \alpha, \overline{I_i(\rho H, Z)} = \overline{I(\rho H, Z)}, \overline{I_{iD}} = I_D, \sigma^2 I_i(\rho H, Z) = \sigma^2 I(\rho H, Z), \sigma^2 I_{iD} = \sigma^2 I_D . \quad (2)$$

Случайные величины α_i характеризует флуктуации числа сбрасываемых электронов, максимальной энергии в спектре E_{\max} , геометрического положения оси пучка ТИ. Случайные величины I_{iD} – энергетические эквиваленты темновых сигналов с РД. Случайные величины $I_i(\rho H, Z)$, $i=1 \dots n$ представляют собой энергию i -го импульса, оставленную в детекторе ТИ, ослабленным барьером с параметрами ρH и Z .

Выражения (1), (2) являются основой алгоритма оценки нестабильности параметров импульсов ТИ в ИДК. На рис. 1 приведена оценка зависимости $\sigma \alpha$ от номера детектора ИДК ТПУ.

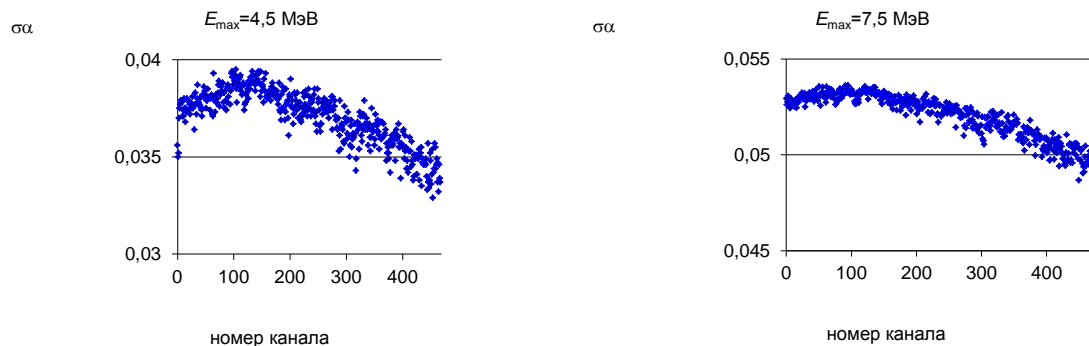


Рис.1 Зависимость $\sigma \alpha$ от номера детектора ИДК ТПУ

Разработан алгоритм и программа оценки нестабильности параметров импульсов тормозного излучения в инспекционных досмотровых комплексах.

Список публикаций:

- [1] Осипов С. П., Чахлов С. В., Кайроланов Д. У., Сиротьян Е. Д. // Дефектоскопия. 2019. № 2. С. 43.
 [2] Shikhaliev P. M. // Nucl Instrum Methods Phys Res A. 2018. Vol 882. P. 158.
 [3] Shikhaliev P. M. // Nucl Instrum Methods Phys Res A. 2018. Vol 904. P. 35.
 [4] Завьялкин Ф. М., Осипов С. П. // Дефектоскопия. 1988. № 2. С. 36.
 [5] Завьялкин Ф. М., Ломакин П. М., Осипов С. П. // Атомная энергия. 1991. Т. 70 (1). С. 57.

Аддитивный метод моделирования пространственных форм объектов в цифровой радиографии и компьютерной томографии

*Осипов Сергей Павлович¹
 Ядренкин Илья Геннадьевич²
 Осипов Олег Сергеевич¹*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет¹,
 Томский государственный архитектурно-строительный университет²
 Научный руководитель: Осипов Сергей Павлович, к.т.н.
 E-mail:osip1809@rambler.ru*

Для обоснования возможности реализации задач проектирования систем цифровой радиографии и компьютерной томографии в медицине и для индустриального и досмотрового контроля широко используются методы численного моделирования [1–3]. К алгоритмам моделирования радиографических изображений и проекций выдвигается ряд требований: реалистичность; высокая производительность; возможность учёта параметров источника, регистратора фотонного излучения и объекта контроля (ОК). Один из эффективных подходов к описанию ОК приведён в работе [1]. Он базируется на представлении ОК в виде объединения составляющих простейших пространственных элементов (фигур). Такой подход является основой аддитивного метода моделирования пространственных форм объектов в цифровой радиографии и компьютерной томографии. Отметим, что аддитивный подход включают в себя не только возможность объединения пространственных фигур, но и замещение объёмов [1].

Приведём краткое описание аддитивного метода моделирования пространственных форм ОК. Пусть ОК занимает объём $V \subset \mathbb{R}^3$. Каждая точки $(x, y, z) \in V$ применительно к рассматриваемым методам контроля характеризуется плотностью ρ и эффективным атомным номером Z . Пусть множество V представимо в виде

$$V = \bigcup_{n=1}^N V_n; V_n \neq \emptyset; V_i \cap V_j = \emptyset, i = 1 \dots N, j = 1 \dots N; \rho(x, y, z) = \begin{cases} \rho_n, & (x, y, z) \in V_n \\ 0, & (x, y, z) \in V_n \end{cases}, Z(x, y, z) = \begin{cases} Z_n, & (x, y, z) \in V_n \\ 0, & (x, y, z) \in V_n \end{cases}. \quad (1)$$

Аддитивный метод базируется на следующем выражении

$$P(E, x_d, y_d) = \sum_{n=1}^N c_n \int_{L_n(x_d, y_d)} m(E, Z_n(l)) \rho_n(l) dl. \quad (2)$$

где (x_d, y_d) – координаты точки детектирования; E – энергия фотонов; m – массовый коэффициент ослабления излучения; $L_n(x_d, y_d)$ – участок луча, соединяющего излучающую точку и точку детектирования и принадлежащего множеству V_n ; c_n – коэффициент, равный +1 для наложения и –1 для замещения объёмов.

На рис. 1 приведены модельные цифровые радиографические изображения некоторых ОК.