

Розорінов Георгій Миколайович,

доктор технічних наук, професор,
академік Міжнародної академії біоенерготехнологій,
Національний технічний університет України
“КПІ імені Ігоря Сікорського”, Україна, м. Київ,
ORCID ID 0000-0002-6095-7539

Неня Олена Володимирівна,

кандидат юридичних наук,
начальник відділу, ДНДІ МВС України, Україна, м. Київ,
ORCID ID 0000-0001-9721-5718

Березненко Наталія Михайлівна,

кандидат технічних наук, доцент,
провідний науковий співробітник ДНДІ МВС України, Україна, м. Київ,
ORCID ID 0000-0003-4589-3829

Мамотенко Петро Іванович,

старший науковий співробітник ДНДІ МВС України, Україна, м. Київ,
ORCID ID 0000-0003-2117-8150

МОДЕЛЮВАННЯ ГЕНЕРАТОРА РАДІОІМПУЛЬСІВ ЯКР-СПЕКТРОМЕТРА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВИБУХОВИХ І НАРКОТИЧНИХ РЕЧОВИН¹

Висвітлено різні способи виявлення ВР і НР – від застосування біологічних методів, у тому числі за участю службових собак, до складних технічних систем, що володіють низьким порогом виявлення, високими чутливістю, селективністю, швидкодією, а також можливістю дистанційного застосування.

Викладено сутність явища ядерного квадрупольного резонансу як одного з високотехнологічних методів виявлення ВР і НР. Розглянуто метод із двома радіочастотними імпульсами – метод квадрупольного спінового відлуння, який набув найбільшого поширення в спектроскопії ядерного квадрупольного резонансу для реєстрації спектрів. Запропоновано методіку побудови шаблону створення нового віртуального приладу для дослідження ЯКР-спектрометра.

Ключові слова: вибухові і наркотичні речовини, службові собаки, віртуальний прилад, генератор радіоімпульсів, квадрупольне спінове відлуння, мова графічного проектування LabView, ядерний квадрупольний резонанс.

Освещены различные способы обнаружения ВВ и НВ – от использования биологических методов, в том числе с участием служебных собак, до сложных технических систем, обладающих низким порогом обнаружения, высокими чувствительностью, селективностью, быстродействием, а также возможностью дистанционного применения.

¹ Початок. Продовження в наступному номері.

Изложена сущность явления ядерного квадрупольного резонанса как одного из высокотехнологичных методов обнаружения ВВ и НВ. Рассмотрен метод с двумя радиочастотными импульсами – метод квадрупольного спинового эха, который получил наибольшее распространение в спектроскопии ядерного квадрупольного резонанса для регистрации спектров. Предложена методика построения шаблона создания нового виртуального прибора для исследования ЯКР- спектрометра.

Ключевые слова: взрывчатые и наркотические вещества, служебные собаки, виртуальный прибор, генератор радиоимпульсов, квадрупольное спиновое эхо, язык графического проектирования LabView, ядерный квадрупольный резонанс.

Зниження обмежень на пересування людей між державами і спрощення перетину кордонів упродовж останніх десятиліть призводять до зростання застосування терористами та іншими злочинними елементами вибухових речовин (далі – ВР) і контрабанди наркотичних речовин (далі – НР).

Попередити незаконні дії правопорушників покликані зони посиленого контролю, де можливе виявлення присутності цих речовин. До таких зон належать пункти митного контролю, аеропорти та інші місця посиленого огляду. Відомі численні способи приховування ВР, НР та інших контрабандних речовин. Такі речовини, зокрема, можуть бути приховані під одягом, у ручній поклажі або в багажі, що перевозиться.

Протягом багатьох років розробляються і практично застосовуються різні способи виявлення ВР і НР – від використання біологічних методів (наприклад, спеціально навчених собак) до складних технічних систем, що реагують на присутність слідів таких речовин.

Біологічні методи виявлення ВР і НР включають використання різних видів тварин. У процесі еволюції ссавців виникло безліч їх видів з гарною здатністю до виявлення запахів.

Високу чутливість до ВР і НР мають щури, миші, свині, а також багато видів комах, в тому числі бджоли. У [1] наведені дані про те, що пацюки здатні детектувати чисті тротил, чорний порох і гексоген із імовірністю 92 %–95 %. Час від надання проби до прийняття рішення про виявлення становить 4 с, імовірність фіктивних тривог 1 % по тротилу.

Миші з бездоганною точністю реагують на запах вибухівки. Деякі наукові джерела стверджують, що миші реагують на 10 г гексогену, захованого на людині [2].

Комахи здатні сприймати запахи з порогом виявлення нижче чутливості сучасних аналітичних пристроїв. Вусики комах вважаються найбільш чутливими і вибірковими органами хімічного чуття в усьому тваринному світі. Комахи здатні за мілісекунди розпізнати пікограм (для виявлення феромонів досить декількох молекул) певних летких органічних сполук, що знаходяться в кубічному метрі повітря. Настільки виняткова здатність до сприйняття має чимало способів застосування.

Так, медоносні бджоли розглядаються як альтернатива собакам для виявлення ВР і НР, що засновується на використанні природної для бджіл поведінки, метою

якої є пошук їжі. Так само як собаки, щури, миші, медоносні бджоли навчаються асоціювати запах вибухової речовини з їжею [3].

При цьому найбільш широкого поширення набуло використання навчених собак. Стверджується, що рівень вправності собак у виявленні ВР і НР становить 90 % – 95 %.

Разом з тим якість виконання тваринами пошуку цільового запаху ВВ або НВ залежить не тільки від міцності виробленого досвіду, але і від ступеня їх мотивованості виконувати пошук. Це, в свою чергу, обумовлено методиками вироблення навички. Для навчання собак пошуку ВР і НР застосовуються головним чином різні умовно-рефлекторні та інструментальні методики навчання, що ґрунтуються на харчовому або ігровому (комунікативному) підкріпленні. Практика засвідчує їх високу ефективність при вирішенні завдань, що перебувають у компетенції МНС, МВС, прикордонного контролю і т. д. Це, у свою чергу, безпосередньо залежить від:

- належно проведеного відбору собак для цієї діяльності;
- методики привчання собак спеціального призначення для пошуку ВР і НР;
- відповідності дресирування і тренування службово-розшукових собак;
- використання ефективної методики тестування здібностей службових собак з пошуку й виявлення ВР і НР;
- регулярності тренувань для вироблення навичок (перерви в тренуваннях послаблюють раніше вироблені поведінкові навички);
- активного використання службових собак у процесі здійснення оперативно-розшукових заходів щодо виявлення та документування незаконного обігу ВР і НР [4, 5].

Крім цього, вагоме значення мають постійний контакт і взаємодія собаки з кінологом. У разі ослаблення або відсутності подібної взаємодії якість роботи тварини різко знижується, що може призводити до відсутності стабільних результатів, тобто “невмотивованих” (з точки зору кінолога) відмов від роботи, аж до відмов від виконання завдання. Усе зазначене створює певні обмежувальні умови застосування навчених тварин.

З огляду на сказане вище, актуальним завданням є розробка альтернативних ефективних технічних засобів виявлення ВР і НР, тому сучасні наукові дослідження спрямовані на розробку методів, що володіють низьким порогом виявлення, високими чутливістю, селективністю, швидкодією, а також можливістю дистанційного застосування.

Незважаючи на зовсім різні призначення і області застосування ВР і НР, виявилось те, що їхні фізико-хімічні властивості, які визначають характер використовуваних методів виявлення та діагностики, багато в чому схожі. Наприклад, ВР і НР складаються з легких елементів (з невеликим атомним номером), а також основу деяких з них становлять азотні сполуки. Тому чимало створюваних приладів можуть застосовуватися для пошуку як ВР, так і НР.

При цьому використовувані при огляді технічні засоби виявлення ВР і НР повинні відповідати низці вимог:

- дозволяти проводити контроль великої кількості об'єктів за короткий час;
- бути безпечними для людини;
- забезпечувати можливість проведення як гласного, так і негласного контролю вантажів і пасажиропотоків;
- здійснювати виявлення дистанційно (без безпосереднього контакту з об'єктом контролю, без розтину упаковок і демонтажу транспортних засобів).

Сучасні технічні засоби виявлення ґрунтуються на застосуванні широкого переліку фізико-хімічних методів.

Традиційно широко застосовуються засоби виявлення і діагностики на основі хімічних методів.

Зазвичай використовуються набори спеціальних хімічних реактивів, званих експрес-тестами, загальноприйнятими вимогами до яких є відсутність операцій, що вимагають спеціальних лабораторних технік: нагрівання, фільтрування, екстракції з точним поділом шарів рідини, центрифугування та ін. Зазвичай тести складаються із заздалегідь приготовлених реагентів, які зберігають свої властивості протягом тривалого часу і в широкому діапазоні кліматичних умов. Зазначеними тестами можна проводити дослідження без спеціальної хімічної підготовки і спеціальних захисних пристосувань.

У більшості випадків технічні засоби, реалізовані на основі хімічних методів, не вимагають електроживлення і спеціального технічного обслуговування. Необхідно вручну помістити частку досліджуваної речовини в пакет (або на спеціальну плашку, папір або в ампулу) і потім впливати на речовину спеціальним реактивом. За характером реакції визначається вид речовини. Зазвичай в результаті реакції утворюються особливо забарвлені або такі, що світяться, продукти. Зрозуміло, що такі засоби не можуть забезпечити великої продуктивності контролю й застосовуються індивідуально, коли вже виявлено підозрілу речовину.

Застосовувані для діагностики НР в нелaborаторних умовах, хімічні тести за способом застосування поділяють на три основні групи: краплинні, аерозольні та ампульні.

Хімічні тести характеризуються достатньою чутливістю на рівні кольорових крапельних реакцій (10^{-3} , 10^{-12} г речовини в пробі) і застосовуються, наприклад, для попереднього встановлення природи наркотика в рослинній сировині, розчинах, мазах, таблетках і т. п.

Чутливість сучасних хімічних тестів дозволяє впевнено виявляти й діагностувати сліди на руках, предметах одягу, автотранспортних засобах і т. п., унаслідок прямого або навіть вторинного контакту з шуканою речовиною [6].

Хімічні методи виявлення ВР і НР є маловитратною альтернативою ряду інших експериментальних методів. Виявлення парів ВР і НР, а також неконтактне (дистанційне) виявлення за допомогою хімічних методів на цей час не передбачається.

Фізичні методи, за допомогою яких вирішуються завдання дистанційного виявлення, ідентифікації та діагностики ВР і НР, можна поділити на дві великі групи:

- на основі аналізування парової фази речовини;

– з використанням впливів на об'єкт контролю проникаючими випромінюваннями.

Широкого поширення набули методи дистанційного виявлення, ідентифікації та діагностики ВР і НР, засновані на аналізуванні парової фази речовини. На сьогодні розроблено велику кількість газом дії, умовам експлуатації, чутливості, і іншим характеристикам, що використовуються для їх порівняння.

За фізичним принципом дії газоаналізатори, які виявляють пари або мікро-частинки ВВ у пробах повітря, зазвичай поділяють на дрейф-спектрометри та газові хроматографи.

Відбір парів і частинок речовини від контрольованого об'єкта проводиться повітряними насосами, що діють за принципом пиლოსоса. Для інтенсифікації паротворення при відборі повітряних проб над об'єктами іноді використовують підігрів.

Для газоаналітичних приладів вельми актуальною є проблема виявлення розшуковуваних речовин у герметичних ємностях і закритих середовищах. Герметична скляна, металева або пластикова ємність практично повністю виключає вихід парів речовини назовні. Для ємності на основі поліетилену, паперу та ряду інших матеріалів ймовірність виходу парів існує, але вміст пари в повітрі виявляється значно нижче, ніж за відсутності упаковки, і це відповідним чином позначається на ймовірності виявлення [7].

Газоаналітичні методи розраховані на виявлення слідів ВВ, в першу чергу концентрації парів ВВ близько обстежуваних об'єктів на рівні 10–14 г / см³ і менше. За способом виявлення слідів методи діляться на пробовідбірні і дистанційні [8].

У пробовідбірних відбирається проба повітря або “мазок” з об'єкта і вводиться в проявник.

Найбільшого поширення набули проявники, побудовані на схемах швидкісної газової хроматографії, спектрометрії іонної рухливості, мас-спектрометрії та поєднанні цих схем. Досягнуто порогів виявлення концентрації парів тротилу 10–13 г / см³ без попереднього концентрування із селективними детекторами і 10–15 г / см³ з концентруванням парів і з аналізом проби в газоаналітичному детекторі [9].

Час реакції газоаналітичних проявників становить 1–2 секунди без концентрування і 10–30 секунд при використанні концентрування з аналізом проб на газовому хроматографі.

Зниження порогів виявлення в загальному випадку досягається шляхом підвищення селективності (або вибіркової) газоаналітичних проявників.

У дистанційних газоаналітичних приладах об'єкт зондується лазерним випромінюванням. При взаємодії молекул ВР з випромінюванням виникають ознаки наявності ВР: поглинання випромінювання, перевипромінювання на іншій довжині хвилі і т.п..

Дистанція виявлення може досягати 10–20 м [10, 11], час реакції 10–20 с, поріг виявлення парів ТНТ на рівні 10–14 г / см³.

На світовому ринку газоаналітичні прилади для пошуку ВР на тепер представлені двома крупними транснаціональними фірмами “GE Ion Track” (підрозділ концерну “General Electric”) і “Smiths Detection” [12].

Найбільш високотехнологічні методи виявлення ВР використовують новітні досягнення атомної та ядерної фізики. До таких методів належать нейтронні (засновані на бомбардуванні об'єкта потоком теплових або швидких нейтронів), гамма-активаційні (де цю роль виконують гамма-кванти), ядерний квадрупольний аналіз [13].

Суворо кажучи, метод ЯКР і споріднені з ним не можна вважати ядерно-фізичними через те, що зондуєме випромінювання являє собою не потік частинок, а електромагнітні хвилі СВЧ-діапазону.

Однак оскільки ЯКР-методи засновані на наявності фундаментальних властивостей (квадрупольного моменту) у деяких ядер атомів, наприклад, ядер азоту-14 у складі абсолютної більшості ВР, цей метод, вельми популярний у дослідників і розробників нової техніки, також може бути віднесений до ядерно-фізичних [14].

Ядерно-фізичні методи виявлення ВР засновані на визначенні елементного складу об'єкта за допомогою зондуємого випромінювання нейтронами або гамма-квантами. Нейтронні методи ґрунтуються на бомбардуванні об'єкта потоком теплових або швидких нейтронів, у гамма-активаційних методах цю роль виконують гамма-кванти.

Бета- і гамма-випромінювання мають високу проникаючу здатність, унаслідок чого можуть ефективно використовуватися для зондування об'єктів значних розмірів, у тому числі і для виявлення замаскованих ВР. Фізичною основою виявлення є відмінність елементного складу ВР і середовища, у якому воно знаходиться. Склад більшості ВР характеризується високою концентрацією азоту, що виступає основним критерієм виявлення.

Виявлення та ідентифікації ВР за допомогою нейтронного випромінювання полягає в опроміненні обстежуваного об'єкта потоком нейтронів. У результаті ядерних реакцій випромінюються гамма-кванти непружного розсіювання й радіаційного захоплення. За зареєстрованими спектрами гамма-випромінювання визначається елементний склад речовини, що опромінюється, зокрема, визначається наявність і зміст елементів водню Н, вуглецю С, кисню О і азоту N, що входять до складу ВР. За виявленими елементами проводиться ідентифікація аналізованого об'єкта. Аналізування об'єкта проводиться дистанційно без його руйнування й безпосереднього контакту. Серед існуючих ядерно-фізичних методів визначення елементного складу речовини найкращі параметри з виявлення ВР мають імпульсний нейтронний метод і метод мічених нейтронів. Як джерело нейтронів в технологіях, що використовують ці методи, застосовують портативні нейтронні генератори. Ці прилади радіаційно безпечні в вимкненому стані і не потребують спеціальних заходів безпеки під час транспортування і зберігання.

У методі мічених нейтронів елементний склад визначається тільки за ядерними реакціями непружного розсіювання. За цими реакціями ефективно визначаються елементи вуглець С, кисень О, азот N, що входять до складу ВР. Застосування мічених нейтронів дозволяє зменшити вплив навколишніх об'єктів на результат вимірювання, тим самим збільшити чутливість і зменшити час виявлення.

До електромагнітних методів виявлення ВР і НР належить широкий перелік методів, включаючи використання електромагнітного випромінювання від рентгенівського, лазерного до міліметрового, а також електромагнітної індукції. У цьому широкому переліку слід виділили як самостійні: рентгенівські, лазерні, терагерцеві міліметрового і сантиметрового діапазонів довжин хвиль, нелінійної локації, ЯКР, індукційні.

© Rozorinov Heorhii, Nenia Olena, Berezenko Nataliia, Mamotenko Petro, 2020

Властивості взаємодії рентгенівських променів з речовиною широко використовуються для пошуку вибухових речовин [15]. Привабливість систем рентгенівського контролю обумовлена такими факторами:

- можливістю отримання інформації про розподіл щільності в контрольованому об'єкті, оцінки ефективного атомного номера речовини, що дозволяє встановити тип матеріалу;

- відносною безпекою для людини і вмісту багажу;
- простотою в експлуатації порівняно, наприклад, із нейтронними;
- відносно невисокою вартістю.

Можливості виявлення вибухових речовин системою рентгенівського контролю визначається використанням методом реєстрації випромінювання.

Застосовуються такі методи:

- проєкційне просвічування;
- реєстрація двох зображень на різних енергіях;
- реєстрація розсіяного випромінювання;
- комп'ютерна томографія.

Системи рентгенівського контролю найбільш часто застосовуються в аеропортах для огляду багажу, пакетів, поштових посилок та інших відносно невеликих об'єктів. Можливості систем огляду характеризуються від отримання чорно-білого (напівтонового) зображення, до визначення в контрольованому об'єкті, що виділяється на екрані, ефективного атомного номеру (Z_{eff}).

Зображення розглядаються й інтерпретуються оператором. Системи, що вимірюють Z_{eff} , можуть автоматично викликати тривогу за наявності матеріалів, що мають атомний номер, який перебуває в діапазоні для вибухових речовин. Для більшості ж систем рентгенівського огляду виявлення підозрілого об'єкта не є автоматичним, і підозрілий предмет повинен бути ідентифікований оператором.

Крім систем для контролю багажу, натеper проводяться кілька типів систем для персонального догляду людини. Такі системи повинні давати ультранизькі дози рентгенівського опромінення, які можна порівняти з дозою, одержуваною людиною протягом доби, від природного радіоактивного фону; забезпечувати високу просторову роздільну здатність для того, щоб виявляти дрібні деталі вибухового пристрою (дроти, детонатор і т.п.); забезпечувати великий розмір знімка (більше розміру людини); короткий час обстеження (кілька секунд) для забезпечення високої пропускної здатності.

У сучасних доглядових комплексах найбільш поширені інтроскопічні установки, що працюють в рентгенівському діапазоні. Одним з важливих шляхів удосконалення доглядової техніки, призначеної для виявлення ВР, є розробка спеціалізованих доглядових комп'ютерних томографічних систем.

Принцип рентгенівської комп'ютерної томографії полягає в тому, що просвічування кожного шару біологічної тканини здійснюють в імпульсному режимі за допомогою рентгенівської трубки з обертовим (наприклад, навколо тіла людини) щільним колімактором. Число таких просвічувань під різними кутами може становити 360 або 720. Щоразу при проходженні рентгенівських променів через шар тканини проходить ослаблення випромінювання, яке залежить від щільності окремих структур досліджуваного шару. Ступінь ослаблення рентгенівського випромінювання вимірюється великою кількістю високочутливих детекторів, після чого вся інформація обробляється на комп'ютері. Як наслідок, отримують зображення зрізу, у якому яскравість кожної координатної точки відповідає

© Rozorinov Heorhii, Nenia Olena, Bereznenko Nataliia, Mamotenko Petro, 2020

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2\(61\).15](https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2(61).15)

Issue 2(61) 2020

<http://suchasnaspetstehnika.com/>

щільності тканини. Аналіз зображення проводять як у автоматичному режимі з використанням комп'ютера і спеціальних програм, так і візуально. Таким чином, цей метод дослідження є чимось середнім між звичайною рентге-нографією і використанням ядерно-магнітного резонансу.

Проте ефективність застосування рентгенівської оглядової техніки не слід абсолютизувати. Для гарантованого виявлення ВР необхідно комплексне застосування технічних засобів і кваліфікованого персоналу

Таким чином, рентгенографічний контроль з використанням спрямованого рентгенівського випромінювання різної інтенсивності дозволяє отримувати видиме статичне зображення внутрішньої структури пристрою, що містить ВР, а також підозрілих предметів, прихованих на людському тілі. Проте попри величезний прогрес в розробці дедалі більш досконалих рентгенівських установок, питання про підвищення ймовірності виявлення ВР, замаскованих під звичайні предмети, залишається досить актуальним. Проблеми рентгенівської інтроскопії зазвичай пов'язані з недостатньою чіткістю чорно-білого або “псевдокольорового” зображення на екрані дисплею, можливістю сплутати вибухову речовину з іншим органічним матеріалом (наприклад, тротилову шашку – із шматком мила), зоровою втомою операторів, в цілому необґрунтованими побоюваннями “радіаційної небезпеки”, висловлюваними пасажирями. Навіть томографічне рентгенівське зображення предметів не дає можливості виявлення ВР зі стовідсотковою ймовірністю.

Загальну картину фізичних методів доповнює метод, який використовує фізичний ефект, відомий як ядерний квадрупольний резонанс (далі – ЯКР). Більшість установок, що використовують цей метод виявлення ВР і НР, натеper перебувають на стадії створення дослідних зразків, прототипів і на перших стадіях впровадження [14].

Можливості методу ЯКР, а також методику побудови віртуального приладу генератора радіоімпульсів ЯКР-спектрометра буде розглянуто далі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Грузнов В.М., Филоненко В.Г., Вотенцев В.Н. Оперативное детектирование взрывчатых веществ. Скоростные полевые количественные измерения (состояние и перспективы развития газовой хроматографии) / сб. переводов под ред. В.М. Грузнова. Новосибирск: изд-во Новосиб. Госуниверситета, 1998. 224 с.
2. Грузнов В.М. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21422604> (дата звернення: 25.03.2020).
3. Сырецкая Т.В., Ерофеев А.И., Носова К.В., Носов В.Н. Методы обнаружения взрывчатых веществ и перспективы их развития (аналитический обзор). URL: <https://gosniipp.ru/uploads/article/6f346387/30-43.pdf> (дата звернення: 17.04.2020).
4. Марков В.В. Особенности использования служебных собак для обнаружения наркотических средств. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ispolzovaniya-sluzhebnyh-sobak-dlya-obnaruzheniya-narkoticheskikh-sredstv> (дата звернення: 22.04.2020).
5. Звіт про дослідно-конструкторських роботу: “Розробка та виготовлення запахових заміників вибухових речовин” / ДНДІ. Київ. 2015. 54 с.
6. Афонин П.Н., Сигаев А.Н. Теория и практика применения технических средств таможенного контроля. Санкт-Петербург. 2013. 260 с.
7. Сильников М.В., Чернышов М.В. Методы обнаружения взрывчатых веществ на воздушном транспорте URL: <http://pda.ormvd.ru/pubs/238/15189/> (дата звернення: 28.04.2020).
8. Грузнов В.М. Обнаружение взрывчатых веществ в полевых условиях / Проблемы аналитической химии. М.: Наука 2010. Т. 13. 564 с.
9. Грузнов В.М. Обнаружение взрывчатых веществ (Современное состояние). URL: <http://www.ipgg.sbras.ru/ru/science/publications/publ-obnaruzhenie-vzryvchatykh-veschestv-sovremennoe-sosto-2014-042528> (дата звернення: 05.05.2020).

© Rozorinov Heorhii, Nenia Olena, Berezenko Nataliia, Mamotenko Petro, 2020

10. Бобровников С.М., Сакович Г.В., Ворожцов А.Б., Лосев В.Ф. Высокоэнергетические материалы: демилитаризация антитерроризм и гражданское применение / Тезы IV Междунар. конф. "HEMs-2008". Бийск, 2008. 54 с.

11. Сильников М.В., Васильев Н.Н., Данилов Н.А., Дмитриев В.Я., Спивак А.И., Шишкин В.Н. Экспериментальное исследование снижения фугасного действия взрыва устройствами для защиты от взрыва "Фотон" при срабатывании усиленных зарядов. Научно-технический журнал Вопросы оборонной техники". Серия 16. 2013. № 11–12. С. 28–36.

12. Кихтенко А.В., Елисеев К.В. Обнаружение взрывоопасных объектов: аппаратное обеспечение антитеррористических служб. URL: www.bnti.ru/showart.asp?aid=936&lvl=02.01.01.02.&p=1 (дата звернення: 12.05.2020).

13. Сильников М.В., Чернишов М.В. Методы обнаружения взрывчатых веществ на воздушном транспорте. URL: <http://pda.ormvd.ru/pubs/238/15189> (дата звернення 14.05.2020).

14. Методы обнаружения взрывчатых веществ URL: <https://lektsii.org/14-40757.html> (дата звернення: 14.05.2020);

15. Сильников М.В., Чернишов М.В., Шишкин В.Н. Обзор ядерно-физических методов обнаружения взрывчатых веществ. Научно-технический журнал "Вопросы оборонной техники". Серия 16. 2013. № 11–12. С. 14–21.

REFERENCES

1. Gruzov, V.M., Filonenko, V.G., Votntsev, V.N. (1998) Operativnoye detektirovaniye vzryvchatykh veshchestv. "Rapid Detection of Explosives". High-Speed Field Quantitative Measurements (state and prospects of development of gas chromatography) / collection of articles. translations ed. V.M. Gruzova. Novosibirsk: Novosib. publishing house. State University. 224 p. [in Russian].

2. Gruzov, V.M. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21422604> (Date of Application: 25.03.2020) [in Russian].

3. Syretskaya, T.V., Yerofeiev, A.I., Nosova, K.V., Nosov, V.N. Metody obnaruzheniya vzryvchatykh veshchestv i perspektivy ikh razvitiya (analiticheskiy obzor). "Methods for Detecting Explosives and Prospects for their Development (analytical review)". URL: <https://gosniipp.ru/uploads/article/6f346387/30-43.pdf> (Date of Application: 17.04.2020) [in Russian].

4. Markov, V.V. Osobennosti ispol'zovaniya sluzhebnykh sobak dlya obnaruzheniya narkoticheskikh sredstv. "Features of the Use of Service Dogs for the Detection of Drugs". URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ispolzovaniya-sluzhebnyh-sobak-dlya-obnaruzheniya-narkoticheskikh-sredstv> (Date of Application: 22.04.2020) [in Russian].

5. Zvit pro doslidno-konstruktorskykh robotu: "Rozrobka ta vyhotovlennya zapakhovykh zaminnikiv vybukhovoykh rehovyn" "Report on research and development work: "Development and Manufacture of Odorous Substitutes for Explosives" / DNDI. Kyiv. 2015. 54 p. [in Ukrainian].

6. Afonin, P.N., Sigayev, A.N. (2013) Teoriya i praktika primeneniya tekhnicheskikh sredstv tamozhennogo kontrolya. "Theory and Practice of Application of Technical Means of Customs Control". St. Petersburg. 260 p. [in Russian].

7. Silnikov, M.V., Chernyshov, M.V. Metody obnaruzheniya vzryvchatykh veshchestv na vozduzhnom transporte. "Methods for Detecting Explosives in Air Transport". URL: <http://pda.ormvd.ru/pubs/238/15189/> (Date of Application: 28.04.2020) [in Russian].

8. Gruzov, V.M. (2010) Obnaruzheniye vzryvchatykh veshchestv v polevykh usloviyakh. "Detection of Explosives in Field Conditions". Problems of Analytical Chemistry. Vol. 13. Moscow: Nauka. 564 p. [in Russian].

9. Gruzov, V.M. Obnaruzheniye vzryvchatykh veshchestv (Sovremennoye sostoyaniye). "Detection of Explosives (current state)". URL: <http://www.ipgg.sbras.ru/ru/science/publications/publ-obnaruzhenie-vzryvchatykh-veschestv-sovremennoe-sosto-2014-042528> (Date of Application: 05.05.2020) [in Russian].

10. Bobrovnikov, S.M., Sakovich, G.V., Vorozhtsov, A.B., Losev, V.F. (2008) Vysokoenergeticheskiye materialy: demilitarizatsiya antiterrorizm i grazhdanskoye primeneniye. "High-Energy Materials: Demilitarization, Anti-Terrorism and Civilian Use" / Abstracts of the IV Int. conf. "HEMs-2008". Bisk. 54 p. [in Russian].

11. Silnikov, M.V., Vasilyev, N.N., Danilov, N.A., Dmitriyev, V.Ya., Spivak, A.I., Shishkin, V.N. (2013) Eksperimental'noye issledovaniye snizheniya fugasnogo deystviya vzryva ustroystvami dlya zashchity ot vzryva "Foton" pri sbratyvani usilennykh zaryadov. Experimental study of the reduction of the high-explosive effect of an explosion with devices for protection against explosion "Photon" when boosted charges are triggered. Problems of Defense Technology. Series 16. No 11–12, 28–36 [in Russian].

12. *Kikhtenko, A.V., Yeliseyev, K.V.* Obnaruzheniye vzryvoopasnykh obyektov: apparaturnoye obespecheniye antiterroristicheskikh sluzhb. "Detection of Explosive Objects: Hardware Support of Anti-Terrorist Services". URL: www.bnti.ru/showart.asp?aid=936&lvl=02.01.01.02.&p=1 (Date of Application: 12.05.2020) [in Russian].

13. *Sulnikov, M.V., Chernishov, M.V.* Metody obnaruzheniya vzryvchatykh veshchestv na vozdushnom transporte. "Methods for the Detection of Explosives in Air Transport". URL: <http://pda.ormvd.ru/pubs/238/15189> (Date of Application: 14.05.2020) [in Russian].

14. Metody obnaruzheniya vzryvchatykh veshchestv Methods for detecting explosives URL: <https://lektsii.org/14-40757.html> (date of the incident: 14.05.2020) [in Russian].

15. *Silnikov, M. V., Chernishov, M.V., Shishkin, V.N.* (2013) Obzor yaderno-fizicheskikh metodov obnaruzheniya vzryvchatykh veshchestv. "Review of Nuclear-Physical Methods of Detection of Explosives". Issues of Defense Technology. Series 16. No 11-12 [in Russian].

UDC 004.681.518

Rozorinov Heorhii,

Doct. Sci. (Engineering), Professor, Academician of the International Academy of Bioenergy Technologies, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky KPI", Kyiv, Ukraine,

ORCID ID 0000-0002-6095-7539

Nenia Olena,

Cand. Sci. (Law), Head of the Department, State Research Institute MIA Ukraine, Kyiv, Ukraine,

ORCID ID 0000-0001-9721-5718

Berezenko Nataliia,

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Leading Researcher, State Research Institute MIA Ukraine, Kyiv, Ukraine,

ORCID ID 0000-0003-4589-3829

Mamotenko Petro,

Senior Research Fellow, State Research Institute MIA Ukraine, Kyiv, Ukraine,

ORCID ID 0000-0003-2117-8150

SIMULATION OF RADIO PULSE GENERATOR OF NQR SPECTROMETER FOR THE DETECTION OF EXPLOSIVES AND NARCOTIC SUBSTANCES

Combating organized crime in the direction of detecting BP and HP, along with the improvement of the efficiency of the use of service dogs, requires further improvement and development of new technical methods for their detection in order to increase the efficiency of care operations.

© Rozorinov Heorhii, Nenia Olena, Berezenko Nataliia, Mamotenko Petro, 2020

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2\(61\).15](https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2(61).15)

Issue 2(61) 2020

<http://suchasnaspetstehnika.com/>

Research article considers methods that practically solve the problem of remote detection, identification and diagnosis of BP and HP, which can be divided into two major groups: using effects on the object of control of penetrating radiation, based on the analysis of gas phase traces of BP and HP.

Thus, among the technical means designed for the rapid detection and identification of explosives, currently the most available and widespread worldwide chemical rapid tests in the form of aerosol cans and droppers.

The most reliable are the search tools that provide detection of BP on direct grounds. Such tools include gas analyzers. In modern care systems, the most common are introsopic installations operating in the X-ray range of electromagnetic wavelengths.

The most high-tech methods of detecting explosives and explosives use the latest advances in atomic and nuclear physics. Such methods include neutron (based on the bombardment of an object by a stream of thermal or fast neutrons), gamma activation (where this role is performed by gamma quanta), nuclear quadrupole analysis.

Paper presents the essence of the phenomenon of nuclear quadrupole resonance as one of the highly effective methods for detecting explosives and HP. The method with two radio frequency pulses is considered – the method of quadrupole spin echo, which has become the most widespread in nuclear quadrupole resonance spectroscopy for recording spectra. A method for constructing a template for creating a new virtual instrument for the study of NQR spectrometer is suggested.

It is noted that when creating basic applications for modeling input devices and providing block diagram data of a virtual device at the physical level in the virtual device can be used built-in virtual devices, functions, structures and objects of the front panel.

On the basis of an analysis, it is concluded that the created virtual device provides the generation of a given signal and its display on the front panel.

Emphasis is placed on the fact that devices for detecting BP and HP, created on the basis of the application of the NQR method are very promising devices for their widespread implementation.

Keywords: explosives and drugs, service dogs, virtual instrument, radio pulse generator, quadrupole spin echo, LabView graphic design language, nuclear quadrupole resonance.

Отримано 16.03.2020