

УДК 539.12.04

**ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ КОНТРОЛЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОБРАТНОРАССЕЯНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ РАДИОМЕТРИЧЕСКОМ ДОСМОТРОВОМ КОНТРОЛЕ****В. А. Ульшин, М. В. Дубровкина М.В., Н. Г. Мороз**Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт "Искра", г. Луганск  
ул. Звейнека, 145 с, г. Луганск, 91033, Украина. E-mail: official@iskra.lugansk.ua, iskra\_nipki@mail.ru

Исследовано влияние параметров геометрии контроля, в частности угла наклона источника ионизирующего излучения и его коллимации, на интенсивность обратнорассеянного излучения в виде суммарного количества зарегистрированных гамма-квантов. На основании проведенных исследований построены зависимости суммарного счета от угла наклона источника ионизирующего излучения и его коллимации при разных материалах преграды, что способствует повышению вероятности выявления скрытого объекта.

**Ключевые слова:** суммарная счетность, обратнорассеянное излучение, геометрия контроля, интенсивность излучения, досмотровый контроль.

**ВПЛИВ ГЕОМЕТРІЇ КОНТРОЛЮ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЗВОРОТНО РОЗСІЯНОГО ВИПРОМІНЕННЯ ПРИ РАДІОМЕТРИЧНОМУ ОГЛЯДОВОМУ КОНТРОЛІ****В. А. Ульшин, М. В. Дубровкіна, М. Г. Мороз**Науково-дослідницький та проектно-конструкторський інститут "Искра", м. Луганськ  
вул. Звейнека, 145 с, м. Луганськ, 91033, Україна. E-mail: official@iskra.lugansk.ua, iskra\_nipki@mail.ru

Досліджено вплив параметрів геометрії контролю, зокрема кута нахилу джерела іонізуючого випромінювання та його колімації, на інтенсивність зворотно розсіяного випромінювання у вигляді сумарної кількості зареєстрованих гамма-квантів. На підставі проведених досліджень побудовано залежності сумарної лічби від кута нахилу джерела іонізуючого випромінювання та його колімації при різних матеріалах перешкоди, що сприяє підвищенню ймовірності виявлення прихованого об'єкту.

**Ключові слова:** сумарна зліченність, зворотно-розсіяне випромінювання, геометрія контролю, інтенсивність випромінювання, оглядовий контроль.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РОБОТЫ.** В последнее время, особенно в связи с проведением в Украине Евро-2012, упрощаются процедуры при пересечении границы. Наряду с позитивными моментами (высокая пропускная способность таможенных пунктов, уменьшение времени нахождения в очереди объектов контроля, снижение загруженности таможенников и т.д.), упрощение процедур таможенного контроля может способствовать росту несанкционированного ввоза контрабанды, наркотиков, оружия, драгоценностей и др. в страну, а также их провоз через территорию страны.

В [1] установлено, что наибольшее количество контрабанды пересекает таможенный контроль при помощи транспортных средств, следовательно, необходимо усилить досмотровый контроль не только людей и их багажа, но и транспортных средств.

При этом необходимо обеспечить высокую пропускную способность досмотра, его надежность при неразборности объектов контроля. Также нередко встречаются ситуации, когда доступ к объекту контроля со всех сторон невозможен, следовательно, необходимо обеспечить односторонний досмотровый контроль объектов.

На основе проведенного в [2] сравнительного анализа установлено, что наиболее перспективными для решения задач оперативного досмотрового контроля являются методы, основанные на возбуждении и регистрации обратно рассеянного гамма-излучения [2–4]. Данные методы имеют преимущество по глубине сканирования, обеспечивают контроль объектов, в том числе с односторонним доступом, которые имеют сложную форму и конструкцию и изготовлены из различных материалов, а также по-

зволяют на их основе создавать портативные досмотровые приборы. В результате проведенного в [5] анализа существующих радиометрических приборов установлено, что в настоящее время в приборах рассматриваемого класса для детектирования гамма-излучения широко применяется счетный режим. Выходной характеристикой таких приборов, определяющей эффективность контроля, является изменение интенсивности обратно рассеянного излучения в виде суммарного количества зарегистрированных гамма-квантов (суммарного счета), значение которой зависит от активности источника ионизирующего излучения (ИИИ) и геометрии контроля [5, 6]. Одними из наиболее существенных параметров геометрии контроля, влияющих на суммарную счетность, являются, в частности, угол наклона ИИИ и его коллимация. Следовательно, исследование влияния данных параметров геометрии контроля на суммарный счет является актуальным.

Целью данной работы является исследование влияния геометрии контроля на суммарный счет, а, следовательно, на эффективность досмотрового контроля.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Экспериментальные исследования изменения интенсивности обратнорассеянного излучения в виде суммарного количества зарегистрированных гамма-квантов (суммарного счета) проводились в выбранном энергетическом окне (от 0 до 500 кэВ). Спектры в каждой серии экспериментов формировались в течении 600 с. Последующая обработка полученных результатов и построение графиков зависимости выполнены при помощи MathCad 14.

Исследования проводились на лабораторном стенде, который состоит из экспериментальной установки и блока детектирования, подключенного к спектрометру “Фортуна” (стенд разработан и создан в НИПКИ “Искра”) [5]. Основные составляющие блока детектирования (рис. 1):

- источник ионизирующего излучения –  $\text{Ba}^{133}$ , тип Gba3.044 активностью 1,0 МБк, расположенный в биологической защите из свинца. Цилиндрический свинцовый коллиматор  $\varnothing$  55 мм, радиус канала – 3 мм, толщина стенок – 25 мм, углубление ИИИ для стали и пластика – 5 мм, для резины – 5 и 10 мм;

- детектор, состоящий из ФЭУ 9112В фирмы “Electron Tubes” и сцинтиллятора CsI(Tl)  $\varnothing$  40x45 мм, защита кристалла – свинцовая толщиной 5 мм;

- набор преград: стальная преграда толщиной 1 мм; резиновая преграда толщиной 4 мм; пластина из пластика толщиной 1 мм. Материал преграды и ее толщина выбраны с учетом полученных в [1, 7] результатов анализа конструктивных особенностей транспортных средств.

- имитатор закладки – имитатор наркотиков и взрывчатых веществ (брусок мыла 60x95x30 мм). Закладка находилась посередине между детектором и ИИИ (40 мм от центра детектора).

Детектор ИИИ и детектор расположены с одной стороны от объекта контроля. Расстояние от центра ИИИ и центра детектора – 80 мм.

При проведении исследований угол наклона ИИИ изменяется от 0 до 45 градусов с шагом 5 градусов, коллимация ИИИ выполняется за счет углубления ИИИ на определенную глубину внутрь канала. При увеличении угла наклона ИИИ более 45 градусов происходит „засветка” детектора излучением от ИИИ, и вместо полезного сигнала детектор будет регистрировать данные спектрального состава ИИИ.

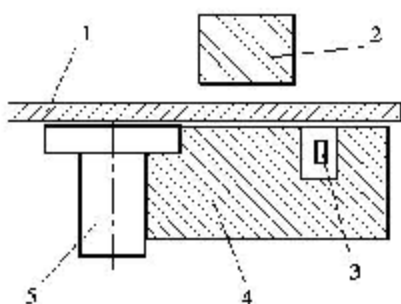


Рисунок 1 – Схема измерения: 1 – преграда; 2 – закладка; 3 – ИИИ; 4 – защита; 5 – детектор

На основании проведенных исследований зависимости суммарного счета от угла наклона ИИИ при разных материалах преграды получены результаты, которые приведены в табл. 1–3 и графике зависимости на рис. 2–6.

Таблица 1 – Полученные значения суммарного счета при использовании стальной преграды и изменении угла наклона ИИИ при различных условиях его коллимации

Угол наклона ИИИ, град.	Суммарный счет	
	для неколлимированного ИИИ	для коллимированного ИИИ
0	69306	311871
5	92673	353529
10	126299	379843
15	156524	407425
20	205404	435534
25	223866	456454
30	234172	471483
35	305568	482532
40	317150	492744
45	305317	496301

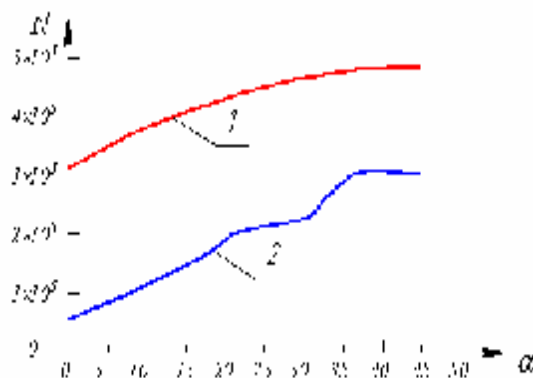


Рисунок 2 – Зависимость суммарного счета от угла наклона ИИИ при использовании стальной преграды: 1 – коллимированный ИИИ; 2 – неколлимированный

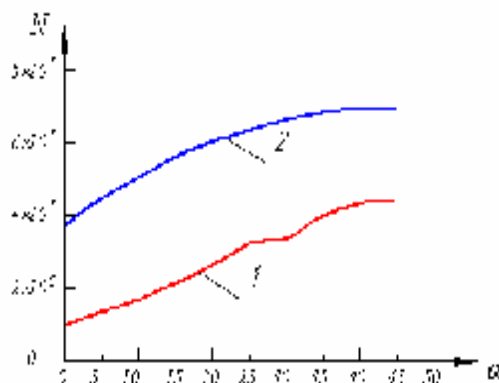


Рисунок 3 – Зависимость суммарного счета от угла наклона ИИИ при использовании резиновой преграды: 1 – коллимированный ИИИ; 2 – неколлимированный ИИИ

Таблиця 2 – Полученные значения суммарного счета при использовании резиновой преграды и изменении угла наклона ИИИ при различных условиях его коллимации

Угол наклона ИИИ, град.	Суммарный счет	
	для неколлимированного ИИИ	для коллимированного ИИИ
0	378987	103242
5	452223	139010
10	499515	170261
15	562550	218219
20	599913	263593
25	637677	324338
30	661992	336834
35	678382	397124
40	692578	438478
45	305317	445138

Таблиця 3 – Полученные значения суммарного счета при использовании пластиковой преграды и изменении угла наклона ИИИ при различных условиях его коллимации

Угол наклона ИИИ, град.	Суммарный счет		
	для неколлимированного ИИИ	для коллимированного ИИИ	
		Углубление 5 мм	Углубление 10 мм
0	252148	47326	24877
5	300454	52512	31578
10	354423	68735	37236
15	361761	90874	46292
20	423454	112171	58079
25	492030	155988	74917
30	544622	188437	91329
35	593832	249195	121841
40	613492	307429	163024
45	629978	357886	194980

Увеличение угла наклона коллимированного, а также неколлимированного ИИИ приводит к увеличению суммарного счета.

Следует заметить, что резина поглощает большую часть излучения, которое попадает на нее, поэтому для коллимированного ИИИ значение суммарного счета в среднем в 2 раза выше, чем для

неколлимированного. Аналогичная ситуация и для пластика.

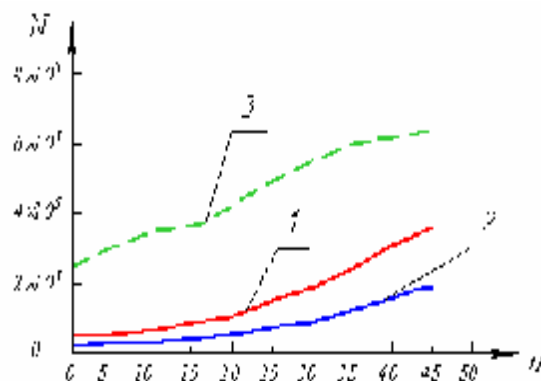


Рисунок 4 – Зависимость суммарного счета от угла наклона ИИИ при использовании пластиковой преграды: 1, 2 – коллимированный ИИИ (углубление 5 мм и 10 мм соответственно); 3 – неколлимированный ИИИ

Зависимости суммарного счета от угла наклона неколлимированного и коллимированного ИИИ для различных материалов приведены на рис. 5, 6.

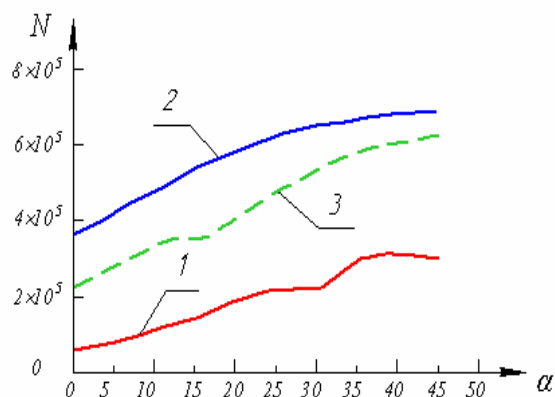


Рисунок 5 – Зависимость суммарного счета от угла наклона неколлимированного ИИИ: 1 – сталь; 2 – резина; 3 – пластик

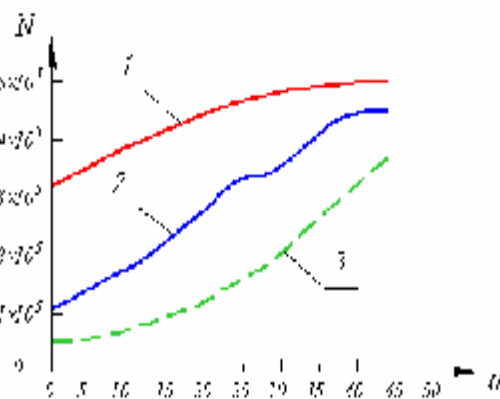


Рисунок 6 – Зависимость суммарного счета от угла наклона коллимированного ИИИ: 1 – сталь; 2 – резина; 3 – пластик

На основании полученных результатов установлено, что при использовании неколлимированного ИИИ и преграды из стали, резины или пластика увеличение угла наклона ИИИ приводит к увеличению суммарного счета, следовательно, способствует повышению вероятности выявления скрытого объекта. Следует отметить, что значение счета для стальной преграды при неколлимированном ИИИ меньше, чем для преград из других материалов, а при коллимированном ИИИ – больше. Это связано с особенностями взаимодействия гамма-излучения с материалами, которые имеют различные поглощающие свойства.

**ВЫВОДЫ.** На основании проведенного исследования влияния параметров геометрии контроля, в частности угла наклона ИИИ и его коллимации, на суммарный счет, а, следовательно, на эффективность контроля, при различных материалах преграды (сталь, резина, пластик) установлено:

- увеличение угла наклона коллимированного, а также неколлимированного ИИИ независимо от материала преграды приводит к увеличению суммарного счета, следовательно, может способствовать повышению вероятности выявления скрытого объекта;

- резина поглощает большую часть излучения, которое попадает на нее, поэтому при использовании резиновой преграды и коллимированного ИИИ значение суммарного счета в среднем в 2 раза выше, чем для неколлимированного. Аналогичная ситуация и для пластика;

- значение счета для стальной преграды при неколлимированном ИИИ меньше, чем для преград с других материалов, а при коллимированном – больше. Это связано с особенностями взаимодействия гамма-излучения с материалами, которые имеют различные поглощающие свойства.

Однако следует учитывать, что об изменении плотности объекта контроля, а следовательно о наличии закладки можно судить по изменению интенсивности зарегистрированного обратно рассеянного излучения [8].

Таким образом, при принятии решения о наличии или отсутствии закладки необходимо учитывать не сам как таковой суммарный счет, а скорость изменения (увеличения или уменьшения) разности счета, поэтому в дальнейшем планируется проведение дополнительных исследований с целью определения характера зависимости скорости изменения разности счета от геометрии измерительной схемы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ характеристик транспортных средств для обеспечения эффективности досмотрового контроля / Н.В. Качанюк, М.В. Дубровкина // Восточно-европейский журнал. – 2011. – № 6/2(54). – С. 51–54.
2. Калюжный А.В. Исследование методов контроля скрытых пустот различными способами // Адаптивні системи автоматичного управління: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Днепропетровск: Системні технології, 2007. – Вып. 10 (30). – С. 54–62
3. Перспективы применения детектора скрытых пустот на основе эффекта обратного рассеяния гамма-излучения при контроле транспортных средств / М.В. Дубровкина, А.В. Калюжный // 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.
4. Особливості оглядового контролю транспортних засобів з використанням приладів на основі зворотного гамма-випромінювання / М.В. Дубровкина, Н.В. Качанюк // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT–2011: Збірка наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції. – Т. 1. – Херсон: Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2011. – С. 27–28
5. Дослідження та оптимізація приладів оглядового контролю, в яких використовується метод зворотного гамма-випромінювання: Звіт про НДР (заключний) // Науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут “Іскра”; Науковий керівник проф. В.А. Ульшин. – № ГР 0111U000022, Інв. № 87. – Луганськ, 2011. – 300 с.
6. Калюжный А.В. Математическая модель детектора скрытых пустот, основанного на эффекте обратного рассеяния гамма-излучения // Вестник СевНТУ. Серия „Физика, математика”. – Вып. № 99. – 2010. – С.78–81.
7. Анализ конструктивных особенностей транспортных средств для обеспечения эффективности досмотрового контроля / Лыкова А.А.; НИПКИ “Искра”. - Луганск, 2011. – 6 с.: Деп. в ГНТБ Украины 09.08.11, № 61. – Ук.2011.
8. Пат. 27578 Україна МПК G01N 23/20 Спосіб пошуку неоднорідностей щільності речовини / Мороз М. Г., Казьоннова Н. І., Кочергін О. В.; заявник і власник Науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут “Іскра”; заяв. 04.06.2007; публ.12.11.2007, бюл. № 18.

## INFLUENCE OF GEOMETRY OF CONTROL ON INTENSITY OF BACKSCATTERED GAMMA RADIATION AT RADIOMETRIC INSPECTION

V. Ulshin, M. Dubrovkina, N. Moroz

Scientific Research and Project Designing Institute Iskra, Lugansk

vul. Zveyneka, 145c, Lugansk, 91033, Ukraine. E-mail: official@iskra.lugansk.ua, iskra\_nipki@mail.ru

Promising methods for operative vehicle inspection are those based on backscattered gamma radiation, that is why the study of influence of geometry parameters of control on the intensity of backscattered gamma radiation is essential.

The work studies influence of geometry of control on intensity of gamma radiation. It builds the dependencies of the counting on an inclination level of IRS and its collimation at different shield. Increase of inclination level of IRS leads to increase of the total counting. The counting for a steel shield at non-collimated IRS is lower than for the other materials, and at collimated is higher. At taking solution about a concealed object it is necessary to consider the rate of change of the difference of counting, that is why it is necessary to determine the dependency of rate change of counting on the geometry of the measuring circuit.

**Keywords:** total countability, backscattered radiation, geometry of control, radiation intensity, inspection.

## REFERENCES

1. Analesis of characteristics of vehicles to provide effective inspection / N.V. Kachaniuk, M.V. Dubrovkina // *East Ukrainian Journal*. – 2011. – № 6/2(54). – PP. 51–54. [in Russian]
2. Kaliuzhny A.V. Research of methods of control of concealed hollows by different ways // *Adaptive systems of automatic control: Interdepartmental Scientific Technical Digest*. – Dnepropetrovsk: System Technologies, 2007. – Issue 10 (30). – PP. 54–62. [in Russian]
3. Perspectives of application of detector of concealed hollows based on effect of backscattered gamma radiation at inspection of vehicles // M.V. Dubrovkina, A.V. Kaliuzhny // *Modern Informational and Innovation Technologies in transport MINTT–2010: Digest of Scientific Works of International Scientific and Application Conference*. – Kherson: Publishing Office of Kherson State Navy Institute, 2010. – PP. 27–31. [in Russian]
4. Specific features of inspection of vehicles using devices based on backscattered gamma radiation // M.V. Dubrovkina, N.V. Kachaniuk // *Modern Informational and Innovation Technologies in transport MINTT–2011: Digest of Scientific Works of International Scientific and Application Conference*. – V. 1. – Kherson: Publishing Office of Kherson State Navy Institute, 2011. – PP. 27–28. [in Ukrainian]
5. *Research and optimization of inspection devices based on backscattered gamma radiation: Report of SRW (final)* / Scientific Research and Project Designing Institute Iskra; Major Scientist Prof. V.A.Ulshin. – № ГР 0111U000022, Inv. № 87. – Lugansk, 2011. – 300 p. [in Ukrainian]
6. Kaliuzhny A.V. Mathematical model of detector of latent hollows based on effect of backscattered gamma radiation // *Herald of SevNTU. Series Physics and Math*. – Issue № 99. – 2010. – PP. 78–81. [in Russian]
7. *Analysis of constructional specifications of vehicles provide effective inspection* / Lykova A.A.; SRPDI Iskra. – Lugansk, 2011. – 6 p.: Appl. in Ukrainian SSTL 09.08.11, № 61. – Uk.2011. [in Russian]
8. Patent 27578, Ukraine, IPC G01N 23/20. *Method for search of density nonuniformity* / M.G. Moroz, N.I. Kazenova, A.V. Kochergin, applicant and patent holder Scientific Research and Project Designing Institute Iskra, № u 2007 06142; appl. 04.06.2007; publ. 12.11.2007, Bulletin № 18. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 09.06.2012.

Рекомендовано до друку  
к.т.н., доц. Мосьпаном В.О.