

ОСОБЕННОСТИ ДЕТЕКТОРОВ КОНТРАБАНДЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ОБРАТНОРАССЕЯННОЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕ

А. А. Власова,

*Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт
"Искра", г. Луганск*

Рассмотрены портативные приборы досмотрового контроля, принцип действия которых основан на использовании обратнорассеянного гамма-излучения, – детекторы контрабанды, определяющие изменение плотности контролируемого объекта. Проведен анализ конструкции и технических характеристик. Сформулированы основные требования, предъявляемые к приборам такого класса.

Ключевые слова: *обратнорассеянное излучение, детектор контрабанды, плотность.*

Розглянуті портативні прилади оглядового контролю, принцип дії яких базується на використанні зворотньорозсіяного гамма-випромінювання, – детектори контрабанди, що визначають зміну щільності контрольованого об'єкта. Проведений аналіз конструкції і технічних характеристик. Сформульовані основні вимоги, що ставлять до приладів такого класу.

Ключові слова: *зворотньорозсіяне випромінювання, детектор контрабанди, щільність.*

ВВЕДЕНИЕ

Развитие внешнеэкономических связей, становление рыночной экономики в условиях увеличившегося количества терактов и экономических преступлений требуют обеспечения высокопроизводительного, эффективного таможенного контроля грузов, транспортных средств, следующих через государственную границу. Важное место среди разнообразных антитеррористических средств принадлежит поисково-досмотровой технике, основанной на использовании ионизирующего излучения. Высокая информативность этого метода позволяет создавать поисковые аппаратные средства, обеспечивающие “видение” внутренней структуры практически любого объекта контроля в проходящих или обратнорассеянных лучах.

Анализ последних исследований и публикаций. В зависимости от условий проведения досмотра объектов приборы и системы контроля, использующие ионизирующее рентгеновское и гамма-излучение, разделяют на стационарные и перебазируемые инспекционно-досмотровые комплексы [1], мобильные инспекционно - досмотровые комплексы [2], переносные приборы [3], к которым относят портативные приборы.

Принцип работы мобильных, стационарных и перебазируемых досмотровых комплексов может быть основан на использовании:

- проходящего рентгеновского и гамма-излучения [4, 5, 6];
- обратнорассеянного гамма-излучения системы [7, 8, 9];
- проходящего и обратнорассеянного излучения – комбинированные системы [10].

Действие портативных досмотровых приборов основано на регистрации отраженных от обследуемой поверхности гамма-квантов излучения источника сцинтилляционным детектором [11, 12, 13]. Интенсивность регистрируемого излучения зависит от наличия рассеивающего объекта и его свойств (средней плотности сканируемого объема). По изменению интенсивности зарегистрированного рассеянного излучения, относительные значения которой регистрируются на экране дисплея, можно судить об изменении плотности контролируемого объекта.

Использование обратнорассеянного гамма-излучения позволяет получить информацию о внутреннем содержании контролируемого объекта при досмотре его с одной стороны и быстро выявить подозрительные места, которые в дальнейшем обследуются различными методами углубленного досмотра. Портативные приборы, так называемые детекторы контрабанды, – аппаратура, которая не выявляет непосредственно взрывчатые вещества и устройства или наркотики, но дает возможность обнаруживать положение скрытых полостей, недоступных для внешнего осмотра, и определять наличие в них посторонних предметов.

Детекторы контрабанды применяются в службах безопасности, таможенных органах и других ведомствах для обнаружения за преградами из металла, дерева, пластмассы, ткани несанкционированных вложений. С их помощью обученный инспектор может определить местоположение скрытой контрабанды в легковых автомобилях, грузовиках и фургонах, самолетах и судах (а именно, в стенках контейнеров, топливных баках, автомобильных шинах, фюзеляжах и крыльях самолета и т. д.).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Повышение требований к технической оснащенности специальных подразделений и таможенных служб с целью более эффективного решения задач противодействия угрозам государственной, социальной, экономической, личной и имущественной безопасности обусловило актуальность разработки требований к портативным приборам досмотрового контроля с целью оптимизации и улучшения параметров существующих приборов.

Цель. Формирование основных требований к портативным приборам досмотрового контроля, использующим обратнорассеянное гамма-излучение.

МАТЕРИАЛЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Характеристики портативных приборов досмотрового контроля, использующих обратнорассеянное излучение

В настоящее время на принципе использования информации обратнорассеянного ионизирующего излучения работают следующие портативные приборы (детекторы контрабанды): рентгеновский сканер скрытых полостей "BATSCH" [14], Buster K910B Density Meter (США) [15]; Merlin133 Contraband Detector (США, Канада) [16]; ДИП-А01М Детектор изменения плотности (Россия) [17]; RadReflex Portable Contraband Detector (Германия) [18]; детектор контрабанды Рось-4М (Украина) [19]; УПН-PM1401М-П устройство поиска неоднородностей (Беларусь) [20]; детектор контрабанды PM-1703T POLON ALFA (Польша) [21]. Технические характеристики представлены в таблице 1.

Существует только одна разработка портативного ручного прибора, использующего обратнорассеянное рентгеновское излучение, - это рентгеновский сканер "Ватсон" (рис. 1). Прибор комплектуется поясом с аккумуляторным блоком весом 1,7 кг [21, 22].

Все рассматриваемые радиоизотопные приборы являются легкими переносными устройствами поиска неоднородностей плотности вещества (пустот или вложений) за перегородками и стенками. В состав приборов входят радиоизотопный источник излучения, детектор регистрации обратнорассеянного гамма-излучения, блок регистрации и обработки сигнала детектора, узел цифровой индикации и узел звуковой сигнализации. В приборах используется закрытый источник излучения с радионуклидом барий 133 активностью до 1 мБк, помещенный в

Таблица 1 – Характеристики детекторов контрабанды

Наименование	Детекторы контрабанды							
	Buster K910B	Merlin 133	Rad Reflex	ДИП-А01М	Рось-4М	Ватсон	УПН-PM1401-П	PM-1703T
Источник излучения	Ba 133	Ba 133	Ba 133	Ba 133	Ba 133	Рентген.	Ba 133	Ba 133
Активность, кБк	370	370	<1000	1000	1000	-	1000	<1000
Защита	Вольфрам-сплав	Вольфрам-сплав	Вольфрам	Н/д	Свинец		Свинец	н/д
МЭД гамма-излучения в нерабочем положении без учета естественного радиационного фона, не более: - на поверхности блока детектирования - на пов. ручки блока детектирования - на расстоянии 0,1 м от поверхности прибора, в рабочем состоянии	н/д	н/д	0,5мкЗв/ч	н/д	1мкЗв/ч 0,2 мкЗв/ч 0,2 мкЗв/ч	-	1мкЗв/ч 0,2 мкЗв/ч 0,2 мкЗв/ч	н/д
Детектор	CsI	CsI(Tl)	CsI	н/д	CsI	-	NaI(Tl)	н/д
Скорость сканирования, см/с, (мах)	н/д	н/д	н/д	н/д	30	10	5	5
Глубина сканирования, мм	152	н/д	н/д	300	150	300	300	300
Максимальная толщина преграды, мм: сталь дерево алюминий	н/д	н/д	н/д	н/д	6	1,5 ¹⁾ 45 ¹⁾ 10 ¹⁾	1 ²⁾ 15 ²⁾	(0,5 ч 1) ³⁾
Размеры, мм	144x66x60	110x66x60	270x90x60	230x100x60	175x110x90	322x172x70	185x100x130	130x200x140
Вес, кг	1,1	1,1	1,1	1,1	2	2,4	1,4	1,1
Диапазон рабочих температур, °С	н/д	н/д	от -30 до +50	н/д	от -20 до +45	от -20 до +50	от -30 до +50	-30 до +40

¹⁾ Обнаруживает предмет размерами 20x20x20 мм и плотностью 0,5-2 г/см³.

²⁾ Обнаруживает: алюминиевый брусок размером 30x30x30 мм; полиэтиленовый брусок размером 70x70x20 мм; стальной брусок размером 30x30x10 мм.

³⁾ Обнаруживает и локализует органическое вещество с плотностью 0,4 г/см³: за стальной преградой толщиной 0,5 мм – масса 20 г; толщиной 1 мм – масса 40 г

специальном блоке защиты, гамма-излучение от которого может распространяться только в направлении исследуемого объекта, и при работе с этими приборами не требуется принимать дополнительных мер защиты. Все приборы обеспечивают управление положением источника гамма-излучения ("открыто"/"закрыто").

В серии портативных приборов, использующих обратнорассеянное гамма-излучение, Buster K910B Density Meter (рис. 2) является первым разработанным прибором такого типа.



Рисунок 1 – Рентгеновский сканер "Ватсон"



Рисунок 2 – Buster K910B Density Meter

На рисунке 3 представлены портативные приборы, сходные по конструктивному решению корпуса с прикрепленной к нему ручкой.

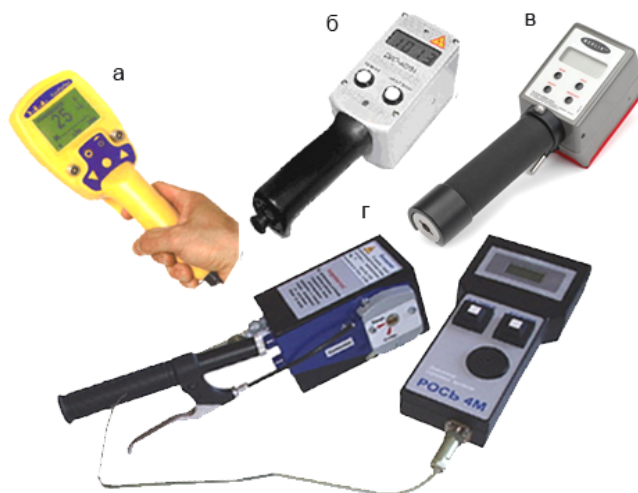


Рисунок 3 – Детекторы контрабанды: RadReflex (а), ДИП-А01М детектор изменения плотности (б), Merlin133 Contraband Detector (в), детектор скрытых пустот "Рось 4М" (г)

На рисунке 4 представлено еще два прибора поиска неоднородностей, конструктивной особенностью которых является размещение коллимированного источника гамма-излучения в свинцовом блоке защиты в отдельном корпусе с ручкой. Корпус предусматривает наличие кронштейна для измерителя-сигнализатора с возможностью его крепления.

Устройство поиска неоднородностей УПН-PM1401М-П (рис. 4 г) применяется совместно с дозиметром ИСП-PM1401М в современной модификации PM1401М (рис. 4 д). Фактически повторением данного прибора, как видно из рисунка 4, является детектор контрабанды PM-1703T фирмы POLON ALFA, здесь также применяется дозиметр

PM1401M. Прибор отличается параметрами обнаружения (см. таблицу 1) и размерами.

В комплектацию всех представленных на рисунках 2, 3, 4 приборов входят: непосредственно детектор, калибровочный эталон плотности, аккумуляторные батарейки, сетевой адаптер для зарядки батарей, наушники, эксплуатационная документация, сумка или футляр для хранения и транспортирования прибора.

Поиск неоднородностей производится следующим образом: детектор изначально размещается на какой-либо поверхности контролируемого объекта, заведомо не имеющего несанкционированного вложения, и удерживается в течение нескольких секунд для регистрации контрольного значения, т. е. проведения калибровки. Затем детектор перемещается по поверхности контролируемого объекта и при изменении плотности включается звуковой сигнал тревоги (различной насыщенности в зависимости от изменения плотности), а на дисплее фиксируются относительные показания плотности. При переходе к контролю очередного элемента конструкции объекта (двери, колеса, бензобак) необходимо вновь производить калибровку. Скорость сканирования выбирается в зависимости от толщины и материала преграды. Для более точной оценки характеристик обследуемого объекта предусмотрена возможность снятия показаний при неподвижном положении детектора.

Buster K910B, Merlin133, RadReflex УПН-PM1401-II PM-1703T обладают дополнительной функцией дозиметра для обнаружения скрытого радиоактивного материала.

Все приборы имеют автоматическую подсветку дисплея и возможность работы в наушниках при зашумленности, предусмотрен так же режим самодиагностики.

В детекторах Buster K910B и Merlin133 происходит автоматический перевод источника в состояние «закрыто» в случае, если не работает индикатор безопасности.

Для удобства досмотра объектов в труднодоступных местах приборы Buster K910B, RadReflex комплектуются телескопической штангой (рис. 5), которая предусматривает возможность крепления дисплея, а Buster K910B, Merlin133, RadReflex в доработанных вариантах имеют дистанционный дисплей с возможностью его расположения в поле зрения оператора, осуществляющего, например, проверку под транспортным средством. Такая возможность в приборе Рось-4М осуществляется за счет двухблочной конструкции прибора, который состоит из блока детектирования и блока обработки информации.

Анализируя характеристики существующих детекторов контрабанды (см. табл. 1), можно отметить, что не для всех приборов производители представляют данные по глубине сканирования, а также какие массу или объем объекта определенной плотности способен обнаружить детектор сквозь преграду определенной толщины из различных материалов.

Таким образом, на основании технических характеристик и особенностей рассмотренных портативных приборов досмотрового контроля (детекторов контрабанды) можно сформулировать основные требования к разрабатываемым приборам такого класса.

По назначению:

- портативный детектор контрабанды предназначен для обнаружения скрытых вложений или пустот в контролируемой зоне по изменению плотности в местах, где она должна быть неизменной;
- глубина сканирования детектора не менее 300 мм;
- максимальная толщина преграды, за которой обнаруживается предмет (алюминиевый брусок размером 30х30х30 мм, полиэтиленовый брусок размером 70х70х20 мм, стальной брусок размером 30х30х10 мм): из стали – 1,5 мм; из алюминия – 10 мм; из дерева – 45 мм.



Рисунок 4 – Детекторы контрабанды: УПН-PM1401М-П Устройство поиска неоднородностей (Беларусь) (а); УПН-PM1401М-П Устройство поиска неоднородностей с дозиметром ИСП-PM1401М (б); PM-1703T Прибор для обнаружения контрабанды (Польша) (в); пример применения прибора (г)



Рисунок 5 – Возможные варианты применения Buster K910B, Merlin133, RadReflex

По функционированию, составу и устройству:

- детектор должен обеспечивать возможность одностороннего контроля;
- звуковая сигнализация при превышении порогового значения показаний, обусловленного наличием несанкционированного вложения;
- цифровая индикация показаний;
- обновление показаний каждые 0,5 секунды для того, чтобы зафиксировать наиболее высокие и наиболее низкие показания;
- наличие дистанционного дисплея для удобства контроля в труднодоступных местах;

- питание изделия должно осуществляться как от сетевого блока питания, так и от автономного источника (батарея, аккумулятор) напряжением 9-12 В;

- механизм управления перемещением источника должен фиксироваться в положении источника «открыто» и «закрыто»;

- дополнительная световая индикация положения источника излучения «открыто».

Требования к конструкции:

- масса не более 1,5 кг ;

- габариты не более: длина 270 мм вместе с ручкой; ширина 90 мм; высота 60 мм;

- величина усилия управления механизмом перевода источника излучения в положение «открыто» должна соответствовать эргономическим требованиям [23].

Требования надежности:

- средняя наработка на отказ механизма перевода источника излучения в положение «открыто» не менее 5000 циклов;

- средний срок службы не менее 10 лет.

Требования безопасности:

- при разработке, производстве, эксплуатации и утилизации необходимо выполнять требования “Норм радиационной безопасности Украины” (НРБУ-97) [24], “Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности Украины” (ОСПУ-2005) [25] и других нормативных документов в области радиационной безопасности;

- значения мощности поглощенной дозы, определенные ОСПУ 2005 для радиоизотопных приборов, используемых в производственных условиях, не должны превышать 100 мкГр/час на поверхности блока и 3 мкГр/час на расстоянии 1 м от поверхности блока.

ВЫВОДЫ

На основе выполненного анализа существующих портативных приборов досмотрового контроля, принцип действия которых основан на применении обратнорассеянного гамма-излучения для определения изменения плотности контролируемого объекта там, где она должна быть неизменной, и в соответствии с нормативными документами по радиационной безопасности сформированы основные требования к приборам рассматриваемого класса, которые позволят разработать новое поколение портативных приборов досмотрового контроля, а также выполнить оптимизацию существующих для обеспечения эффективности досмотрового контроля и возможности ускорить процедуру досмотра в условиях, когда невозможно использование стационарной досмотровой аппаратуры.

SUMMARY

FEATURES OF CONTRABAND DETECTORS USING BACKSCATTERED GAMMA-RADIATION

A. A. Vlasova,

Scientific Research and Project Designing Institute “Iskra”, Lugansk

The article considers portable inspection of instruments which operating principle is based on the use of backscattered gamma radiation; they are detectors of contraband, which determine changes in the density of a control object. The work gives the analysis of the constructions and the specifications. The article lays down the main requirements imposed to the instruments of such type..

Key words: *backscattered radiation, detector of contraband, density*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стационарное рентгеновское оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/index.asp?tbl=04.06.01>.

2. Мобильное рентгеновское оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/index.asp?tbl=04.06.03>.
3. Переносное рентгеновское оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/index.asp?tbl=04.06.02>.
4. Advanced Cargo Container Scanning Technology Development [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/Conferences/MTS/3A%20rphan%20Paper.pdf>
5. Инспекционно-досмотровая рентгеновская установка "Hi-Scan 250250 САВ" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/des.asp?itm=4154&tbl=04.06.01>.
6. Инспекционно-досмотровый рентгеновский комплекс для досмотра автомобилей "Портал-Авто" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/des.asp?itm=4154&tbl=04.06.01>.
7. Backscatter The ABCs of Z. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.as-e.com/products_solutions/z_backscatter.asp
8. Rapiscan Secure 1000. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xrs.vatec.com.ua/page/rapiscan-secure-1000>
9. American Science and Engineering, Inc." (AS&E).Products & solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.as-e.com/products_solutions/index.asp
10. Omniview cantry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.basixtech.co.za/downloads/AS&E/Cargo%20&%20Inspection%20Vehicles/OmniviewBrochure_final_031708%5B1%5D.pdf
11. Дубровкина М.В. Перспективы применения детектора скрытых пустот на основе эффекта обратного рассеяния гамма-излучения при контроле транспортных средств / М.В. Дубровкина, А.В. Калужный // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2010: збірка наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції. – Херсон: Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2010. – С.27-31.
12. Шаповалов В.Д. Приборы и технологии для чрезвычайных ситуаций / В.Д. Шаповалов // Надзвичайна ситуація. – 2007. – № 8. – С. 56-59.
13. Калужный А.В. Исследование методов контроля скрытых пустот различными способами / А.В. Калужный // Адаптивні системи автоматичного управління: Міжвідомчий науково – технічний збірник. – Днепропетровск: Системні технології, 2007. – Выпуск 10 (30). – С. 54-62.
14. Оборудование досмотрового-поискового комплекса. Ручной рентгеновский сканер скрытых полостей "БАТСОН" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.evraas.ru/p-390.htm>
15. The Buster K910B Contraband Detector [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sasrad.com/russian/products/buster/principles_of_operation.php
16. RSA133-Merlin 133 Contraband Detector [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <http://lib.store.yahoo.net/lib/yhst-68481493176517/06.pdf>; <http://www.janes.com/articles/Janes-Explosive-Ordnance-Disposal/Merlin133-contraband-detector-United-Kingdom.html>
17. ООО TACK-T Детектор контрабанды ДИП-А01М [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://taskt.ru/equipment/atiterror/pdf/dip-a01m.pdf>
18. RadReflex 2 Portable Contraband Detector Art.-No.: 0400100 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eodpartner.com/eng/02products/03security/0400100%20Rad%20Reflex%202/0400100_e.pdf
19. Детектор скрытых пустот "Рось – 4М" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iskra.local/index.php?lang=ru&page=sci-tech-prod/ros4m>; <http://www.sistss.ru/2010-06-23-20-50-53/850----q-4q.html>
20. POLIMASTER/ Устройство поиска неоднородностей УПН-PM1401М-П (Детектор контрабанды) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://polimaster.ru/products/contraband_detector/pm1401t/?print=true
21. Polon alfa детектор контрабанды pm-1703t [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.polonalfa.com.pl/ru/index.php?option=com_content&task=view&id=66&Itemid=43
22. Буклей А.А.Разработка новых технологий и конструкций мобильных рентгеновских интроскопов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.referun.com/p/razrabotka-novyh-tehnologiy-i-konstruktsiy-mobilnyh-rentgenovskih-introskopov>
23. ГОСТ 22614-77 Система "Человек-машина". Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования.
24. ДГН 6.6.1.-6.5.001-98 Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): затверджено Наказом МОЗ України від 14.07.1997 р. № 208; введено в дію постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1997 р. № 62.
25. ДСП 6.177-2005-09-02. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України: затверджено Наказом МОЗ України від 02.02.2005 № 54; зареєстр. в Мін'юсті України 20.05.2005 р. за № 552/10832.

Поступила в редакцію 25 июля 2011 г.