

Интроскопическая система с дуальной энергией для таможенного контроля транспортных средств и крупногабаритных контейнеров

С.А. Огородников, В.И. Петрунин
НИИЭФА им. Д.В. Ефремова, Санкт-Петербург, Россия

До недавнего времени экспериментальная реализация так называемого дуального метода радиографической дискриминации материалов в 4-10МэВ энергетическом диапазоне была затруднена в силу его низкой чувствительности. Главным образом это обусловлено слабой зависимостью поглощения гамма излучения от атомного номера материала, так как в данном диапазоне превалирует Комптон-эффект с его слабой зависимостью от Z [1].

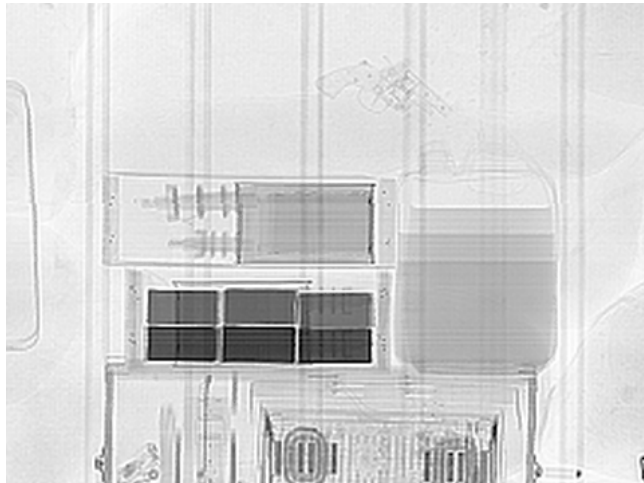
В недавно опубликованных работах [2, 3] было показано, что приемлемую дискриминацию материалов по атомному номеру можно получить при попеременном облучении их тормозным излучением с дуальными граничными энергиями 4 и 8 МэВ. Радиографическая дискриминация достигается вследствие различной степени ослабления тормозного излучения с разными граничными энергиями. Несмотря на то, что дискриминационный эффект обусловлен третьей значащей цифрой в величине ослабления излучения в веществе в данном энергетическом диапазоне, применение специальных методов математической обработки дуальных данных позволило подавить шумы и провести дискриминацию четырех основных групп материалов по атомному номеру безотносительно к их толщине [4]. Разрешение по Z в данном энергетическом диапазоне составляет порядка 10 для толщин до 150 мм в стальном эквиваленте.

Для визуального представления результатов распознавания была разработана специальная схема колоризации дуального изображения, в которой атомному номеру материала приписывается определенный цветовой оттенок. В выбранной базовой палитре легкие вещества с атомным номером до 10, включая дерево, кожу, текстиль, воду, спирт, взрывчатку и другие, отображаются в оттенках красного. Металлы, такие как железо, медь, титан, хром, никель и др., представлены синим. Элементы со средним атомным номером: алюминий, кремний, а также перекрывающиеся легкие элементы и металлы окрашены в зеленый цвет. И, наконец, тяжелые элементы, такие как свинец, золото, вольфрам, уран и др. выводятся в оттенках фиолетового.

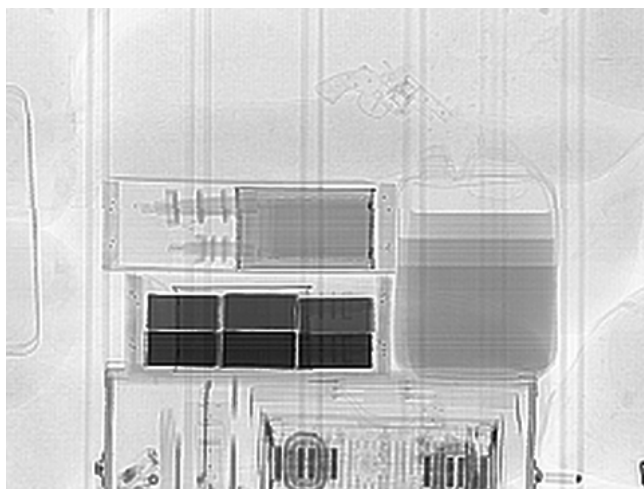
Из сравнения приведенных изображений фрагмента транспортного контейнера в черно-белой и цветной палитре (фрагменты 1–3) видно преимущество последней. Данная схема, полученная при обработке дуальных данных, позволяет выводить наряду с распределением интегрального поглощения, также информацию о материале инспектируемого груза. Использование дуального метода приводит к повышению информативности изображения и облегчает работу таможенного инспектора.

Проведенные исследования позволяют сформулировать основные требования для интроскопической системы с дуальной энергией, предназначенной для таможенной инспекции транспортных средств и крупногабаритных контейнеров:

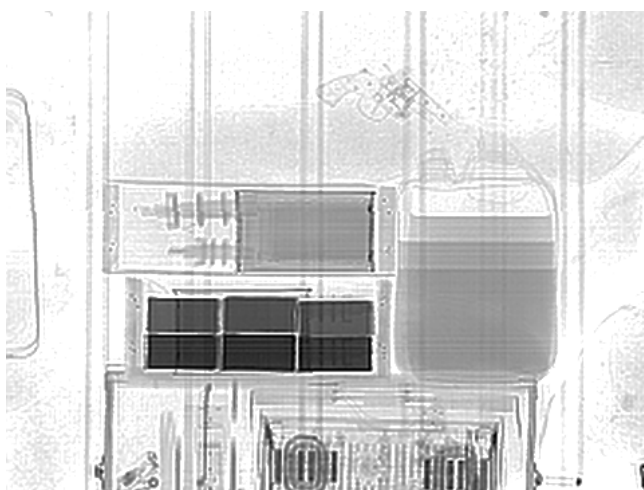
- Ускоритель должен обеспечивать высокую стабильность энергии и мощности дозы для высокого и низкого уровней излучения.
- Для устранения пространственного сдвига между импульсами с высокой и низкой энергией во время сканирования их синхронизация должна быть выполнена по асимметричной схеме.
- Точность определения прозрачностей образца должна быть достаточной, чтобы обеспечить верную третью значащую цифру, поэтому разрядность АЦП канала детектирования должна быть не менее 16.
- Отношение дозы излучения с высокой к дозе с низкой энергией не должно превышать 5.
- Теория метода построена в приближении узкого пучка и, поэтому, веерный пучок тормозного излучения должен быть коллимирован, а детекторная линейка защищена от рассеянного излучения.
- Для улучшения дискриминации материалов при малых толщинах необходима предварительная спектральная фильтрация тормозного излучения.
- Для повышения точности измерения прозрачностей система должна быть оборудована устройством для нелинейной коррекции отклика детекторов.



Фрагмент 1: Черно-белое изображение фрагмента транспортного контейнера. За мешками с древесными опилками находятся: револьвер, три канистры с бензином (одна за другой), свинцовые слитки толщиной 3 и 5 см.



Фрагмент 2: Изображение фрагмента транспортного контейнера в кодировке материал-цвет. Органические и легкие материалы – оттенки красного, металлы – синего, перекрытие металла и органики – зеленого, тяжелые металлы – лилового цвета (цветное изображение доступно только в электронной версии статьи).



Фрагмент 3: То же изображение после устранения влияния стенок контейнера и восстановления истинной цветовой кодировки материалов (цветное изображение доступно только в электронной версии статьи).

Литература

- [1] V.L. Novikov, S.A. Ogorodnikov, V.I. Petrunin. "Dual energy method of material recognition in high energy introscopy systems". Proceed. 16th International Workshop on charged particle linear accelerators, 1999, Alushta, Crimea, Ukraine.
- [2] S.A. Ogorodnikov, V.I. Petrunin, M.F. Vorogushin. "Application of high-penetrating introscopy systems for recognition of materials", Proceedings of the 7th European Particle Accelerator Conference, 2000, Vienna.
- [3] Ogorodnikov, V.I. Petrunin, M.F. Vorogushin, S.A. "Experiments on material recognition for 8 MeV customs inspection system for trucks and large-scale containers". - In: Proceedings of the XX International Linac Conference, 2000, Monterey, California, USA.
- [4] S.A. Ogorodnikov, V.I. Petrunin. "Processing of interlaced images in 4-10MeV dual energy customs system for material recognition". - Proceedings of the 6th International Computational Accelerator Physics Conference, 2000, Darmstadt, Germany.