



ВЛИЯНИЕ РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СИГНАЛЫ ДЕТЕКТОРОВ ЦИФРОВОЙ РАДИОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В. Д. РЫЖИКОВ, А. Д. ОПОЛОНИН

Ин-т скантационных материалов НАН Украины. 61001. Харьков-1, пр-т Ленина, 60. E-mail: info@isma.kharkov.ua

Приведены результаты измерений вклада рассеянного излучения в сигналы линейки детекторов типа скантационатор-фотодиод, используемой в цифровой радиографической системе сканирующего типа. Для анодных напряжений рентгеновской трубки 50, 100 и 150 кВ при различных условиях фильтрации получены радиографические изображения стального ступенчатого клина. Оценен вклад рассеянного излучения в сигналы линейки детекторов типа скантационатор-фотодиод при просвечивании стального ступенчатого клина толщиной от 1 до 16 мм. Библиогр. 7, рис. 6.

Ключевые слова: цифровая радиография, рентгеновское излучение, рассеянное излучение, дефектор, скантационатор, фотодиод

Известно, что рассеянное излучение негативно влияет на качество изображения как в пленочной, так и в цифровой радиографии [1, 2]. Кроме того, предыдущие исследования авторов в области двухэнергетической радиографии свидетельствуют о том, что влияние рассеянного излучения приводит к существенной погрешности определения эффективного атомного номера Z_{eff} при ослаблении объектом контроля (ОК) рентгеновского излучения более чем на 90 % [3–7].

В работе описаны условия проведения эксперимента (спектр рентгеновского излучателя, параметры коллиматоров, фильтров и др.) и проанализированы результаты влияния рассеянного излучения на сигналы линейки детекторов типа скантационатор-фотодиод (СЦ-ФД) при сканировании стального ступенчатого клина.

Условия проведения эксперимента. Эксперимент проводили на базе прототипа трехэнергетической цифровой радиографической системы (ЦРС), в состав которой входит рентгеновский излучатель Isovolt Titan 160 и три 128-канальные линейки детектора (ЛД) с шагом детекторов 1,6 мм (рис. 1).

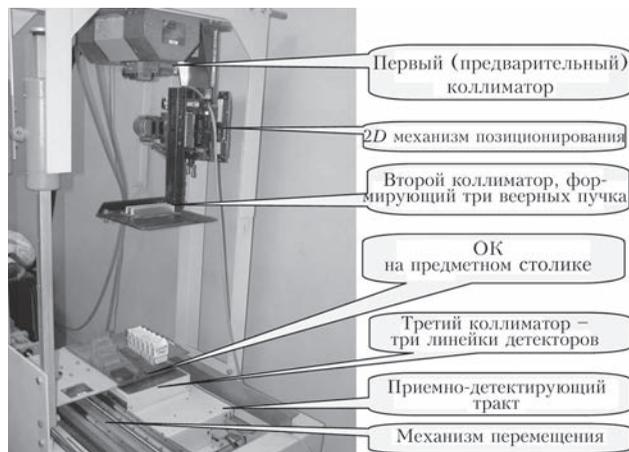


Рис. 1. Общий вид трехэнергетической ЦРС

© В. Д. Рыжиков, А. Д. Ополонин, 2015

Важным моментом в работе ЦРС является юстировка механических составляющих ЦРС. Так, уменьшение области облучения ОК снижает уровень рассеянного излучения, которое влияет на точность определения Z_{eff} .

Для юстировки системы коллиматоров использован оригинальный метод контроля излучения, падающего на третий коллиматор, расположенный непосредственно у ЛД. Суть метода следующая.

С помощью фотоаппарата, имеющего дистанционное управление с ПК (USB канал связи), получаем оптическое изображение коллиматора. С помощью флуоресцентного экрана получаем фотографию зоны облучения ЛД при том же положении фотоаппарата.

Используя графический редактор, изображения совмещаются, одно изображение делается полупрозрачным. В результате наглядно можно видеть как форму зоны облучения, так и расположение зоны облучения относительно коллиматора (рис. 2). Ширина щели третьего коллиматора 2 мм. Ширина поля облучения около 3,5...4,0 мм. Таким образом, во время сканирования облучается довольно малая площадь ОК. Для снижения вклада низкоэнергетического рассеянного ОК излучения между третьим коллиматором и ОК использовался допол-

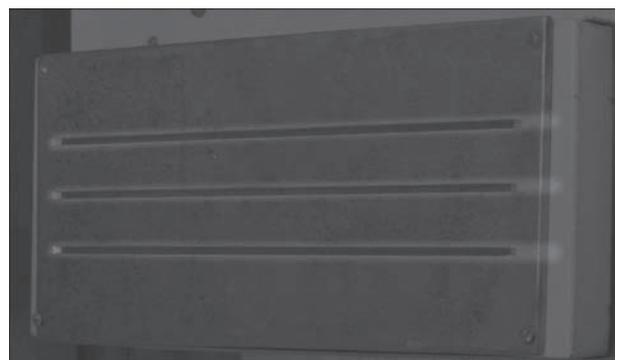


Рис. 2. Совмещенное изображение третьего коллиматора и флуоресцентного экрана

нительный алюминиевый фильтр – пластинки толщиной 2 мм.

Эксперимент. Для получения радиографических изображений стального ступенчатого клина толщиной от 1 до 16 мм использовали три режима работы рентгеновской трубки. При анодном напряжении 50, 100 и 150 кВ применяли алюминиевые фильтры, толщиной пластинок 2 мм и медные, толщиной пластинок 2 и 5 мм. Ток трубки выбирали таким образом, чтобы уровень сигнала от ЛД во всех трех случаях был примерно одинаковый. Были измерены соответствующие спектры рентгеновского излучения, падающего на ОК (рис. 3).

Из рис. 3 можно видеть, что энергетические диапазоны излучения, используемого для получения теневых рентгеновских изображений, достаточно хорошо разделены.

Для оценки влияния рассеянного излучения на краю предметного столика механизма перемещения (МП) был расположен стальной ступенчатый клин толщиной от 1 до 15 мм. Получено ра-

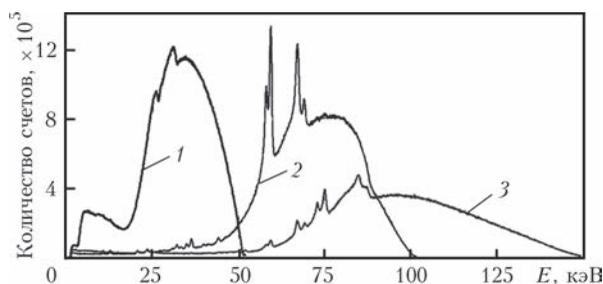


Рис. 3. Спектры рентгеновского излучения при различных анодных напряжениях с использованием фильтров из алюминия и меди различной толщины: 1 – 50 кВ, фильтр 4 мм Al; 2 – 100 кВ, фильтр 2 мм Cu; 3 – 150 кВ, фильтр 5 мм Cu

диографическое изображение клина при анодном напряжении 150, 100 и 50 кВ. На рис. 4 приведены полученные радиографические изображения стального клина при анодном напряжении 150 и 50 кВ (рис. 4, а, в) и уровни сигналов ЛД, соответствующих горизонтальным сечениям изображения клина в графическом виде (рис. 4, б, г).

Как можно видеть из рис. 4, а, б уровень сигнала детекторов соответствует самой толстой части клина и составляет около 2000 ед. в кодах АЦП (при уровне «темновой» калибровки 250), что соответствует примерно 97 %-му уровню ослабления выходного сигнала. Все степени клина четко разделяются, а влияние рассеянного излучения не вносит существенных искажений в радиографическое изображение.

Из рис. 4, в, г видно, что уровень сигнала детекторов при толщине клина 3 мм стали составляет 250 ед. (что соответствует уровню «темновой» калибровки). Дальнейшее увеличение толщины клина за счет рассеянного излучения приводит к увеличению сигнала детекторов почти до 300 ед. Таким образом, можно оценить вклад рассеянного излучения как 50 ед. в кодах 16-разрядного АЦП.

Для сравнения влияния рассеянного излучения при различных анодных напряжениях на одном графике построили зависимость уровней сигналов ЛД от толщины стального клина (1...15 мм) при анодном напряжении 150, 100 и 50 кВ (рис. 5).

Видно, что при анодном напряжении 150 кВ и применении фильтров (5 мм меди и 2 мм алюминия) зависимость уровня сигнала от толщины стали хорошо соответствует экспоненциальному закону ослабления. Отклонение от экспонен-

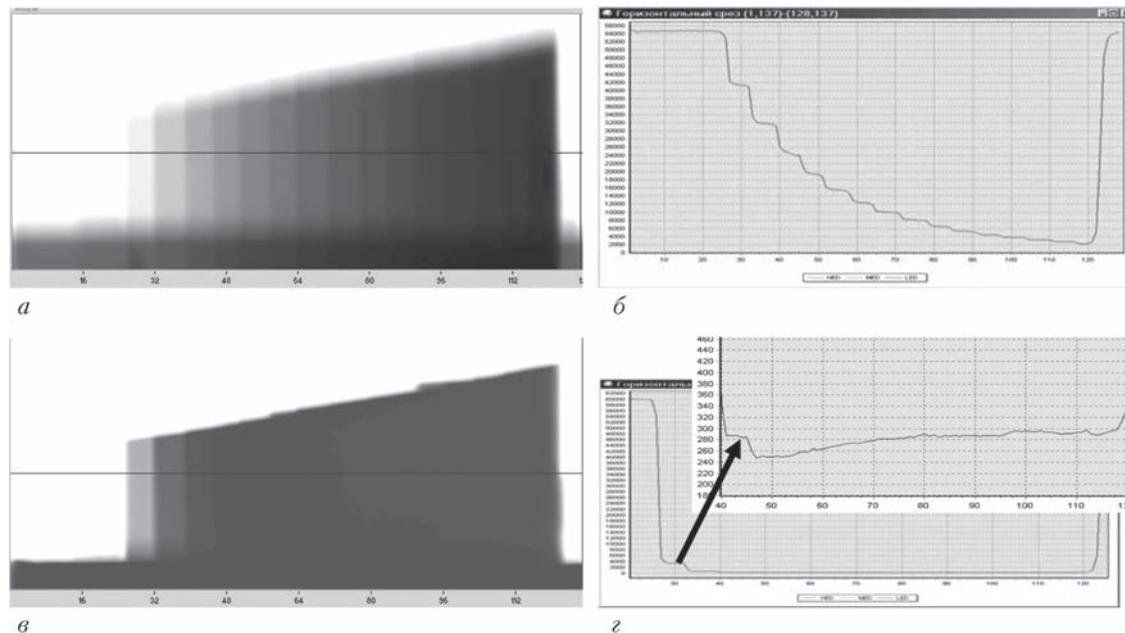


Рис. 4. Радиографическое изображение стального клина (1...15 мм) при анодном напряжении 150 (а) и 50 кВ (в), а также уровни сигналов в графическом виде (б, г) для горизонтального сечения изображения

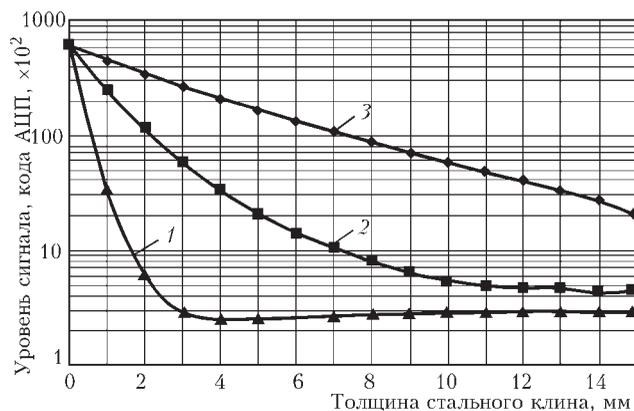


Рис. 5. Уровни сигналов ЛД, соответствующие горизонтальному сечению радиографического изображения стального клина при анодных напряжениях: 50 (1), 100 (2), 150 (3) кВ

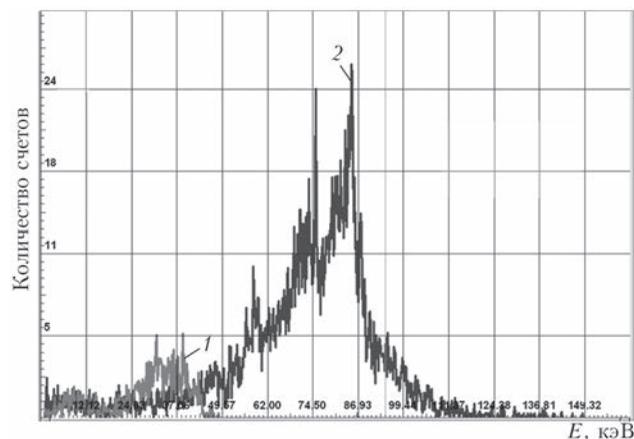


Рис. 6. Спектры рассеянного излучения на расстоянии 0,5 м от объекта контроля при получении радиографических изображений биологических объектов при анодных напряжениях 50 (1) и 150 кВ (2)

циального закона ослабления для анодного напряжения 100 и 50 кВ можно объяснить двумя факторами.

Во-первых, спектр излучения рентгеновского излучателя не монохроматический (рис. 3) и при уменьшении энергии излучения зависимость $\mu_m(E)$ для всех элементов таблицы Д.И. Менделеева имеет существенно большую производную.

Во-вторых, на фоне более резкого спада сигнала ЛД при снижении анодного напряжения возрастает влияние рассеянного излучения. Так, при анодном напряжении 150 кВ уровень сигнала отраженного от стали, толщиной более 15 м, составляет около 3 % начального уровня, при анодном напряжении 100 кВ – около 0,33 %.

The paper gives the results of measurement of the contribution of scattered radiation to the signals of an array of scintillator-LED type detectors, used in digital radiographic system of scanning type. Radiographs of steel step wedge were obtained for X-ray tube anode voltages of 50, 100 and 150 kV under different filtering conditions. Contribution of scattered radiation to signals of an array of detectors of scintillator-LED type was evaluated at scanning of steel step wedge of 1 to 16 mm thickness.

Keywords: digital radiography; X-Ray radiation; scattered radiation; detector; scintillator; LED

Для оценки спектра рассеянного излучения, было проведено измерение спектров рассеянного излучения на расстоянии $\sim 0,5$ м от ОК во время получения радиографических изображений, при анодных напряжениях 50 и 150 кВ (рис. 6).

К сожалению, размеры спектрометра не позволяют измерить спектр рассеянного излучения непосредственно в точке расположения ЛД. Поэтому приведенные на рис. 6 данные можно рассматривать только с точки зрения качественной оценки энергии рассеянного излучения.

Выводы

Проведенные измерения позволили провести качественный анализ спектра рассеянного излучения и количественную оценку вклада рассеянного излучения в сигнал детектора при анодных напряжениях 150, 100 и 50 кВ. По радиографическим изображениям ступенчатого стального клина (толщиной от 1 до 15 мм) при анодном напряжении 50 кВ установлено, что уровень воздействия рассеянного рентгеновского излучения на линейку детекторов составляет до 50 ед. в кодах 16-разрядного АЦП.

1. Клюев В. В., Соснин Ф. Р., Аертс В. И. и др. / Под ред. Клюева В. В. / Справ. В 2-х кн. Кн. 1. – М.: Машиностроение, 1992. – 480 с.
2. Немец О. Ф., Гофман Ю. В. // Справочник по ядерной физике. – Киев. Наук. думка, 1975. – 380 с.
3. Ryzhikov V. D., Opolonin O. D., Lysetska O. K., Galkin S. M., Voronkin Y. F., Perevertaylo V. L. Research on Improvement of Receiving-Detecting Circuit for Digital Radiographic Systems with Advanced Spatial Resolution / Internat. Symp. on Nondest. Testing of Materials and Structures. – Istanbul, Turkey, 15–18 May, 2011. – 6 (2013). – p.105–109.
4. Ryzhikov V. D., Opolonin A., Lisetskaya E., Kozin D. Digital radiography system with improved spatial resolution based on S-PD detectors / The 6-th Int. Conf. Slovenian Soc. NDT “Previous Experience and Current Innovation in Non-Destructive Testing // Conf. Proceeding 13–15 Sept 2001, Portoroz, Slovenia. – Pp. 89–96.
5. Рижиков В., Ополонин О., Пашико П., Пугачов Г. Рентгенографічна установка для контролю легкового і вантажного автотранспорту з поліпшеними радіаційними характеристиками / Вісн. Академії митної служби України. – 2000. – №4. – С. 79–86.
6. Ryzhikov V., Opolonin A., Lisetskaya E., Kozin D. et al. X-ray radiation detectors of Scintillator-photoreceiving device type for digital industrial radiography with improved spatial resolution» Symposium on Radiation Measurements and Application. – May 21–23, 2002, The University of Michigan. – P. 57
7. Рижиков В. Д., Ополонин А. Д., Лисецкая Е. К. Цифровая радиография для технической диагностики сварных соединений. – Оборудование и инструмент. – 2005. – № 10 (69). – С.30–32.

Поступила в редакцию
31.07.2015