

УДК 623.9

Лілія Михайлівна ТРАСКОВЕЦЬКА,
кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри
загальнонаукових та інженерних дисциплін Національної академії
Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького,
м. Хмельницький

Олег Васильович БОРОВИК,
доктор технічних наук, професор, начальник кафедри інженерного
забезпечення та технічних засобів охорони кордону
Національної академії Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

АНАЛІЗ МЕТОДІВ І МОЖЛИВОСТЕЙ ПОШУКУ ОБ'ЄКТІВ ЗА ПЕРЕПОНАМИ, ЩО РЕАЛІЗОВАНІ В ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБАХ ПРИКОРДОННОГО КОНТРОЛЮ

У роботі проведено аналіз методів і способів пошуку прихованих об'єктів різної природи в непрозорих середовищах різної структури, що реалізовані в сучасних технічних засобах охорони кордону. Здійснено аналіз їх областей використання. Обґрунтовано актуальність побудови математичної моделі, яка б визначала параметри поширення електромагнітного поля в непрозорих композитних середовищах.

Ключові слова: метод, технічні засоби прикордонного контролю, приховані об'єкти, середовища різної структури, математична модель.

© Трасковецька Л. М., Боровик О. В.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Стратегічний курс України на інтеграцію до Європейського Союзу, входження України у європейський політичний, економічний і правовий простір спонукають до змін в усіх галузях, у тому числі і в сфері забезпечення прикордонної безпеки. Щодо останньої, то особлива увага була й залишається прикутою до пунктів пропуску через державний кордон України (ДКУ). З прийняттям Закону України “Про прикордонний контроль” чітко означено його основну мету, яка полягає у протидії незаконному переміщенню осіб через державний кордон, незаконній міграції, торгівлі людьми, а також незаконному переміщенню зброї, наркотичних засобів, психотропних речовин і прекурсорів, боєприпасів, вибухових речовин, матеріалів і предметів, заборонених до переміщення через ДКУ. Підрозділи, що здійснюють прикордонний контроль під час оперативно-службової діяльності (ОСД), використовують технічні засоби прикордонного контролю (ТЗПК), які призначені для підвищення його ефективності. Аналіз застосування ТЗПК в ОСД дозволяє стверджувати, що існують випадки забезпечення недостатньої ефективності прикордонного контролю через незадовільність роботи саме ТЗПК. У зв’язку з цим потребує уваги питання удосконалення технічних можливостей ТЗПК.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опираються автори. Технічні засоби прикордонного контролю застосовуються для пошуку об’єктів у різних середовищах. Останніми роками проблема подібного пошуку привертає увагу все більшого кола спеціалістів різних галузей діяльності: археології, будівництва, медицини, охорони кордону тощо [1–10]. Відомі засоби пошуку часто не спроможні забезпечити глибини пошуку, що відповідає глибині прихованого об’єкта. Основною причиною цього є порівняно великі питомі втрати при проходженні електромагнітної хвилі через шар прикриваючого середовища. Прикриваючими середовищами можуть бути [2]:

грунти різної структури і вологості (при пошуку схованок із зброєю, вибуховими пристроями, контрабандою);

прісна і морська вода (при пошуку боєприпасів, а також різних схованок);

рослинність (при пошуку вогнепальної зброї, боєприпасів, наркотичних речовин);

сніг, лід;

будівельні матеріали (цегла, бетон).

Пошук прихованих об'єктів у непрозорих середовищах здійснюється технічними засобами, що є, зазвичай, вузько специфічними і не спроможними розв'язувати широкий клас задач. Можливість виявлення деяких об'єктів суттєво зменшується через низький діелектричний контраст між об'єктом і фоном середовища. Це особливо відчувається на пластикових та азбестоцементних трубах, кабелях.

Аналіз відомих робіт [2–7] в галузі нелінійної і параметричної локації напівпровідних середовищ стосовно можливості виявлення об'єктів штучного походження в прикриваючих середовищах показує, що ресурси електромагнітного поля використовуються не повною мірою.

З урахуванням цього актуальності набуває питання розробки нових технічних рішень, які дозволили б підвищити ефективність системи виявлення та ідентифікації прихованих об'єктів у середовищах різної природи. Відповідні засоби повинні бути універсальними, простими в експлуатації, швидкодійними і відповідати сучасним вимогам щодо ефективності.

На думку авторів, дослідження цього питання варто розпочати з побудови ефективних математичних моделей, які б визначали параметри проходження електромагнітних хвиль через непрозорі композитні середовища різної структури, з урахуванням зміни значень параметрів досліджуваних систем, різних збурень і початкових умов. Однак для окреслення меж указанного моделювання насамперед доцільно провести аналіз наявних методів і способів пошуку об'єктів різної природи за перепонами, що реалізовані в сучасних ТЗПК. Саме це і визначає **мету даної роботи**.

Виклад основного матеріалу дослідження. Підрозділи прикордонного контролю при здійсненні ОСД використовують ТЗПК відпо-

відно до вимог “Інструкції з організації і здійснення прикордонного контролю”. Застосування ТЗПК дозволяє:

підвищити пропускну спроможність контрольно-пропускних пунктів за рахунок скорочення часу огляду об’єктів контролю;

більш надійно проводити перевірку документів на право в’їзду в Україну або виїзду з України;

проводити огляд осіб, транспортних засобів і вантажів, які прямують через ДКУ;

підвищити ступінь можливості виявлення схованок та прихованих вкладень у контрольованих об’єктах;

виявляти зброю, боєприпаси, наркотичні засоби, радіоактивні, вибухові та інші заборонені до ввезення в Україну чи вивезення з України предмети і матеріали;

виявляти і припиняти порушення правил перетину ДКУ.

Відповідно до наказу Адміністрації Державної прикордонної служби України від 29 серпня 2006 року № 646 “Про затвердження класифікації, специфікації та норм забезпечення пунктів пропуску через державний кордон технічними засобами та спеціальною технікою прикордонного контролю” визначено таку класифікацію ТЗПК [8]:

технічні засоби для перевірки паспортних документів – “Dixi – 01M”, “Dixi – 1L11”, “Dixi – 04M”, “Docubox”;

технічні засоби для огляду транспортних засобів і вантажів – “Dixi – 06A” (“Лоза”), “Око – М”, “ОАД – 2”, “ОАД – 4”, “ДИ – 1”, “КЩ – 1”, “Ендоскоп – ЄТГ – 6-1,5”;

технічні засоби для виявлення зброї, боєприпасів, та небезпечних предметів – “АКА 7202”, “МО – 1”;

технічні засоби автоматизації державного контролю – “Гарт -1П”, “Гарт -1Н/3”;

технічні засоби контролю режиму у пунктах пропуску через державний кордон – “Гарт -1В/С”;

технічні засоби управління службою прикордонних нарядів – радіостанції, телефонні апарати;

технічні засоби фото, відеодокументування – фотоапарати, відеокамери, відеомагнітофони та ін;

технічні засоби радіаційного контролю – “ТЕРРА”, “МКСУ” (пошук), “Янтар”.

В окресленому дослідженні аналізу піддамо лише ті ТЗПК та відповідні методи, які забезпечують неруйнівний контроль прихованих об’єктів в непрозорих середовищах різної структури. Об’єктами пошуку можуть виступати наркотичні та вибухові речовини, вироби із чорних і кольорових металів, зброя тощо. Ці предмети можуть бути сховані в землі, воді, стінах приміщень, автомобілях, потягах і т. д.

Відомі методи виявлення нерухомих об’єктів у прикриваючих середовищах ґрунтуються на різного роду аномаліях (електромагнітних, теплофізичних та інших). На даний час існує велика кількість методів виявлення прихованих об’єктів за різними перепонами. Їх можна класифікувати так: радіолокаційні; магнітні; теплові; рентгенівські; акустичні; ядерні. Усі вони мають як переваги, так і недоліки.

Проведемо порівняльний аналіз методів щодо завдання пошуку прихованих об’єктів у непрозорих середовищах.

1. Радіолокаційні методи. Радіолокацією називається виявлення і визначення місця знаходження різних предметів за допомогою радіохвиль. Радіолокація ґрунтується на явищі відображення або розсіювання радіохвиль тілами.

Радіолокаційний метод, що базується на застосуванні радіолокації, забезпечує виявлення малорозмірних об’єктів, у тому числі і схованок. Метод характеризується можливістю дистанційно виявляти і розпізнавати об’єкти незалежно від метеоумов і природного освітлення Землі. Крім того, надвисокочастотні електромагнітні поля володіють проникною здатністю через непрозорі напівпровідні середовища (ґрунт, воду, сніг, рослинність), під якими можуть знаходитись об’єкти пошуку.

Прилади, які базуються на радіолокаційному методі, називаються георадарами. Провідними країнами, що займаються виробництвом георадарів, є: США, Канада, Великобританія, Швеція, Латвія, Японія, Литва. У прикордонному контролі використовуються подібні прилади, зокрема такі як: “Dixi-06A”, “Лоза”, “Око-М” (виробник Росія).

Георадари серії “Лоза” призначені для виконання різного роду завдань, пов’язаних з пошуком і виявленням схованок, підкопів до об’єктів, що особливо охороняються, для виявлення контрабандних схованок у гомогенних однорідних вантажах, закладених мін, розташування підземних тунелів, комунікацій, складів, техніки.

Імпульс, який випромінюється антеною в досліджуване середовище, відбивається від предметів, що знаходяться в ньому, або від неоднорідностей середовища, що мають відмінну від середовища діелектричну проникність чи провідність, приймається антеною, посилюється в широкосмуговому підсилювачі, перетворюється в цифровий вид за допомогою аналого-цифрового перетворювача і запам’ятовується для подальшої обробки. Затримка відбитих сигналів безпосередньо пов’язана з глибиною залягання об’єктів і швидкістю поширення хвилі в середовищі, залежно від його діелектричної проникності. Для отримання радарограми необхідно зробити запис відбитих сигналів, послідовно переміщаючись по поверхні досліджуваного середовища у безперервному або поточковому режимі. Після обробки отримана інформація відображається на індикаторі у вигляді хвильового профілю (ряду рівновіддалених одна від одної осцилограм) або у вигляді щільнішого чорно-білого профілю Також можлива кольорова візуалізація.

Істотними недоліками георадарів є:

їх висока вартість і необхідність у високому рівні кваліфікації операторів;

малоефективна радіолокація при виявленні металевих об’єктів невеликого розміру. Наприклад, сигнал, відображений від пістолета, може бути аналогічний сигналу зв’язки ключів;

істотне затухання сигналів у середовищі та його залежність від частоти. При зниженні частоти сигналів можна досягти проникнення в середовище, але при цьому погіршити роздільну здатність по глибині;

прилади можуть шукати заборонені предмети тільки в неметалевих схованках, пошук предметів за металевою перепоною неможливий.

2. Магнітні методи виявлення прихованих об’єктів. Останнім часом широкого поширення набули пристрої, які вирішують завдання виявлення провідних об’єктів в непровідних середовищах за допомо-

гою магнітних методів [9]. Металодетектори (металошукачі) застосовуються для пошуку металевих об'єктів у різних неметалевих середовищах. Вони є одним із основних видів ТЗПК. Робота цих приладів базується на зміні частоти автогенераторів за наявності металевих предметів в електромагнітному полі пошукових елементів. Металошукачі поділяються на стаціонарні (“КС-7” і “Метекс”) та переносні (“МКХ-900”, “МКД-9903”, “КС-1”, “Денсок”, “Hermann”, “Carrett”, “Гамма”).

Живлення стаціонарних шукачів здійснюється від мережі через вбудоване в металошукач джерело стабілізованого навантаження, через акумуляторні батареї або гальванічні елементи постійного струму. Переносні шукачі живляться від батарей, які розміщуються в корпусі приладу або в пеналі при роботі приладу в зоні мінусових температур.

Максимальна відстань виявлення металевих предметів переносними металошукачами за швидкості руху від 2 до 50 см/с для предметів розмірами 100x100x1 мм зі сталі не менша 12 см, для предметів діаметром 22 мм і товщиною 1 мм, виготовлених із металу, не менше 7 см. При скануванні із швидкістю 3 см/с прилад виявляє два предмети діаметром 22 мм на відстані не менше 7 см. Ймовірність виявлення предмета розміром 100x100x1 мм не менша 0,9. Ймовірність виявлення предмета діаметром 53 мм не менша 0,8. Струм, який споживає прилад у режимі мовчання звукової сигналізації, – 10 мА, у режимі звукової сигналізації – 45 мА. Ймовірність безвідмовної роботи за 1 000 год – не менше 0,9. Термін служби приладу 6 років. Габаритні розміри 200x70x55 мм. Маса приладу не більша 0,55 кг.

Серед недоліків приладу відмічається вузька сфера застосування, необхідність значної жорсткості конструкцій котушки, необхідність оберігання від струсів і дотику.

3. Теплові методи. Методи ґрунтуються на моніторингу, вимірюванні й аналізі температури контрольованих об'єктів. Основною умовою застосування теплового методу є наявність у контрольованих об'єктах теплових потоків. Процес передачі теплової енергії, виділення або поглинання тепла в об'єкті приводить до того, що його температура змінюється відносно навколишнього середовища. Розподіл темпе-

ратури по поверхні об'єкта є основним параметром в тепловому методі, оскільки несе інформацію про особливості процесу теплопередачі.

Теплові потоки можуть виникати з різних причин:

активний метод контролю використовується, якщо в процесі експлуатації об'єкт не піддається достатній тепловій дії (різноманітні деталі) або якщо виміряти температуру неможливо (лопаті гелікоптера). Активний метод передбачає попереднє нагрівання об'єкта спеціальними зовнішніми джерелами енергії для створення теплових потоків під час контролю;

пасивний метод не потребує зовнішнього джерела теплової дії, теплове поле в об'єкті контролю виникає при його експлуатації або виготовленні.

З використанням пасивного методу поширилося використання тепловізійної діагностики. Тепловізори "Thermovision-550" (Швеція), "Thermo Tracer TH5-104" (Японія), "Иртис-200" (Росія) – це прилади, які однаково добре контролюють ситуацію вдень і вночі при довільній погоді, працюючи в тепловому, невидимому для людського ока спектральному діапазоні (інфрачервоне випромінювання), і тим самим дозволяючи бачити те, що не доступне телекамерам і приладам нічного бачення. Вони фіксують тепловий потік, а визначення поля температур і побудова поля термограм проводиться програмним забезпеченням. Добре зарекомендували себе тепловізори в антитерористичній операції.

Недоліком теплового методу є те, що екраном для інфрачервоного випромінювання може бути ґрунт, пісок, метал і навіть скло.

4. Рентгенівські методи. Контроль багажу, поштових відправлень, вантажних контейнерів, транспортних засобів, продуктів харчування і сипучих вантажів, будівельних конструкцій, меблів і предметів щоденного користування, експертиза й аналіз достовірності витворів мистецтва, цінних паперів, банкнот і документів – усе це здійснюється за допомогою технічних засобів інтроскопії.

Інтроскопія – це візуальне спостереження об'єктів, явищ і процесів в оптично не прозорих тілах і середовищах, а також в умовах

неповної видимості. Візуалізація означає перетворення невидимого поля випромінювання об'єкта у видиме зображення.

Для візуалізації зображення різних об'єктів використовується практично весь спектр електромагнітного випромінювання – від радіохвиль до гамма-випромінювання. За допомогою електромагнітного випромінювання можна отримати зображення як зовнішніх, так і внутрішніх структур досліджуваного об'єкта.

Одним з найбільш універсальних та інформативних методів інтроскопії є радіаційний метод, який займає провідне місце в неруйнівному контролі прихованих пустот, а технічні засоби, що ґрунтуються на даному методі, відрізняються широким різноманіттям типів.

У прикордонному контролі використовують технічні засоби, використання яких ґрунтуються на радіаційному методі, зокрема, портативні: “Рось – 4М” (Україна), “Rapiscan Eagle”, “K910B Buster”, “CINDI” (США), “УПН РМ-1410М-П” (Білорусь), “ДИП-А01М” (Росія).

Детектор контрабанди “K910B Buster” призначений для виявлення заборонених закладок у важко доступних місцях, таких як: паливні баки автомобілів, дверцята, автопокришки, стінки вантажних автомобілів тощо. Прилад розміщують на поверхні підозрілого об'єкта, пускова кнопка переводиться натиском у положення “Включено” (“ON”), тоді в підозрілий об'єкт випромінюється енергія у вигляді тонкого променя. Якщо простір під поверхнею об'єкта пустий і там відсутня будь-яка маса, то енергія променя проходить крізь об'єкт і розсіюється в просторі. Кількість відбитої і поверненої до детектора енергії буде низькою і на рідкокристалічному дисплеї будуть зображені малі числа; якщо простір під поверхнею об'єкта заповнений довшим матеріалом, то кількість відбитої енергії велика і на дисплеї будуть великі числа. Якщо прилад повільно рухати вздовж поверхні, то зміна густини матеріалу під цією поверхнею відобразиться на дисплеї у вигляді зміни його показників. Необхідно звернути увагу на те, що джерело енергії випромінює її випадковим чином і малі зміни показників дисплея є нормальними. Натискання пускової кнопки автоматично переводить прилад у режим безпосереднього представлення даних. У цьому режимі на дисплей постійно виводиться значення,

пропорційне густині матеріалу під поверхнею. Зумер при цьому не звучить. Прилад “бачить” приблизно на 150 мм (6 дюймів) в глибину об’єкта. Чутливість приладу найвища для перших 100 мм (4 дюйми) об’єкта. Наприклад, прилад може легко “бачити” через дверцята автомобілів, стінки вантажних причепів, меблі, елементи конструкцій літаків та інші подібні об’єкти. Прилад реагує на присутність контрабанди або інших матеріалів розміром у маленьку книжку або блок сигарет, розташованих у межах зони вимірювання. Реакція приладу найбільша, якщо схований предмет має більшу густину, ніж поверхня, за якою він лежить.

Недоліки приладу “K910B Buster”:

не може проглядати центр кімнати або інших великих приміщень, не може визначати наявність підозрілих матеріалів у центрі великих цистерн з бензином;

може “бачити” вміст валізи, але якість показників буде сумнівною через наявність у валізі предметів різної густини;

чим товстіша поверхня, тим менша чутливість приладу до схованих за цією поверхнею предметів. Це відбувається тому, що поверхня поглинає як малу долю випроміненої приладом “K910B Buster” енергії, так і ще більш істотну долю того послабленого потоку енергії, який відбивається від об’єкта в бік приладу. Якщо поверхня є одночасно щільною і товстою, то поглинається значна доля повної енергії і тільки мала її частина використовується для виявлення підозрілого контрабандного матеріалу. Наприклад, прилад не буде реагувати на контрабандний матеріал, схований у свинець навіть мінімальної товщини; наявність джерела іонізуючого випромінювання.

Російські й американські фірми-виробники не вказують на приладах такі важливі показники, як потужність еквівалентної дози і ймовірність виявлення об’єкта, а ці параметри дуже важливі для споживача, оскільки дозволяють оцінити безпеку приладу для людини і його технічні можливості.

У всіх приладах як джерело іонізуючого випромінювання використовується радіонуклід ^{133}Ba , в герметичному корпусі. Номінальна активність радіонукліда ^{133}Ba для “Рось-4М”, “УПН РМ-1410М-П”,

“ДИП-А01М” становить – 1 МБк. Американські аналоги містять радіонуклід активністю 0,5 МБк.

На відміну від аналогів “Рось-4М” виконана у вигляді двох окремих блоків, що дозволяє оператору завжди бачити показники приладу. Для розширення можливостей при огляді важкодоступних місць прилад комплектується видовженою штангою-ручкою. Важливий момент – наявність сервісного обслуговування на території України.

5. Акустичні (ультразвукові) методи. Розглянутий у попередньому пункті радіаційний метод через універсальність, дозволяє здійснювати контроль будівельних конструкцій із бетону і залізобетону. Але для його реалізації, як правило, необхідний двобічний підхід до контрольованого об’єкта.

Ультразвук – це пружні коливання хвиль, частота яких перевищує 15-20 кГц (нижня межа області ультразвукових коливань). Верхня частотна межа обумовлена фізичною природою пружних хвиль, які можуть поширюватись лише в матеріальному середовищі, тобто за умови, якщо довжина хвилі більша довжини вільного пробігу молекул у газах, рідинах або твердих тілах.

Ультразвук володіє високою густиною енергії. Він спроможний проходити крізь щільні речовини. При цьому звукові хвилі легко реагують на найменші зміни у структурі об’єкта. Ультразвукова хвиля відбивається від межі двох середовищ з різними акустичними опорами.

Цей принцип ехолокації і був використаний в ультразвуковій діагностиці. Досліджуваний об’єкт піддається дії направленого пучка ультразвуку. Проходячи через об’єкт, ультразвук зустрічає на своєму шляху перепони, якими є границі середовища. Відбиваючись від границі двох середовищ, ультразвуковий промінь перетворюється в електричний сигнал і сприймається електронним приладом.

Реальні прилади, що базуються на ультразвуковому методі: “Ультратест-Т” (Україна), “ТУЗ-3-5” (Росія), “SONIC-35” (США), призначені для вимірювання товщини різних об’єктів із металів і неметалів, у тому числі об’єкти, доступ до яких можливий тільки з одного боку. Ці прилади характеризуються високою роздільною здатністю, можливістю представлення результатів контролю у вигляді двомірно-

го зображення перетину внутрішньої структури досліджуваних конструкцій (томограми), а також синтезу трьохмірного зображення, що робить їх привабливими для реалізації контролю товщини об'єктів.

Недоліки акустичного методу:

швидко зростання коефіцієнта затухання акустичних хвиль від частоти робить практично неможливим використання сигналів з частотами більшими 200 кГц. Причому вже в діапазоні від 100 до 200 кГц затухання зростає так швидко, що спектр прийнятого сигналу виявляється обмеженим з боку верхніх частот;

крупнозерниста структура матеріалу породжує сильний структурний шум, рівень якого тим більший, чим вища частота сигналу, що також обмежує зверху можливість вибору робочої частоти сигналу;

груба, пориста і пильна поверхня бетону робить акустичний контакт приладу з об'єктом контролю дуже ненадійним і нестабільним;

б. Ядерні методи. Методи нейтронного опромінення і ядерного квадрупольного резонансу дозволяють не тільки виявляти аномалію в сканованому середовищі, але і досліджувати його на наявність вибухових або наркотичних речовин. Суть цих методів полягає в тому, що з їх допомогою намагаються виявити в оглядовому об'єкті надмірну концентрацію атомів азоту, що є ознакою наявності вибухових речовин, оскільки азот входить до складу всіх бойових вибухових речовин. При взаємодії нейтронів з ядрами азоту випромінюються гама-кванти з енергією 10,8 МеВ, реєстрація яких є ознакою присутності азоту. Привабливість цього методу пояснюється тим, що нейтрони дуже інтенсивно взаємодіють з азотом і, здавалося б, що для реалізації методу достатньо використовувати порівняно недороге і безпечне нейтронне джерело. Тому на основі цієї методики були розроблені як стаціонарні, так і мобільні пристрої, які проходили стадію натурних випробувань, у ході яких виявились і їх істотні недоліки. Виявляється, що через те, що нейтрони активно взаємодіють не тільки з азотом, але і практично з усіма елементами таблиці Менделєєва, корисний сигнал, який несуть гама-кванти з енергією 10,8 МеВ, сильно зашумлений гамма-квантами інших енергій, які виникли від паразитних реакцій нейтронів з ядрами інших хімічних елементів. І для того щоб виділити корисний сигнал,

потрібно набрати більшу статистику, що вимагає значного часу. Так, усі створені нейтронні системи виявлення прихованих об'єктів (експериментальні зразки “Q-Scan QR-160” (США), “ОВВ-ЯКР-10” (Росія), випробувані в аеропортах різних країн, могли виявляти достатньо великі маси тринітротолуолу (~200 г) за час не менше 10 хвилин. Подібні показники не задовольняли службу безпеки, оскільки для огляду 300 одиниць багажу (середня завантаженість авіалайнера) такій системі необхідно було 50 годин. У результаті випробувань усі виготовлені прилади були визнані незадовільними.

Крім того, у ході випробувань виявилось, що система є практично неробочою, якщо ґрунт вологий або вкритий снігом. Це пов'язано з тим, що водень, який входить до складу води, дуже сильно поглинає нейтрони, які просвічують ґрунт.

Отже, будучи дуже перспективними, ядерні методи вимагають подальшого розвитку як в теоретичному плані, так і в плані розробок приладів.

Наведений вище аналіз основних методів виявлення прихованих об'єктів за різними перепонами дозволяє систематизувати аспекти їх застосування за різними напрямками використання.

Аналіз даних таблиці дозволяє зробити висновок, що найбільш універсальними щодо виявлення прихованих об'єктів за різними перепонами є ТЗПК, що базуються на застосуванні рентгенівського методу. Однак, з точки зору безпекових аспектів, цей метод є достатньо проблематичним. Крім цього, недоліком методу є й те, що ймовірність виявлення об'єктів різної щільності в одному середовищі або в середовищі з товстою і щільною поверхнею практично рівна нулю. Це пов'язано з тим, що чутливість приладів залежить від повної енергії, яку вони поглинають і тільки мала її частина використовується для виявлення підозрілого контрабандного матеріалу.

Ядерні методи, будучи універсальними, потребують подальших досліджень у зв'язку з проблемністю їх застосування в ТЗПК.

Інші методи є менш універсальними, оскільки мають вузькі області застосування.

Аналіз методів пошуку об'єктів за перепонами

| Область використання | Методи пошуку / Технічні засоби прикордонного контролю | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|
| | Радіолокаційні методи "Dixi-06A", "Лоза", "Око-М" | Магнітні методи "МКХ-900", "КС-1", "Денсок", "Гамма". | Теплові методи "Thermovision 550", "Иртис-200" | Рентгєнівські методи "Рось-4М", Rapiscan, Eagle", "K910B Buster" | Акустичні методи "Ультратест -Т", "ТУЗ-3-5", "SONIC-35" | Ядерні методи експериментальні установки |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Пошук у ґрунті локальних об'єктів | + | + | - | + | - | + |
| Визначення границь шарів ґрунту | - | - | - | + | + | - |
| Пошук предметів малої величини | - | - | - | + | - | + |
| Пошук металевих предметів середньої і крупної величини | + | + | - | + | - | + |
| Пошук неметалевих предметів середньої і крупної величини | + | - | - | + | - | + |
| Пошук металевих предметів за металевою перепоною | - | - | - | + | + | + |
| Пошук предметів на різних типах ґрунтів | - | - | - | + | - | + |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--|---|---|---|---|---|---|
| Однобічний підхід до об'єкта | - | - | - | - | + | - |
| Пошук об'єктів, що випромінюють ГЧ-промені | - | - | + | + | + | + |
| Шкідливий вплив на організм людини | - | - | - | + | - | + |

Висновки. За результатами дослідження можна зробити висновок про те, що виявлення прихованих об'єктів за різними перепонами є актуальним завданням, яке не має однозначної реалізації на теперішній час. Можливість його вирішення може підвищити рівень безпеки держави.

Зважаючи на це, вбачається коректним авторський висновок про доцільність побудови математичної моделі, яка б визначала параметри поширення електромагнітного поля в непрозорих композитних середовищах різної щільності з використанням різних збурень і початкових умов, а також про доцільність розробки технічних рішень, які б базувалися на результатах обробки опрацьованої математичної моделі та лягли б в основу принципу роботи перспективних ТЗПК.

Останнє визначає **перспективи подальших розвідок у даному напрямку.**

Список використаної літератури

1. Толстой М. И. Основы геофизических методов разведки / М. И. Толстой и др. – К. : Вища школа, 1985. – 346 с.
2. Щербаков Г. Н. Обнаружение скрытых объектов для гуманитарного разминирования, криминалистики, археологии, строительства и борьбы с терроризмом / Г. Н. Щербаков. – М.: Арбат-Информ, 2004. – 236 с.
3. Вернигоров Н. С. К вопросу о применении многочастотного сигнала в нелинейной радиолокации / Н. С. Вернигоров, А. Р. Борисов, В. Б. Харин // Радиотехника и электроника, 1998. – Т. 43. – № 1.

4. Васенков А. А. Нелинейный рассеиватель электромагнитных волн с регулируемой плоскостью поляризации / А. А. Васенков, Е. П. Чигин // Радио-техника и электроника, 2000. – Т. 45. – № 7.
5. Щербаков Г. Н. Параметрическая локация – новый метод обнаружения скрытых объектов / Г. Н. Щербаков // Специальная техника, 2000, – № 4. – С. 52-57.
6. Щербаков Г. Н., Николаев А. В., и др. Рассеяние радиоволн параметрическими вибраторами / Специальная техника. – 2008. – № 5–6.
7. Горбачев А. А. Особенности зондирования электромагнитными волнами сред с нелинейными включениями / А. А. Горбачев // Нелинейн. мир. – 2009. – № 7–9.
8. Кузь Ю. М. Технічні засоби прикордонного контролю: навч. пос. / Ю. М. Кузь, С. П. Гетманюк, І. І. Балицький. – Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2014. – 388 с.
9. Арбузов С. О. Магниточувствительные поисковые приборы / С. О. Арбузов // Специальная техника. – 2000, – №6.
10. Никольский В. В. Теория электромагнитного поля / В. В. Никольский. – М.: Высшая школа, 1961. – 475 с.

Стаття надійшла до редакції 12.11.2015.

Трасковецкая Л. М., Боровик О. В. Анализ методов и возможностей поиска объектов за преградами, которые реализованы в технических средствах пограничного контроля

В работе проведен анализ методов и способов поиска скрытых объектов различной природы в непрозрачных средах различной структуры, которые реализованы в технических средствах пограничного контроля. Проведен анализ областей их применения. Обоснована актуальность построения математической модели, которая определяла бы параметры распространения электромагнитного поля в непрозрачных композитных средах.

Ключевые слова: *метод, технические средства пограничного контроля, скрытые объекты, среды различной структуры, математическая модель.*

Traskovetska L. M., Borovik O. V. **Analysis methods and capabilities for finding objects obstacles that are implemented in the technical means of border control.**

The strategic course of Ukraine's integration into the European Union, Ukraine's entry into European political, economic and legal space leads to changes in all areas, including in the area of border security. Regarding the latter, special attention has been and remains confined to checkpoints across the state border of Ukraine. With the adoption of the Law of Ukraine "On Border Control" clearly defined its main goal, which is to counter trafficking of persons across the state border, illegal migration, human trafficking and trafficking of arms, narcotics, psychotropic substances and precursors, ammunition, explosives materials and items prohibited for movement across the border. Units performing border control during the operational performance using technical means of border control (TZPK) that are designed to improve its efficiency. Analysis TZPK use in operational performance suggests that there are cases insufficient to ensure the efficiency of border controls because it is the inadequacy of TZPK. In this regard, attention needs further improvement in technical capabilities TZPK.

According to the authors, the study of this issue should begin with building effective mathematical models that would determine the parameters of electromagnetic waves passing through the transparent medium of various composite structures to the changing values of parameters of the systems, the various disturbances and initial conditions.

The paper analyzes the methods and ways to find hidden objects opaque nature in different environments with different structures implemented in modern technical means of border protection. The analysis of areas of use. The urgency of constructing a mathematical model that would determine the parameters of the electromagnetic field distribution in the composite opaque media.

Keywords: *methods, technical means of border control, hidden objects, environments of different structures, mathematical model.*