

Чернявський Ігор Юрійович – кандидат технічних наук, професор факультету військової підготовки імені Верховної Ради України Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків.

Чернявский Игорь Юрьевич – кандидат технических наук, профессор факультета военной подготовки имени Верховной Рады Украины Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», г. Харьков.

Chernyavsky Igor Yuryevich - candidate of technical sciences, professor of Military Training Department of National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov.

УДК 681.2:[623.454.836+623.454.84+623.454.86]

**З. В. БЛИК, О. М. ГРИГОР'ЄВ, Ю. В. ЛИТВИНОВ, М. Є. ПОЛЯНСЬКИЙ,
О. В. САКУН, В. В. МАРУЩЕНКО, І. Ю. ЧЕРНЯВСЬКИЙ**

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКУ НА ІМПУЛЬСНЕ ГАММА-ДЖЕРЕЛО З ВИКОРИСТАННЯМ СФЕРИЧНОГО ПОГЛИНАЧА

Проведено аналіз проблеми по визначенню параметрів ядерних вибухів та відомих методів їх вимірювання. Метод визначення напрямку на точкові джерела гамма-випромінювання моделюється з використанням світла. Експериментально показана можливість вимірювання напрямку на точкове джерело електромагнітного випромінювання, що пройшло крізь кульовий поглинач, трьома блоками детектування на основі кремнієвих фотодіодів. Використовувалися постійне джерело світла та сферичний поглинач, що обертався. Кожному куту в просторі між джерелом світла та блоком детектування відповідали різні інтенсивності на детекторах.

Ключові слова: визначення напрямку на ядерний вибух, електромагнітне випромінювання, багатоканальний аналізатор імпульсів.

Проведен анализ проблемы по определению параметров ядерных взрывов и известных методов их измерения. Метод определения направления на точечные источники гамма-излучения моделируется с использованием света. Экспериментально показана возможность измерения направления на точечный источник электромагнитного излучения, которое прошло через шаровой поглотитель, тремя блоками детектирования на основе кремниевых фотодиодов. Используется постоянный источник света и сферический поглотитель, который вращается. Каждому углу в пространстве между источником света и блоком детектирования соответствовали разные интенсивности на детекторах.

Ключевые слова: определение направления на ядерный взрыв, электромагнитное излучение, многоканальный анализатор импульсов. Analysis the problem to determine the parameters of nuclear explosions and known methods for their measurement been carryd out. The method for directionfinding the point source of gamma radiation is modeled with the use of light. Experimentally proved the possibility of measuring the direction to a point source of electromagnetic radiation, that has passed through the ball absorber. The constant source of light and continuously rotating spherical absorber have been used. This been detected three detection assembly based on silicon photodiodes . Every corner of the space between the source light and detection unit corresponds to a different intensity on the detectors.

Keywords: determining the direction of a nuclear explosion, elektromagnitne viprominyuvannya, multi-channel pulse analyzer.

Постановка проблеми. На сьогодні все людство стало свідками відкритого протистояння багатьох наддержав – Росії та Сполучених Штатів Америки разом з об'єднаною Європою, продовжується війна Палестини та Ізраїлю, Северна Корея проводить випробування балістичних ракет, перебування терористичних збройних формувань на території Сирії та України. Швидкими темпами нарощують свій економічний потенціал Китай та Індія, що у найближчому часі не зможуть задовольнятися своїм теперішнім статусом. До цього, актуальним є і конфлікт Індії та Пакистану [1]. Наявність ядерної зброї у вищезазначених держав свідчить не лише про можливість її застосування, а й про необхідність розробки та створення систем виявлення параметрів ядерних вибухів та захисту від них.

Інформацію, що отримують від засобів засічки ядерних вибухів, використовують, в першу чергу, для оперативної оцінки стану боєздатності підрозділів, з якими втрачений зв'язок. При цьому точність визначення координат ядерних вибухів різними джерелами інформації може змінюватися в широких межах: похибка для світлотехнічних засобів складає 0,2 км, радіотехнічних засобів – до 1 км, постами візуального спостереження – до 1,5 км. Однак всі вони

морально застарілі та зняті з виробництва.

Як показали дослідження, при неможливості ідентифікувати тип боєприпасу (ядерний термоядерний, нейтронний) неможливо мати достовірні дані про спектрально-кутові характеристики імпульсного гамма-нейтронного випромінювання проникаючої радіації, що впливає на особовий склад, і, відповідно, виникають значні похибки в оцінці радіаційного ураження підрозділів і частин за даними прогнозу.

Тому проблема розробки пристроїв виявлення застосування противником ядерної зброї, її параметрів та максимального захисту від неї є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для виявлення факту наявності імпульсних точкових джерел, таких як ядерний вибух, та визначення напрямку на них відомі наступні методи та пристрої. Так в пристрої визначення радіонуклідів для контролю підземних ядерних вибухів [2] в якості блоку детектування благородних газів, що утворюються при ядерному вибуху, використовують решітчасту комірку пластику, яка покрита наночастками срібла та скінтілятор з внутрішнім

каналом, а в якості пристрою обробки – багатоканальний аналізатор імпульсів. В способі ідентифікації ядерного вибуху за ізотопами криптону та ксенону [3] пропонується визначати наявність факту ядерного вибуху за вимірними активностями радіоактивних благородних газів, що з'являються в атмосфері після вибуху. В іншому обладнанні ядерного виявлення та контролю з функцією дозиметрії в реальному часі [4] визначається миттєва доза випромінювання ядерного вибуху та виконується захист електроніки та електронної апаратури. Ці пристрої [2, 3, 4] фіксують факт наявності імпульсного джерела, але не визначають напрямку на нього.

В [5] описано пристрій, метод і програма для приблизної оцінки джерела, що генерує вибух, які основані на спостереженні за формою хмари вибуху. Необхідно відмітити, що даний пристрій має невисоку розподільчу здатність, а також залежність отриманих даних від погодних умов. В [6] запропонована система контролю та метод для визначення даних про вибух ядерного заряду та оцінки втрат живої сили та техніки, що включає блок детектування у вигляді кулі, на поверхні якого розташована велика кількість температурних датчиків – термопар, датчиків тиску, декілька датчиків гамма-випромінювання, декілька датчиків нейтронного випромінювання та електронний процесор сигналів. Метод визначення напрямку на ядерний вибух полягає в визначенні термопар, що нагріваються швидше, ніж інші. При цьому виникає проблема визначення напрямку на наступний ядерний вибух, оскільки необхідно, щоб температура в місці розташування термопар знизилась.

З урахуванням недоліків вище описаних методів та пристроїв авторами було запропоновано метод [7] та пристрій [8] для визначення напрямку на джерела гамма-випромінювання. Вони основані на використанні чотирьох багатоканальних аналізаторів імпульсів із блоками детектування з телурид кадмієвими детекторами розміром $5 \times 5 \times 2$ мм, що розташовані в кульовому або асиметричних поглиначах та працюють одночасно. Детектори вимірюють амплітуду енергії гамма-імпульсу, що реєструється як одиночний імпульс, і за відношенням вимірних амплітуд однієї до іншої визначається напрямку на гамма-джерело.

Мета статті: перевірити можливість використання способу визначення напрямку на імпульсні гамма-джерела, що запропонований

авторами, шляхом моделювання його на імпульсному джерелі світла та блоці детектування з кульовим поглиначем та кремнієвими детекторами.

Викладення основного матеріалу. Проблемою при проведенні експерименту для визначення напрямку на імпульсні гамма-джерела є необхідність в використанні (для іспитів) ядерного вибуху або імпульсного прискорювача. Тому, оскільки гамма-випромінювання і звичайне світло є електромагнітною хвилею з різною енергією, експеримент був проведений на постійному джерелі світла з проходженням його крізь поглинач, що його частково поглинає, та реєстрацією світла, що пройшло, кремнієвими детекторами ФД 337А. Дані детектори мають наступні корисні властивості: 1) відкрита поверхня площею 1 см^2 ; 2) технологія виготовлення р-п-переходу – дифузія бромом, що дозволяє розраховувати на підвищену радіаційну стійкість [9]; 3) товщина р-п-переходу може досягати 0,3 мм, що дозволяє вимірювати енергію бета-часток до 300 кеВ, альфа часток до 10 МеВ; 4) невисока ціна за рахунок крупносерійного виробництва. Автори припускають, що взаємодія оптичного випромінювання та гамма-квантів з кремнієвими детекторами буде аналогічною, а амплітуда імпульсів пропорційна поглиненій в детекторі енергії. Це показано при вимірюванні альфа- (рис. 1) та бета-випромінювання [10], а також оптичного випромінювання (рис. 2).

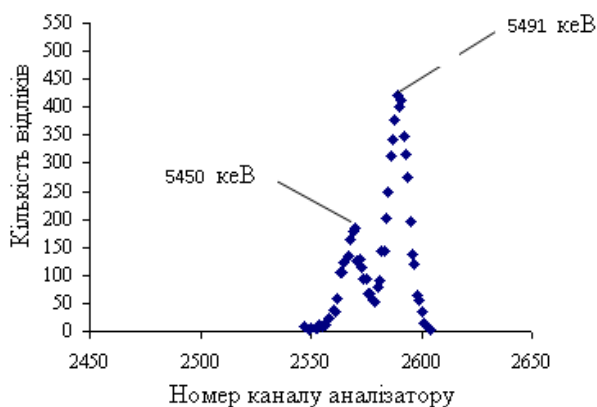


Рис. 1 – Енергетичний спектр альфа-джерела плутоній-238

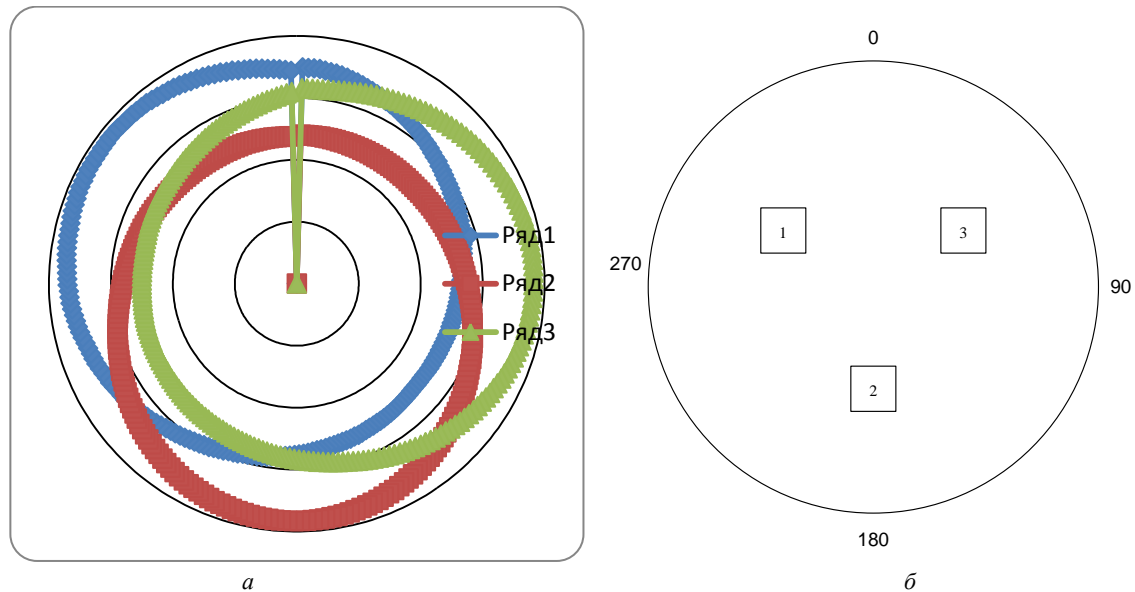


Рис. 2 – Результати експерименту: *a* - залежність кількості фотонів на трьох детекторах від кута на джерело оптичного випромінювання в діапазоні кутів від 0° до 360° , де ряд 1 відповідає інтенсивності, що пройшла крізь поглинач для першого детектора, ряд 2 – для другого, ряд 3 – для третього детектора; *б* – загальна схема розташування першого (1), другого (2) та третього (3) кремнієвих детекторів під кульовим поглиначем

Сигнали від кремнієвих детекторів реєструвалися шістнадцятьма розрядними аналогово-цифровими перетворювачами. В якості поглиначя та розсіювача світла використовувалася емульсія води з розчином бриліантового зеленого кольору та вуглеводнів, що наповнювала кульову плоскодонну колбу ємністю 5 літрів. Детектори розміщувалися під дном колби в вершинах правильного трикутника. Колба розміщувалася на лімбі від токарного станку з градусною мірою від 0° до 360° . Джерело постійного світла розміщувалося в вертикальній площині під кутом 45° . Зміна освітлення падаючого на детектори проводилася шляхом обертання колби з детекторами від 0° до 360° зі швидкістю $6,67^\circ$ в секунду.

При визначенні напрямку на імпульсне випромінювання за допомогою багатоканальних аналізаторів імпульсів використовувались показання значень амплітуд імпульсів, які пропорційні кількості та енергії гамма-квантів зареєстрованих детекторами, а на екранах спектрометрів реєструється по одному імпульсу з характерною для кожного детектора амплітудою, яка визначається товщиною поглиначя на шляху проникаючого випромінювання (рис. 3).

Тому при проведенні експерименту лімб постійно обертася від 0° до 360° , що дозволило в короткий проміжок часу отримати відповідну кількість фотонів на кожному з трьох детекторів. За отриманими даними була побудована залежність кількості фотонів від кута в просторі, яка показала, що кожному напрямку в просторі відповідає певне значення кількості гамма-квантів зареєстрованих усіма детекторами (рис. 2а).

Необхідно відмітити, що дані отримані на (рис. 2а) спочатку знімалися з аналогово-цифрових

перетворювачів у вигляді синусоїд (рис. 4), які зсунуті одна відносно іншої на кут 120° , що відповідає розташуванню кремнієвих детекторів, а їх амплітуди залежали від азимута джерела світла, після чого дані були передані в Excel для побудови залежності (рис. 2а).

З рисунку 2 видно, що розташування детекторів під кутом 120° один до одного, умовно у центрі малих трьох кіл, дає зміну кількості фотонів, що реєструються ними, в діапазоні кутів від 0° до 360° , та збігається з отриманими відповідними зовнішніми перехрестями трьох кіл інтенсивностей, що також розташовані під кутом 120° , а кожному значенню кута відповідає відповідне значення інтенсивності для кожного детектора відносно загального центру (на рисунку позначено центром великого кола).

Висновки. Таким чином, проведений експеримент підтвердив вірність розробленого методу та пристрою для визначення напрямку на гамма-джерела з похибкою, що не перевищувала 3 % від максимально зафіксованої інтенсивності на шкалі пристрою. У перспективі існує можливість визначити відстань та потужність імпульсного джерела гамма- та нейтронного випромінювання та визначити тип боєприпасу – ядерний, нейтронний або термоядерний по відношенню кількості гамма-квантів та нейтронів, а також використовувати дані засоби для контролю відхилення пучка в імпульсному прискорювачу, визначення напрямку на гамма-сплески в галактиці, радіаційної розвідки місцевості та захисту екіпажу танку від ударної хвилі ядерного вибуху.

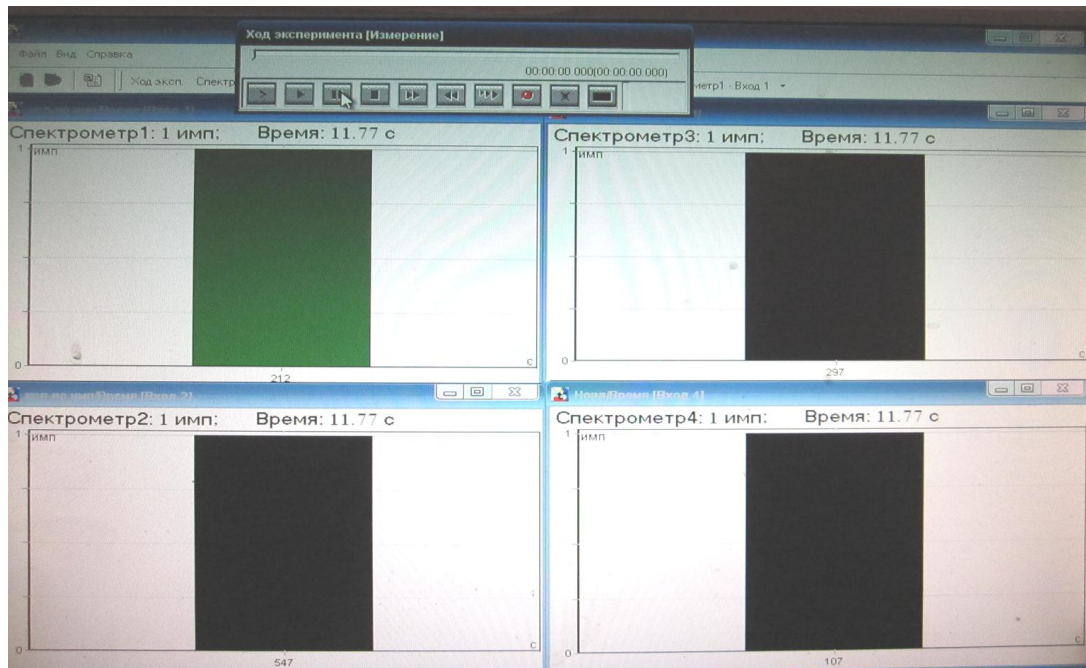


Рис. 3 – Моделювання показань аналізаторів імпульсів від імпульсного джерела оптичного випромінювання

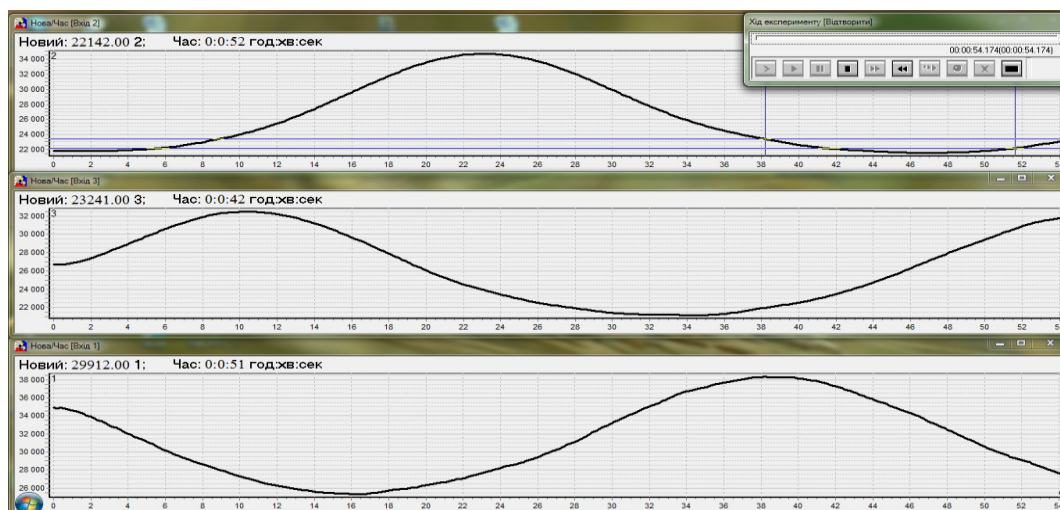


Рис. 4 – Первинні дані, що безпосередньо знімаються з аналогово-цифрових перетворювачів, де по осі абсцис розташовано час вимірювання, а по осі ординат - інтенсивність світла, що пройшло крізь поглинач

Список літератури:

1. Ядерна зброя як чинник міждержавних відносин в південній азії. / *О. М. Теленко* // Актуальні проблеми міжнародних відносин. – Київ, 2015. – Випуск 124 (частина II). – С. 22–29.
2. *Crawford, Tara E.; Achampong, Christine V.; O'hearn, Philip G.; Santos, Veronica M.; Sarch, Cody A.* Radionuclide detection device for verification of an underground nuclear explosion : Patent CA 2724143 A1, G21J5/00, G01T1/20. – CA 2724143 A1; release 29.05.2012
3. *А. А. Грешилов, А. Л. Лебедев.* Способ идентификации ядерного взрыва по изотопам криптона и ксенона : Пат. 2407039 РФ, G01T1/167, G01T1/30. – 2009148448/28; Заявл. 28.12.2009; Опубл. 20.12.2010.
4. *Lee Nam Ho; Oh Seung Chan; Hwang Young Gwe; Lee Seung Min.* A nuclear detection and control equipment with the functions of a real-time dosimetry : Patent KR 20110138954 (A), G01T1/16, G21J5/00. – KR 2010005915420100622; release 28.12.2011.
5. *Hara Tomohiro; Okabayashi Kazuki; Sato Akiyoshi; Nukazuka Shigehiro.* Device, method and program for estimation of explosion generation source : Patent JP 2011058924 (A), G01S11/16, G21J5/00, G01W1/00. – JP 2009020810220090909; release 24.03.2011.
6. *Christianson, Charles L.; Hall, Jay S.* Monitoring system and method for nuclear weapons effects detection and damage assessment : Patent US 4827414 (A), G01S11/12, G08B19/00, G21J5/00. – US 1985075270319850708; release 02.05.1989
7. *О. М. Григор'єв, З. В. Білик, О. В. Сақун, В. В. Марущенко.* Спосіб визначення напрямку на імпульсні джерела гамма-випромінювання : Патент UA 108262, G21J5/00. – а 201305335; опубліковано 10.04.2015.
8. Визначення напрямку в просторі на точкові джерела проникаючого випромінювання, у тому числі імпульсні : тезиси доповіді XX міжнародної науково-практичної конференції [Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я], (Харків, 15-17 травня 2012 р.) / *З. В. Білик, О. М. Григор'єв, О. В. Сақун, В. В. Марущенко* // НТУ «ХП». – 2012. – С. 137.
9. *Абрамов А. И.* Основы экспериментальных методов ядерной физики / *А. И. Абрамов, Ю. А. Казанский, Е. С. Матусевич.* Пидручник. – Москва: Атомиздат, 1970. – 560 с.

10. Григор'єв О. М. Чотириканальний аналізатор імпульсів для одночасної ресстрації альфа-, бета-, гамма- та нейтронного випромінювань / О. М. Григор'єв, З. В. Білик, Ю. В. Литвинов [у др.] // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Серія: Електроенергетика та перетворювальна техніка. – 2014. – № 19 (1062). – С. 125–132.

References:

1. Yaderna zbroya yak chynnyk mizhderzhavnykh vidnosyn v pivdenniy aziyi [Nuclear weapons as a factor in international relations in South Asia]. / O. M. Telenko // Aktual'ni problemy mizhnarodnykh vidnosyn. – Kiev, 2015. – Vypusk 124 (chastyna II). – pp. 22–29.
2. Crawford, Tara E.; Achampong, Christine V.; O'hearn, Philip G.; Santos, Veronica M.; Sarch, Cody A. Radionuclide detection device for verification of an underground nuclear explosion: Patent CA 2724143 A1, G21J5/00, G01T1/20. – CA 2724143 A1; release 29.05.2012.
3. A. A. Greshilov, A. L. Lebedev. Sposob identifikatsii yadernogo vzryva po izotopam kriptonu i ksenona [A method for identifying a nuclear explosion on isotopes of krypton and xenon]: Pat. 2407039 RF, G01T1/167, G01T1/30. – 2009148448/28; Zayavl. 28.12.2009; Opubl. 20.12.2010.
4. Lee Nam Ho; Oh Seung Chan; Hwang Young Gwe; Lee Seung Min. A nuclear detection and control equipment with the functions of a real-time dosimetry: Patent KR 20110138954 (A), G01T1/16, G21J5/00. – KR 2010005915420100622; release 28.12.2011.
5. Hara Tomohiro; Okabayashi Kazuki; Sato Akiyoshi; Nukazuka Shigehiro. Device, method and program for estimation of explosion generation source: Patent JP 2011058924 (A), G01S11/16, G21J5/00, G01W1/00. – JP 2009020810220090909; release 24.03.2011.
6. Christianson, Charles L.; Hall, Jay S. Monitoring system and method for nuclear weapons effects detection and damage

assessment: Patent US 4827414 (A), G01S11/12, G08B19/00, G21J5/00. – US 1985075270319850708; release 02.05.1989.

7. O. M. Hryhor'yev, Z. V. Bilyk, O. V. Sakun, V. V. Marushchenko. Sposib vyznachennya napryamku na impul'sni dzhherela hamma-vyprominyuvannya [Method of determining the direction of pulsed source of gamma radiation]: Patent UA 108262, G21J5/00. – a 201305335; opublikovano 10.04.2015.
8. Vyznachennya napryamku v prostori na tochkovi dzhherela pronykayuchoho vyprominyuvannya, u tomu chysli impul'sni [Determining the direction in space to pinpoint the source of penetrating radiation, including pulse source]: tezysy dopovidi KhKh mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi [Informatsiyi tekhnolohiyi: nauka, tekhnika, tekhnolohiya, osvita, zdorv'ya], (Kharkov, 15-17 travnya 2012 r.) / Z. V. Bilyk, O. M. Hryhor'yev, O. V. Sakun, V. V. Marushchenko // NTU "KhPI". – 2012. – pp. 137.
9. Abramov A. I. Osnovy eksperimental'nykh metodov yadernoy fiziki [Basics of experimental methods of nuclear physics] / A. I. Abramov, Yu. A. Kazanskiy, E. S. Matusevich. Pidruchnik. – Moscow: Atomizdat Publ., 1970. – 560 p.
10. Hryhor'yev O. M. Chotyrykanal'nyy analizator impul'siv dlya odnochasnoyi reyestratsiyi al'fa-, beta-, hamma- ta neytronnoho vyprominyuvan' [Four-channel analyzer of pulse for simultaneous registration alpha-, beta-, gamma- and neutron radiation] / O. M. Hryhor'yev, Z. V. Bilyk, Yu. V. Lytvynov [y dr.] // Proceedings of the National Technical University "KPI". Collected Works. Series: Power and converting machinery. – 2014. – No. 19 (1062). – pp. 125–132

Надійшло (received) 03.06.2017

Бібліографічний опис / Библиографическое описание / Bibliographic description

УДК 681.2:[623.454.836+623.454.84+623.454.86]

Визначення напрямку на імпульсне гамма-джерело з використанням сферичного поглиначу / З. В. Білик, О. М. Григор'єв, Ю. В. Литвинов, М. Є. Полянський, О. В. Сакун, В. В. Марущенко, І. Ю. Чернявський // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Електроенергетика та перетворювальна техніка. – X. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 4 (1226). – С. 89–94. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-4525.

УДК 681.2:[623.454.836+623.454.84+623.454.86]

Определение направления на импульсный гамма-источник с использованием сферического поглотителя / З. В. Билик, А. Н. Григорьев, Ю. В. Литвинов, Н. Е. Полянский, А. В. Сакун, В. В. Марущенко, И. Ю. Чернявский // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Електроенергетика та перетворювальна техніка. – X. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 4 (1226). – С. 89–94. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-4525.

UDC 681.2:[623.454.836+623.454.84+623.454.86]

Direction measurement on the pulse of gamma source using spherical absorber / Z. V. Bilyk, A. N. Grigoryev, Yu. V. Litvinov, N. E. Poljanskij, A. V. Sakun, V. V. Marushchenko, I. Yu. Chernyavsky // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Elektroenergetika i preobrazovatel'naya tehnika. – Kharkov : NTU "KhPI", 2017. – No. 4 (1226). – P. 89–94. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-4525.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Білик Захар Валентинович - науковий співробітник Гвардійського факультету військової підготовки імені Верховної Ради України Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків; тел.: +380936415266; e-mail: z1940@ukr.net.

Билик Захар Валентинович – научный сотрудник Гвардейского факультета военной подготовки имени Верховной Рады Украины Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, тел.: +380936415266; e-mail: z1940@ukr.net.

Bilyk Zakhar Valentinovich - research fellow of Military Training Department of National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov; tel.: +380936415266; e-mail: z1940@ukr.net.

Григор'єв Олександр Миколайович - кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії Гвардійського факультету військової підготовки імені Верховної Ради України Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків.

Григорьев Александр Николаевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории Гвардейского факультета военной

підготовки імені Верховної Ради України Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», г. Харків.

Grigoryev Aleksandr Nikolayevich - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Research Fellow, senior research fellow of Military Training Department of National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkiv.

Литвинов Юрій Вікторович - старший викладач Харківського Національного університету імені В.Н. Каразіна, м. Харків, тел.: +38067-57-80-290.

Литвинов Юрий Викторович – старший преподаватель Харьковского Национального университета имени В.Н. Каразина, г. Харьков, тел.: +38067-57-80-290.

Litvinov Yury Viktorovich - senior lecturer of Kharkiv National University V.N. Karazin, Kharkiv; tel.: +38067-57-80-290.

Полянський Микола Єгорович - інженер I категорії Харківського Національного університету імені В.Н. Каразіна, м. Харків.

Полянский Николай Егорович – инженер I категории Харьковского Национального университета имени В.Н. Каразина, г. Харьков.

Polyansky Nikolay Yehorovych - engineer I category of Kharkiv National University V.N. Karazin, Kharkiv.

Сакун Олександр Валерійович - кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, начальник кафедри Гвардійського факультету військової підготовки імені Верховної Ради України Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків.

Сакун Александр Валериевич - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, начальник кафедры Гвардейского факультета военной подготовки имени Верховной Рады Украины Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», г. Харьков.

Sakun Aleksandr Valeryevich - Candidate of Biology, Deputy Head of the Department for Education and Research Affairs and Head of the Education Arm of Military Training Department of National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkiv.

Марущенко Володимир Васильович - кандидат біологічних наук, доцент, начальник кафедри Гвардійського факультету військової підготовки імені Верховної Ради України Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків.

Марущенко Владимир Васильевич - кандидат биологических наук, доцент, начальник кафедры Гвардейского факультета военной подготовки имени Верховной Рады Украины Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», г. Харьков.

Marushchenko Vladimir Vasilyevich - Candidate of Biology, Associate Professor, Head of the Chair of Combat Employment of Radiation, Chemical and Biology Defense Forces of Military Training Department of National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkiv.

Чернявський Ігор Юрійович – кандидат технічних наук, професор Гвардійського факультету військової підготовки імені Верховної Ради України Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків.

Чернявский Игорь Юрьевич – кандидат технических наук, профессор Гвардейского факультета военной подготовки имени Верховной Рады Украины Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», г. Харьков.

Chernyavsky Igor Yuryevich - candidate of technical sciences, professor of Military Training Department of National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov.