



С. А. Горєлишев



П. Ю. Волков

## ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ВАЖЛИВИХ ДЕРЖАВНИХ ОБ'ЄКТІВ

*Проаналізовано принципи роботи технічних засобів периметрових систем сигналізації, які використовуються для охорони важливих державних об'єктів, їх переваги та недоліки. Показано, що для побудови особливо надійних систем сигналізації застосовується метод комплексування – оснащення периметра кількома рубежами із засобами виявлення, які ґрунтуються на різних фізичних принципах. Розглянуто можливості пасивного бістатичного радара для використання сигналів стільникового зв'язку, радіомовлення та телебачення наземного і космічного базування як недорогого пристрою спостереження і прихованого виявлення наземних та приземних об'єктів, у тому числі й біологічних, у зоні охорони важливих державних об'єктів.*

**Ключові слова:** важливий державний об'єкт, технічні засоби виявлення, напівактивна бістатична радіолокаційна станція.

**Постановка проблеми.** Однією з основних функцій Національної гвардії України (НГУ) є охорона важливих державних об'єктів (ВДО), перелік яких визначається Кабінетом Міністрів України. Ефективність виконання цього завдання підрозділами НГУ значною мірою залежить від технічної оснащеності системи фізичного захисту ВДО, зокрема, засобами виявлення (ЗВ). На цей час поява нових засобів нападу і способів диверсійної діяльності висуває особливі вимоги до технічних засобів охорони об'єктів.

Організація захисту периметра об'єкта є комплексним завданням. Ефективне його виконання можливе за оптимального поєднання механічних перешкод, що ускладнюють і уповільнюють дії порушника, із засобами виявлення та сигналізації, які забезпечують найбільш раннє визначення факту проникнення. У процесі проектування системи захисту необхідно враховувати чимало чинників: топографію об'єкта і рельєф місцевості, можливість виділення смуги відчуження, види рослинності, сусідство із залізничними й автомобільними магістралями, кабельними лініями, естакадами, шляхами міграції тварин, ґрунтово-геологічні умови тощо. Усе це викликає труднощі під час вибору відповідного комплексу сигналізації і робить

практично неможливим використання якої-небудь однієї системи для всіх ВДО.

Важливим аспектом охорони ВДО в сучасних умовах є забезпечення прихованого виявлення порушників (маловисотні літальні апарати, наземні об'єкти, у тому числі біологічні та ін.) на далеких підступах до її зони охорони за будь-яких кліматичних умов, пори року та часу доби, в умовах поганої оптичної видимості (туман, задимлення і запиленість атмосфери, опади тощо). На жаль, існуючі засоби не в повному обсязі відповідають сучасним вимогам. Одним із можливих шляхів вирішення цього завдання є використання засобів напівактивної бістатичної радіолокації.

Таким чином, дослідження, що спрямоване на виявлення можливих шляхів спостереження за приземними та наземними цілями з використанням методів прихованої бістатичної радіолокації, є актуальним науковим завданням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Використання принципів рознесеної радіолокації для вирішення завдання контролю повітряного та морського простору вивчалось у багатьох наукових працях.

Зокрема, у статті [1] наводяться принципи побудови й оцінюються можливості

перспективних багатопозиційних радіолокаційних систем протиповітряної оборони, які дають змогу збройним силам США та їхнім союзникам виконувати якісно нові завдання з прихованого спостереження і контролю повітряного простору.

Можливість використання пасивного бістатичного радару для використання сигналів зв'язку WiMAX як передавачів для спостереження за морськими об'єктами досліджено у [2].

У праці [3] описано основи систем пасивних бістатичних радарів і, зокрема, характер форми сигналів підсвічування, які вони використовують. Надано опис деяких практичних пасивних бістатичних радарних систем.

У виданні [4] наведено відомості з теорії бістатичної локації, проаналізовано сигнали підсвічування, використовувані у пасивних когерентних радіолокаційних системах, розглянуто деякі найбільш характерні приклади пасивних когерентних радіолокаційних систем.

На завдання і можливості виявлення об'єктів, у тому числі й біологічних, характеристики основних технічних засобів, переваги використання бістатичних РЛС при прямому розсіюванні звернено увагу у [5].

Аналіз джерел, наведених вище, засвідчив, що наразі бракує теоретичних досліджень стосовно використання пасивних бістатичних радарів із сигналами стільникового зв'язку, радіомовлення та телебачення наземного і космічного базування як сигналів підсвічування для виявлення порушників (приземних та наземних цілей) у зоні охорони ВДО.

**Мета статті** – обґрунтувати необхідність додаткового використання засобів напівактивної бістатичної радіолокації для виявлення приземних та наземних об'єктів, у тому числі й біологічних, у системі охорони ВДО.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

1) проаналізувати принципи роботи технічних засобів периметрових систем сигналізації, які використовуються для охорони ВДО;

2) обґрунтувати можливість використання напівактивних радіолокаційних засобів прихованого спостереження під час організації охорони ВДО.

**Виклад основного матеріалу.** Надійний і ефективний рівень захисту об'єктів може бути досягнутий унаслідок застосування таких

основних принципів побудови охоронних систем:

- системи охорони мають бути інтегрованими з використанням датчиків різної фізичної природи і за необхідності включати кілька рубежів;

- датчики виявлення, як і вся система охорони в цілому, повинні бути захищені від природних і штучних перешкод, від навмисних механічних ушкоджень, мати елементи дублювання і прихованості, надійно працювати у широкому діапазоні кліматичних і метеорологічних умов;

- охоронні системи повинні передбачати як стаціонарні, так і мобільні варіанти побудови;

- системи охорони мають здійснювати виявлення порушників як у разі перетинання ними рубежу охорони, так і у всій зоні охорони та на її підступах, і створювати необхідні умови для своєчасного припинення їхніх дій.

*1. Аналіз найбільш поширених принципів роботи периметрових систем сигналізації, які використовуються для охорони ВДО.*

Є велика група радіопроменевих засобів виявлення [6]. Усі ці системи двопозиційні – приймач і передавач пов'язані між собою кабелем синхронізації. Усі мають об'ємну зону виявлення у вигляді витягнутого еліпсоїда обертання, діаметр якого всередині зони складає від 0,7 м до 6,0 м. Ці засоби застосовують там, де забезпечена пряма видимість між передавачем і приймачем, тобто відсутні в зоні виявлення нерівності ґрунту вище 0,4 м, кущі, гілки дерев тощо, зблизька не повинен проїжджати автотранспорт. Такі засоби призначені для виявлення порушника, що долає рубеж сигналізації.

Основна перевага інфрачервоних засобів (ІЧ-засобів) перед радіопроменевими – можливість створення вузької зони виявлення [6]. Проте, як і радіопроменеві, ІЧ-засоби потребують прямолінійних ділянок периметра в азимутній і вертикальній площинах. Усупереч рекламним заявам про стійкість цих засобів до світлових і метеорологічних чинників в екстремальних погодних умовах (у випадках мокрого снігопаду, сильного поривчастого дощу, густого туману) або у разі різких засвічень фарами ІЧ-засоби дають хибні спрацьовування.

Ємнісні засоби виявлення набули досить великого поширення [6]. У найзагальнішому вигляді ємнісний засіб є протяжним чутливим елементом, що називається також антенною системою. Нерідко його обладнують у вигляді

козирка з дротів над огорожею. Поява людини поблизу антен або її торкання змінює ємність системи. Змінений електричний сигнал після відповідної обробки електронним блоком викликає сигнал тривоги. До переваг ємнісних засобів належить те, що вони не мають мертвих зон і мають стабільну високу чутливість, при цьому зона виявлення регулюється. Ємнісні засоби виявлення найефективніше застосовувати на об'єктах з механічно міцними огорожами.

Принцип дії вібраційних засобів ґрунтується на реєстрації механічних коливань сітчастого загородження, на якому встановлено чутливий елемент, що перетворює ці коливання в електричний сигнал [6]. За спектром електричного сигналу можна визначити вид механічної дії. Такі виробни ефективно використовують для захисту будь-яких типів загороджень і металевих конструкцій (воріт, ґрат, водопроводів), що входять у них, а також будівель.

Принцип роботи дротяно-хвильових засобів ґрунтується на створенні об'ємної зони виявлення навколо чутливого елемента з двох ізольованих дротів, що проходять паралельно один одному на відстані 0,4-0,5 м. Вони утворюють "відкриту антену". До одного її кінця підключається блок передавача-генератора УКХ-енергії, до іншого – блок приймача. Навколо дротів створюється електромагнітне поле, що формує зону виявлення. У разі потрапляння в неї людини рівень сигналу на вході приймача змінюється і викликає сигнал тривоги. Антенна система, на відміну від ємнісних приладів, не потребує використання спеціальних ізоляторів-перехідників і допускає значне провисання дротів. Об'ємна зона виявлення має ширину біля землі до 3 м, а висоту 2 м, довжину ділянки – до 250 м. Цей засіб можна встановити і в лісі на прямолінійній або звивистій просіці, закріплюючи верхній дріт на стовбурах дерев. Однак умова, якої при цьому потрібно дотриматися, – у зоні виявлення не повинно бути кущів і гілок дерев.

Волоконно-оптичні засоби виявлення, як і вібраційні, вимагають надійного контакту чутливого елемента – кабелю з поверхнею обгороджування [6]. Застосування його на огорожах з колючого дроту або сітки "Рабиця" є проблематичним. У разі сильного вітру вільно переплетений дріт створює в системі суцільний механічний "шум". Ремонт оптичного кабелю у польових умовах досить складний, для цього

потрібно портативний мікроскоп. Водночас потенційно високі тактико-технічні характеристики цього засобу, в частині принципової нечутливості до електромагнітних завад будь-якого походження, викликають інтерес.

Проведений аналіз найбільш поширених принципів роботи сучасних технічних засобів, які використовуються для охорони ВДО, виявив, що неможливо побудувати надійні системи сигналізації, застосовуючи тільки один вид ЗВ.

*2. Обґрунтування можливості використання напівактивних радіолокаційних засобів прихованого спостереження під час організації охорони ВДО.*

Для побудови особливо надійних систем сигналізації застосовується метод комплексування – оснащення периметра кількома рубежами із засобами виявлення, що ґрунтуються на різних фізичних принципах.

Із загального переліку складу системи охорони виділимо ЗВ, які (разом з існуючими) повинні забезпечити отримання інформації про наближення до об'єкта, який охороняється, на "далеких" підступах, що збільшить час на вжиття заходів у відповідь. За принципом дії такі ЗВ поділяють на пасивні та активні радіолокаційні системи.

Пасивні системи використовують власне випромінювання об'єкта виявлення або зміну електромагнітних полів зовнішніх джерел (як правило, мовних теле- і радіостанцій), що викликається ним. Активні системи використовують власне джерело електромагнітних полів для формування зони відповідальності. Крім того, ЗВ можуть бути одно- або багатопозиційні, останні мають рознесені блоки передавача і приймача. Усі ці ЗВ для виявлення працюють у дециметровому, сантиметровому або міліметровому діапазонах.

На сьогодні розроблені активні радіолокаційні станції ближнього радіусу дії, які можуть використовуватися для виявлення об'єктів на "далеких" підступах і за будь-яких погодних умов, за відсутності оптичної видимості. Наприклад, це радіолокаційні станції розвідки наземних і надводних цілей 112L1 "Борсук" [7], радіолокаційна станція 111L1 "Лис" [8], мобільний комплекс наземної розвідки "Джеб" [9], станції раннього виявлення для прикордонників "Aeros" [10]. Порівняння технічних характеристик щодо дальності виявлення цих РЛС наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Технічні характеристики РЛС виявлення

Технічні характеристики	РЛС 112L1 “Борсук”	РЛС 111L1 “Лис”	РЛС “Джеб”	РЛС “Aeros”
Дальність виявлення цілей, км:				
– людина	0,6...0,8	5,4	2,6	2
– автомобіль	1,6	10	6,4	5
– бронетехніка	1,6	10	12	–
– морське судно	–	11,5	–	7
Зона огляду:				
– за азимутом, град	0...360	-60...+60	0...360	0...360
– за дальністю, км	0...1,6	0...15	0...12	0...10
Роздільна здатність:				
– за азимутом, град	5...6	1	–	–
– за відстанню, м	50	15	–	–

Ці радіолокаційні станції є ефективними, але й мають низку недоліків, таких, як висока собівартість, велике енергоспоживання, відсутність прихованого режиму роботи, тобто є можливість виявлення їх роботи противником на відстанях, що значно перевищують дальність дії цих РЛС.

Для компенсації зазначених недоліків пропонується розглянути напівактивні РЛС, які мають можливість виявляти об'єкти в умовах відкритої, сильно пересіченої або лісної місцевості. Безперечні переваги, які мають ці системи порівняно з активними засобами, зумовили появу у деяких іноземних держав мобільних і стаціонарних приймальних модулів приймання й оброблення відбитих від рухливих об'єктів сигналів сторонніх джерел підсвічування, таких, як аналогове і цифрове телебачення і радіомовлення, а також базові станції стільникових систем зв'язку і передачі різних стандартів [11].

Загальний принцип пасивної радіолокації ґрунтується на двоканальній когерентній обробці опорного сигналу, що випромінюється передавальною станцією, і цільового сигналу, відбитого від об'єкта [12]. В основі обробки, як і для більшості аналогічних зарубіжних і вітчизняних пасивних систем, пропонується класичний підхід згортки сигналу з виходу двох каналів (опорного і цільового) з можливістю виміру доплерівської частоти. Використовується властивість комплексно-зв'язаного множення сигналів, поданих у цифровому квадратурному вигляді. Існуючі методи, що ґрунтуються на [1], не повною мірою вирішують указані проблеми, тому не забезпечують необхідної ефективності напівактивної радіолокації. З урахуванням цього необхідно розробити метод виявлення наземних об'єктів за відбитими радіосигналами сторонніх джерел, що мінімізує вплив сигналу підсвічування і перевідбитих сигналів від нерухомих джерел та максимізує сигнал/шум.

Для вирішення поставленого завдання є два

варіанти: одноканальне і двоканальне приймання вхідних сигналів. У першому випадку необхідно реалізувати алгоритм компенсації опорного сигналу в цільовому каналі і зменшити кількість обчислювальних операцій. У роботі [13] для вирішення завдання мінімізації впливу сигналу підсвічування пропонується відновлювати опорний сигнал і, використовуючи його як опорний, обробляти дані цільового каналу методом адаптивної фільтрації. Цей підхід за всієї його ефективності має обмежене використання, оскільки реалізується тільки для цифрових передач, а коефіцієнти адаптивних фільтрів не є універсальними для всіх сигналів підсвічування. Окрім того такий підхід вимагає великого обсягу обчислень. З урахуванням цього далі для мінімізації впливу сигналу підсвічування можливо запропонувати в цільовому каналі використати алгоритм адаптивної (амплітудно-фазової) компенсації.

Іншим важливим чинником, що визначає якість напівактивної локації, є присутність відбитого сигналу в опорному каналі, а також сигналів, відбитих від різних об'єктів у зоні відповідальності (великі будівлі, вишки та ін.), що призводить до спотворення сигналу, який приймається. За аналогією до цільового каналу в опорному також (принаймні, на першому етапі) використовуватимемо адаптивну обробку.

Однією з основних переваг напівактивної системи з урахуванням того, що передавачі підсвічування працюють у безперервному режимі, є можливість тривалого накопичення сигналу [14]. При цьому час накопичення залежить тільки від розмірів елемента роздільної здатності у просторі, що визначається діаграмами спрямованості антен і шириною спектру сигналу. Оскільки діаграми спрямованості передавальних антенних систем мають кругову форму за азимутом, а приймальні системи зазвичай секторні, тривалість накопичення визначається тільки роздільною

здатністю за дальністю або шириною спектру сигналу, що приймається. При цьому може оброблятися як частина спектру, так і весь спектр сигналу підсвічування. Вибір оптимальних режимів обробки сигналів у напівактивних системах здійснюється на етапі проектування системи в цілому.

Усе це дає змогу стверджувати, що доцільним є проведення дослідження стосовно питання застосування методів напівактивної бістатичної радіолокації з використанням радіопередавачів ширококомовного цифрового телебачення і радіомовлення, станцій стільникового зв'язку для організації прихованого всепогодного спостереження та виявлення порушників у зоні ВДО, які охороняються підрозділами Національної гвардії України.

### Висновки

1. Ефективність виконання завдань за призначенням силами Національної гвардії України з охорони важливих державних об'єктів насамперед залежить від технічної оснащеності підрозділів засобами виявлення. Проведений аналіз найбільш поширених принципів роботи сучасних технічних засобів виявлення, які використовуються для охорони важливих державних об'єктів, засвідчив, що для побудови особливо надійних систем сигналізації необхідно застосовувати метод комплексування – оснащення периметра кількома рубежами із засобів виявлення, що ґрунтуються на різних фізичних принципах.

2. Для забезпечення надійного захисту важливих державних об'єктів необхідно використовувати засоби виявлення, що повинні забезпечити отримання інформації про наблизення до об'єкта, який охороняється, на “далеких” підступах, що збільшить час на вжиття заходів у відповідь. За принципом дії такі засоби виявлення поділяються на пасивні та активні радіолокаційні системи. Крім того, засоби виявлення можуть бути одно- або багатопозиційні та працюють у дециметровому, сантиметровому або міліметровому діапазонах, що забезпечує виявлення наземних об'єктів, у тому числі й біологічних.

Активні радіолокаційні станції ближнього радіусу дії є ефективними, але й мають низку недоліків, таких, як висока собівартість, велике енергоспоживання, відсутність прихованого режиму роботи, тобто є можливість виявлення їх роботи противником на відстанях, що значно перевищують дальність дії зазначених РЛС. Для компенсації цих недоліків розглянуті напівактивні бістатичні РЛС, які призначені для виявлення об'єктів в умовах відкритої, сильно пересіченої

або лісної місцевості. Однією з основних переваг напівактивних систем з урахуванням того, що передавачі підсвічування працюють у безперервному режимі, є можливість тривалого накопичення сигналу.

Усе це дає змогу стверджувати, що доцільним є проведення дослідження стосовно питання застосування методів напівактивної бістатичної радіолокації з використанням радіопередавачів ширококомовного цифрового телебачення і радіомовлення, станцій стільникового зв'язку для організації прихованого всепогодного спостереження та виявлення порушників у зоні ВДО, які охороняються підрозділами Національної гвардії України.

### Перелік джерел посилання

1. Аношкин И. М. Зарубежные многопозиционные радиолокационные системы скрытного контроля воздушного пространства. *Наука и военная безопасность*. 2007. № 1. С. 28–33.
2. Passive Bistatic WiMAX Radar for Marine Surveillance / K. Chetty, K. Woodbridge, H. Guo, G. Smith. *IEEE Radar Conf.* Arlington, USA, 10-14 May 2010. P. 188–193.
3. Griffiths H. Passive bistatic radar and waveform diversity. *Technical Report RTO – EN – SET – 119*. NATO Science and Technology Organization, 2009.
4. Пассивная когерентная радиолокация / А. В. Бархатов и др. Санкт-Петербург : СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2016. 163 с.
5. Кондратенко О. П. Використання методів біорадіолокації для спостереження за біологічними об'єктами. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків : НА НГУ, 2018. Вип. 1 (31). С. 19–26.
6. Охрана периметра: разработка, производство, инсталляция ТСО. URL: <http://www.umirs.ru/catalog/stationarycomplex/radiolokatsionnyu-kompleks-okhrany-obektov/> (дата обращения: 18.01.2021).
7. Мобильный комплекс наземной разведки и РЭБ “Джеб”. URL: <http://ust.com.ua/ru/mobilnyj-kompleks-nazemnoj-razvedki-i-reb-dzheb/> (дата обращения: 18.01.2021).
8. РЛС “БАРСУК-А”. URL: <http://ust.com.ua/ru/item/rls-barsuk-a/> (дата обращения: 18.01.2021).
9. Лис (РЛС). URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Лис> (дата звернення: 18.01.2021).
10. Україна отримала американські системи для контролю кордону. *Ukrainian Military Pages*. URL:

<https://www.ukrmilitary.com/2016/02/amerikanski-sistemi-kontrolyu-kordon.html> (дата звернення: 18.01.2021).

11. Системы общедоступного радиовещательного передатчика для обнаружения и сопровождения цели / Р. Н. Алифанов и др. *Науковедение*. 2014. № 6.

12. Черняк В. С. Многопозиционная радиолокация. Москва: Радио и связь, 1993. 416 с.

13. Фам Х. Т. Полуактивная

радиолокационная система с использованием сигналов DVB-T2 : дис. ... канд. техн. наук : 01.04.14. Харьков, 2015. 150 с.

14. Kyovtorov V. Automatic Identification System for Maritime Surveillance – JRC November 2013 [Electronic resource]. Mode of access: World Wide Web: publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC68405/lbna25169enn.pdf. – Title from the screen.

*Стаття надійшла до редакції 01.02.2021 р.*

**УДК 621.396.96**

**С. А. Горельшев, П. Ю. Волков**

### **ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВАЖНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

*Проанализированы принципы работы технических средств периметровых систем сигнализации, которые используются для охраны важных государственных объектов, их преимущества и недостатки. Показано, что для построения надежных систем сигнализации используется метод комплексирования – оснащения периметра несколькими рубежами средств обнаружения, работающих на различных физических принципах. Рассмотрены возможности пассивного бистатического радара, который использует сигналы мобильной связи, радио и телевидения наземного и космического базирования в качестве недорогого устройства наблюдения и скрытного обнаружения наземных и приземных объектов, в том числе и биологических, в зоне охраны важных государственных объектов.*

**Ключевые слова:** *важный государственный объект, технические средства обнаружения, полуактивная бистатическая радиолокационная станция.*

**UDC 621.396.96**

**S. Horielyshev, P. Volkov**

### **WAYS TO IMPROVE THE SECURITY SYSTEM OF IMPORTANT STATE OBJECTS**

*The effectiveness of the performance of combat missions by security forces depends on the technical equipment of means of detecting units of protection of important state objects. The article analyzes the principles of operation of technical means of perimeter alarm systems used to protect important state objects, their advantages and disadvantages. The analysis showed that for the construction of particularly reliable alarm systems it is necessary to use the method of complexation – equipping the perimeter with several boundaries of the detection means based on different physical principles.*

*To ensure the reliable protection of important state objects, it is necessary to use detection tools, which should provide information about the approach to the protected object on “long” approaches, which will increase the time to respond. According to the principle of operation, such means of detection are divided into passive and active radar systems. In addition, the detection means can be single- or multi-position and work in decimeter, centimeter or millimeter ranges, which provides detection of terrestrial objects, including biological ones.*

*The possibilities of passive bistatic radar for the use of cellular, radio and television terrestrial and space-based signals as an inexpensive surveillance device and covert detection of terrestrial and surface objects are considered.*

*One of the main advantages of semi-active systems, given that the backlight transmitters work in continuous mode, is the possibility of long-term signal accumulation.*

**Keywords:** *important state object, technical means of detection, semi-active bistatic radar station.*

**Горелишев Станіслав Анатолійович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри тактики Національної академії Національної гвардії України  
<https://orcid.org/0000-0003-1689-0901>

**Волков Павло Юрійович** – ад'юнкт Національної академії Національної гвардії України  
<https://orcid.org/0000-0003-1238-9730>