

УДК 343.8

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЮОННОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ ТАМОЖЕННОМ КОНТРОЛЕ

Афонин Д.Н.

Санкт-Петербургский филиал Российской таможенной академии

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF MUON TOMOGRAPHY UNDER CUSTOMS CONTROL

Afonin D.N

St. Petersburg Branch of the Russian Customs Academy

Аннотация

В статье рассматриваются перспективы применения мюонной томографии для таможенного контроля крупногабаритных грузов, контейнеров и транспортных средств. Преимущества мюонной томографии (высокая проникающая способность, отсутствие дополнительной лучевой нагрузки на персонал и контролируемые товары и транспортные средства, возможность построения трехмерного изображения объекта контроля, выявление контрабандных товаров по эффективному атомному номеру даже находящихся в экранирующих контейнерах) делают ее перспективным методом интроскопии при таможенном контроле крупногабаритных грузов.

Ключевые слова: мюонная томография, интроскопия, таможенный контроль.

Abstract

The article considers the prospects of using muon tomography for the customs control of large-sized cargoes, containers and vehicles. The advantages of muon tomography (high penetrating power, the absence of additional radiation load on personnel and controlled goods and vehicles, the possibility of constructing a three-dimensional image of the monitoring object, the detection of contraband goods by an effective atomic number even in shielding containers) make it a promising method of introscopy for the customs control of large cargo.

Keywords: muon tomography, introscopy, customs control.

Сотни миллионов автомобилей и контейнеров каждый год пересекают таможенные границы. Все они могут скрыто транспортировать ядерное оружие, ядерные материалы, наркотические средства, боеприпасы, взрывчатые вещества и другую контрабанду. Традиционные системы контроля, например, инспекционно-досмотровые комплексы, основанные на рентгеновском излучении, имеют ограниченное применение, поскольку не всегда позволяют идентифицировать различные запрещенные или ограниченные к перемещению через границы товары и грузы. Стационарные системы радиационного контроля, например, Янтарь позволяют выявлять источники ионизирующего излучения, но, если эти источники находятся в специальных экранирующих контейнерах, внешнего излучения не

будет и данные системы не сработают. Одним из перспективных направлений интроскопии крупногабаритных грузов является мюонная томография [1].

Каждую минуту площадку площадью 1 см², горизонтально лежащую на поверхности Земли, пересекает 1 мюон, возникающий в результате распада заряженных пионов в верхних слоях атмосферы. Поток мюонов, имеющий скорость, близкий к скорости света, практически равномерный, незначительно зависит от географической широты и времени года. Средняя энергия мюонов составляет около 4 ГэВ, с максимумом спектра находится около 2 ГэВ. Большая проникающая способность (около 1.8 м стали при импульсе 3 ГэВ/с) делает мюоны привлекательным источником для радиогрфии крупногабаритных объектов, а их

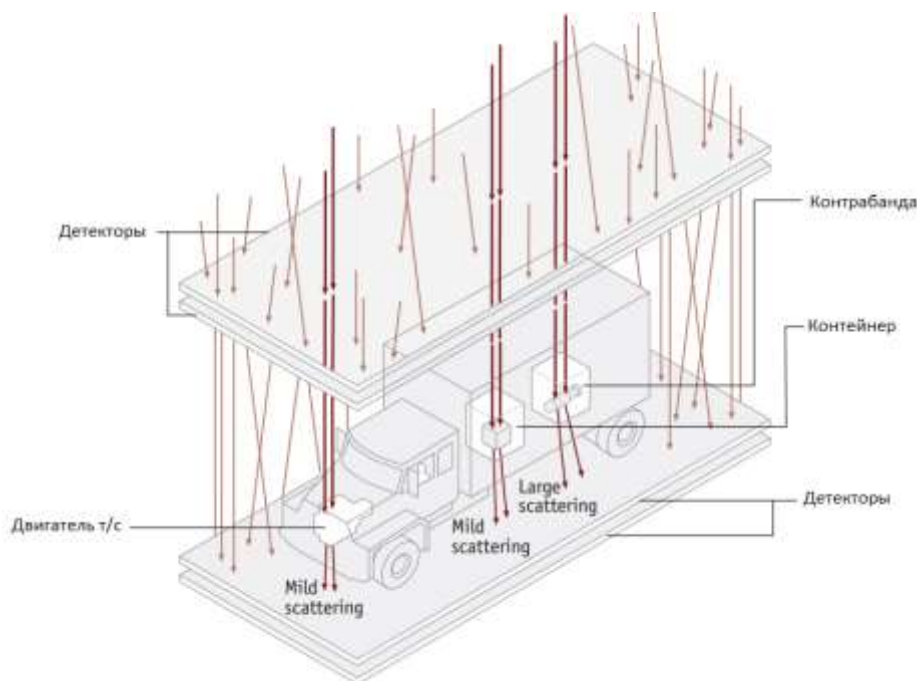


Рис. 1. Схема мюонного томографа для таможенного контроля

равномерное распределение на поверхности Земли позволяет осуществлять томографию практически в любой точке планеты.

Мюонная томография использует множественное рассеяние космических мюонов, которое сильно зависит от атомного номера исследуемого материала, что позволяет безошибочно выявлять радиоактивные материалы (уран или плутоний), находящиеся в экранирующих контейнерах, а кроме того, косвенно судить о наличии наркотических и взрывчатых веществ по наличию больших концентраций локально расположенного азота. Поток мюонов на уровне моря позволяет получить достаточную статистику для восстановления трехмерного изображения сканируемого объекта за короткий промежуток времени, сравнимый с длительностью сканирования инспекционно-досмотровых комплексов, использующих рентгеновское излучение. При этом мюонные томографы не дают дополнительной лучевой нагрузки на сканируемые объекты, что позволяет использовать их для сканирования любых грузов и транспортных средств.

Мюонная томография в настоящее время нашла свое применение в геологии [2] и разрабатываются системы для скани-

рования транспортных средств и контейнеров [3, 4, 5, 6]. Разработан томограф, позволяющий сканировать объекты более 100 м^3 [7]. Детекторы данного томографа расположены на восьми позиционно-чувствительных плоскостях (дающих X- и Y-координаты), из которых четыре расположены ниже и четыре над проверяемым объемом (Рис.1). Общий размер мюонного томографа соответствует размеру реального двадцатифутового контейнера, а именно $6 \text{ м} \times 3 \text{ м} \times 3 \text{ м}$. Каждая из детекторных плоскостей состоит из шести модулей $1 \text{ м} \times 3 \text{ м}$ для покрытия как X-, так и Y-координат одним и тем же типом модулей, не оставляя никаких мертвых зон. Детекторы позволяют отслеживать мюоны и электроны, пересекающие объект контроля и сравнивать их траектории для количественной оценки многократного рассеяния каждого трека. Система позволяет восстановить 3D-томографическое изображение контролируемого объекта с помощью соответствующих алгоритмов реконструкции и методов визуализации.

Таким образом, преимущества мюонной томографии (высокая проникающая способность, отсутствие дополнительной лучевой нагрузки на персонал и контролируемые товары и транспортные средства,

возможность построения трехмерного изображения объекта контроля, выявление контрабандных товаров по эффективному

атомному номеру даже находящихся в экраннующих контейнерах) делают ее перспективным методом интроскопии при таможенном контроле крупногабаритных грузов.

Список литературы

1. Antonuccio V., Bandieramonte M., Becciani U. et al. A large area cosmic ray detector for the inspection of hidden high-Z materials inside containers // Journal of Physics: Conference Series 409. 2013. 012046 doi:10.1088/1742-6596/409/1/012046

2. Bryman D. Geological tomography using cosmic rays. Patent CA 2603829 A1, G01V5/00, опубли. 26.07.2007

3. Васильченко Ю.В., Дудкин Г.Н., Падалко В.Н. Способ томографического контроля крупногабаритных грузов. Патент RU 2072513 C1, G01N 23/04, опубли. 27.01.1997

4. Богомолов А.С. Способ и устройство обнаружения контрабанды. Патент RU 2300096 C2, G01N 23/22, опубли.: 27.05.2007

5. Nagamine K., Tanaka H. Method of acquiring internal structure information of large-sized structure by horizontal cosmic ray muon by multi-division type detection means. Patent JP 2006284329 A, C21B 7/24; G01B 15/00; G01T 1/172; G01T 1/20; G01T 1/29; G01V 5/00; F27D 21/00, опубли. 19.10.2006

6. Jaenisch H.M. Automated target shape detection for vehicle muon tomography. Patent US 7945105 B1, G06K 9/36, опубли. 17.05.2011.

7. Morris C.L., Alexander C.C., Bacon J.D. et al. Tomographic Imaging with Cosmic Ray Muons // Science and Global Security. 2008. Vol. 16, pp. 37-53.

Поступила в редакцию 04.05.2018

Сведения об авторе:

Афонин Дмитрий Николаевич – доктор медицинских наук, профессор кафедры технических средств таможенного контроля и криминалистики Санкт-Петербургского филиала Российской таможенной академии, e-mail: tstk@spbrta.ru