

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу (ракетних військ та артилерії) Наукового центру Сухопутних військ Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, Україна

<sup>2</sup>Ад'юнкт штатний науково-організаційного відділу Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, Україна

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ РОЗВІДКИ ШЛЯХОМ КОНСТРУКТИВНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ ПОВІТРЯНИХ ТА НАЗЕМНИХ ЗАСОБІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Запропонований та обґрунтований метод багатоканальної розвідки рухомих і нерухомих наземних цілей, який знімає обмеження радіогоризонту, інваріантний до типу цілей та оснований на інтеграції відомих наземних та повітряних засобів спостереження в рамках єдиного комплексу інструментальної розвідки.

**Ключові слова:** радіолокаційна станція розвідки наземних рухомих цілей, радіолокаційний комплекс розвідки вогневих позицій, дистанційно пілотований літальний апарат, фазована антенна решітка, мультиспектральна система спостереження.

### НОМЕНКЛАТУРА

ДПЛА – дистанційно пілотований літальний апарат;

ЕПР – ефективна поверхня розсіювання;

РЛК РВП – радіолокаційний комплекс розвідки вогневих позицій;

РЛС РНРЦ – радіолокаційна станція розвідки наземних рухомих цілей;

ФАР – фазована антенна решітка;

$A$  – виграш у дальності артилерійської розвідки;

$C$  – порогове значення;

$D_k$  – ймовірність правильного виявлення у  $k$ -му парціальному каналі;

$D_{\max}$  – дальність прямої видимості;

$F_k$  – ймовірність хибної тривоги у  $k$ -му парціальному каналі;

$H_A$  – висота антени;

$H_{Ц}$  – висота цілі;

$H_{ДПЛА}$  – висота ДПЛА;

$h_k$  – ваговий коефіцієнт, який характеризує інформаційний внесок  $k$ -го парціального каналу у виявленні спостережуваної цілі;

$l_{ДПЛА}$  – відстань до ДПЛА;

$l_{Ц}$  – відстань до цілі;

$y_k$  –  $l$ -мірний вектор часткових рішень;

$\sigma_{ДПЛА}$  – ЕПР ДПЛА;

$\sigma_{БП}$  – ЕПР боеприпасу стріляючої системи.

### ВСТУП

Розвідка наземних цілей в інтересах ракетних військ і артилерії є першим і найважливішим етапом циклу вогневого ураження противника. При цьому необхідно досягнути високої достовірності і точності розвідки цілодобово, за несприятливих погодних умов та наявності завад природного і штучного походження. Основними технічними засобами вирішення цього спектру задач є радіолокаційні засоби. Однак, суттєвим обмеженням ефективності існуючих наземних радіолокаційних засобів

артилерійської розвідки, які ґрунтуються на прямому електромагнітному контакті з ціллю, є [1–2]:

– одноканальність;

– недостатня дальність дії через обмеження радіогоризонту;

– практична працездатність тільки для рухомих цілей (звідси класифікація: РЛС РНРЦ).

Наземні радіолокаційні засоби артилерійської розвідки, які ґрунтуються на дотичному методі визначення місцезнаходження стріляючих наземних об'єктів (радіолокаційні комплекси розвідки вогневих позицій – РЛК РВП) [3–4], забезпечуючи цільову багатоканальність, мають недостатню дальність дії через енергетичні обмеження, пов'язані з малою ЕПР боеприпасів стріляючих систем.

Зняття обмеження радіогоризонту забезпечують засоби спостереження, які встановлюються на ДПЛА [5]. Однак, існуючі схеми доведення розвідувальної інформації з ДПЛА до вогневих засобів характеризуються значною часовою затримкою, що недопустимо для високодинамічних бойових дій.

Тому актуальним є пошук методів і способів забезпечення високоточної артилерійської розвідки на граничних дальностях дії озброєння з одночасним підвищенням цільової багатоканальності в діапазоні всіх дальностей ефективного його застосування. При цьому, принципове значення набуває використання потенційних інформаційних можливостей каналів спостереження різних ділянок спектру електромагнітних хвиль [6] шляхом їх конструктивно-функціональної інтеграції.

### 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

У діапазонах спектру електромагнітних хвиль, які використовуються для розвідки наземних цілей, гранична дальність виявлення, вимірювання координат і розпізнавання цілей  $D_{\max}$  визначається дальністю прямої видимості, яка з урахуванням кривизни земної поверхні складає [7]

$$D_{\max} = 4,12(\sqrt{H_A} + \sqrt{H_{Ц}})[\text{км}], \quad (1)$$

де  $H_A$  – висота антени [м],  $H_{Ц}$  – висота цілі [м].

У радіолокаційному каналі навіть за наявності прямого оптичного контакту з ціллю, максимальна дальність її спостереження визначається ЕПР. При цьому, діапазон значень типових ЕПР наземних цілей (танк, БМП, БТР, ПТРК, пускові установки тактичних і оперативно-тактичних ракет) коливаються в межах  $10\text{--}50\text{ м}^2$ . У РЛК РВП робота по боеприпасам з малою ЕПР ( $\leq 0,1\text{ м}^2$ ) забезпечується (також в межах прямої оптичної видимості) за рахунок значного енергетичного потенціалу.

Метою статті є обґрунтування методу збільшення дальності та підвищення достовірності багатоцільової артилерійської розвідки, інваріантного до типу і характеристик руху наземних спостережних об'єктів.

## 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Відомі способи збільшення радіогоризонту під час спостереження наземних цілей на основі співвідношення (1), які базуються на використанні підйомно-мачтових систем для антенних і приймально-передавальних пристроїв РЛС [8]. Однак, застосування такого підходу суттєво підвищує складність, габаритно-вагові характеристики конструкції і, як наслідок, вартість РЛС РНРЦ з одночасним зниженням її маневреності та скритості. З іншої сторони, відомі способи зняття обмежень радіогоризонту за рахунок застосування ДПЛА зі встановленою на борту апаратурою спостереження наземних цілей і відповідною апаратурою прийому інформації на борту бойової розвідувальної машини, оснащеної комплексом інших засобів інструментальної розвідки (радіолокаційної, теплової, оптичної) [9]. Однак, відокремленість апертурних частин наземних і бортових каналів спостереження не дозволяє реалізувати потенційні можливості артилерійської розвідки у динамічно мінливій фоноцільовій обстановці на всю глибину по дальності.

У роботах [10–13] показано, що комплексування каналів спостереження різних ділянок спектру електромагнітних хвиль в рамках загальної інформаційно-виміральної системи є потужним інструментом підвищення достовірності і точності дистанційного моніторингу наземних об'єктів. У роботі [6] отримані алгоритми багатоспектральної обробки інформації (оптичний + тепловий + радіолокаційний канали) з урахуванням просторово-часового взаємодіювання та взаємосинхронізації парціальних спектральних каналів на різних етапах локаційного спостереження (виявлення, оцінка координат, розпізнавання). У роботах [14–15] розроблена методологія і розглянуті варіанти конструктивного комплексування (інтеграції) парціальних спектральних каналів спостереження для забезпечення взаємоузгодженої роботи у просторі та часі. Однак, різка залежність потенціальних можливостей парціальних спектральних каналів оптичного і теплового діапазонів, яка пов'язана зі станом приземного шару атмосфери (погода, пило-димові перешкоди, час доби), обмежує дальність їх ефективного застосування при установці апаратури на наземних об'єктах, у той час як канали радіодіапазону практично позбавлені цього недоліку.

## 3 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Основною науково-технічною ідеєю запропонованого підходу щодо підвищення ефективності артилерійської розвідки за рахунок розширення діапазону дальностей, цільової багатоканальності і зняття обмежень на характер і параметри руху наземних цілей є поєднання переваг високопотенціальних багатоканальних РЛК РВП і засобів повітряної розвідки, встановлених на ДПЛА, в рамках інтегрованого комплексу. При цьому, практична реалізація базується на комплексуванні і конструктивно-функціональній інтеграції відомих технічних рішень [3–5, 8].

Практична реалізація методу передбачає (рис. 1):

- застосування одного або декількох просторових каналів спостереження РЛК РВП, які формуються фазованою антенною решіткою (ФАР) у штатному режимі для багатоцільового супроводження боеприпасів стріляючих засобів противника, в якості каналів супроводження ДПЛА;
- розміщення на борту ДПЛА багатоспектральної апаратури розвідки наземних цілей.

Введемо практично виправдані обмеження:

- ДПЛА перебуває близько до zenіту відносно спостережуваної цілі;
- висота ДПЛА  $H_{\text{ДПЛА}}$  значно менша дальності до спостереженої цілі  $l_{\text{Ц}}$ :

$$H_{\text{ДПЛА}} \ll l_{\text{Ц}}; \quad (2)$$

- дальність до спостережуваної цілі  $l_{\text{Ц}}$  приблизно дорівнює дальності до ДПЛА  $l_{\text{ДПЛА}}$ :

$$l_{\text{Ц}} \approx l_{\text{ДПЛА}}. \quad (3)$$

Тоді, згідно з основним рівнянням радіолокації [7], вираз у дальності артилерійської розвідки у порівнянні з штатним режимом РВП буде складати:

$$A \approx 4 \sqrt{\frac{\sigma_{\text{ДПЛА}}}{\sigma_{\text{БП}}}}, \quad (4)$$

де  $\sigma_{\text{ДПЛА}}$  – ЕПР ДПЛА,  $\sigma_{\text{БП}}$  – ЕПР боеприпасу стріляючої системи.

Слід також зазначити, що низька (у порівнянні з боеприпасами) динаміка польоту ДПЛА сприяє ефективно-енергетичному накопиченню ехо-сигналів [7].

У випадку розміщення на борту ДПЛА багатоспектральної апаратури розвідки наземних цілей оптимальні алгоритми вирішення локаційних задач виявлення, оцінки координат і розпізнавання наземних цілей, отримані в роботі [6], можуть бути адаптовані. Розглянемо на прикладі алгоритму виявлення. У загальному випадку, при комплексуванні парціальних каналів на рівні прийнятих показально рішень, оптимальний алгоритм має вигляд [6]:

$$\sum_{k=1}^l h_k y_k \geq C, \quad (5)$$

де  $y_k = (y_1, y_2, \dots, y_l)$  –  $l$ -мірний вектор часткових рішень;  $y_k = 1$  – рішення про наявність сигналу, прийняте  $k$ -м каналом;  $y_k = 0$  – рішення про відсутність сигналу, прийня-

те  $k$ -м каналом;  $h_k$  – ваговий коефіцієнт, який характеризує інформаційний внесок  $k$ -го парціального каналу у виявленні спостережуваної цілі:

$$h_k = \ln \left( \frac{D_k}{F_k} \times \frac{1 - F_k}{1 - D_k} \right), \quad (6)$$

де  $D_k$  – ймовірність правильного виявлення у  $k$ -му парціальному каналі;  $F_k$  – ймовірність хибної тривоги у  $k$ -му парціальному каналі;  $C$  – порогове значення, яке обирається виходячи із допустимого рівня хибної тривоги  $F$  для багатоспектральної системи в цілому.

Без зменшення спільності розглянемо випадок, коли у виразі (5)  $l=3$ , причому:

- $k=1$  оптичний (денний) канал;
- $k=2$  інфрачервоний (тепловий) канал;
- $k=3$  радіолокаційний канал.

Тоді, за виконання умов (2)–(3), доцільно отримати у виразі (5):

- $h_1 = h_2 = 0$  за наявності метеопадів і вночі;

–  $h_1 = 0$  вночі;

–  $h_3 = 1$  за сприятливих погодних умов, у тому числі вночі.

Ці співвідношення відображають ту обставину, що на малих відстанях, які відповідають висотам польоту тактичних ДПЛА, канали спостереження наземних цілей можна диференціювати за ефективністю з послідовним відключенням непрацездатних [16]. Слід зазначити, що запропонована методика поширюється на алгоритми оцінки координат і розпізнавання.

Структуру адаптивного багатоспектрального виявляча наземних цілей ілюструє рис. 2.

Адаптивне автоматичне переключення каналів спостереження може бути реалізовано шляхом використання аналізатора заводої обстановки [17].

На рис. 3 наведена загальна структурна схема реалізації запропонованого методу шляхом доповнення штатної апаратури РЛК РВП.

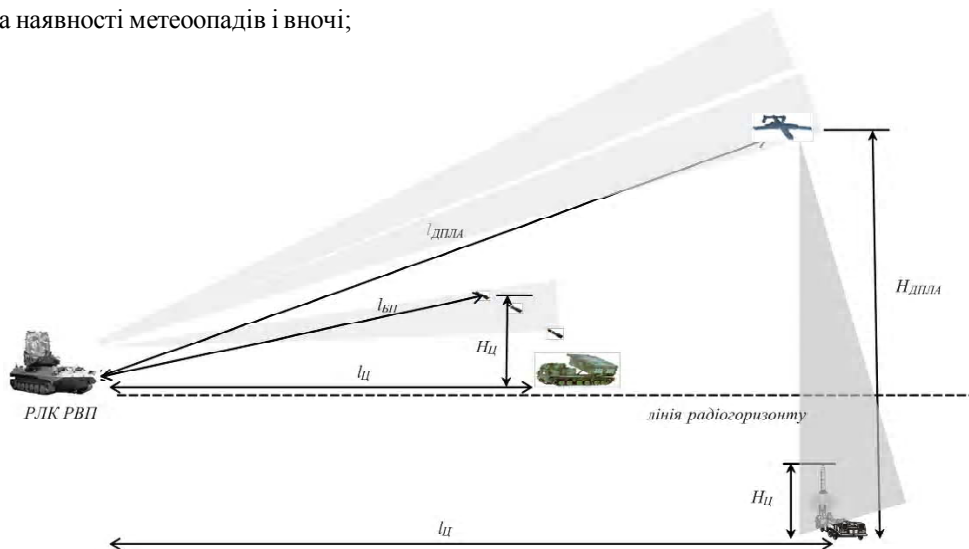


Рисунок 1 – Схема інтеграції штатних цільових каналів РЛК РВП та інформаційних каналів ДПЛА

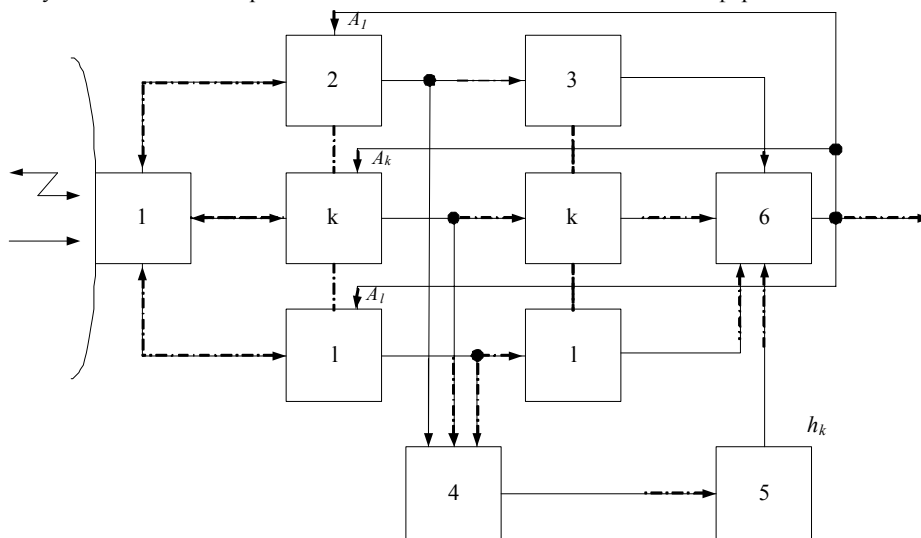


Рисунок 2 – Структурна схема багатоспектрального виявляча: 1 – єдиний діаграмоутворювальний апертурний блок; 2 – приймально-передавальний (приймальний) тракт парціального спектрального каналу; 3 – блок формування вихідних сигналів парціальних каналів; 4 – аналізатор заводої обстановки; 5 – блок розрахунку каналних вагових коефіцієнтів  $h_k$ ; 6 – блок розрахунку вагових сум (5) та прийняття рішень;  $A_1, \dots, A_l$  – сигнали управління адаптацією приймально-передаючих трактів парціальних спектральних каналів

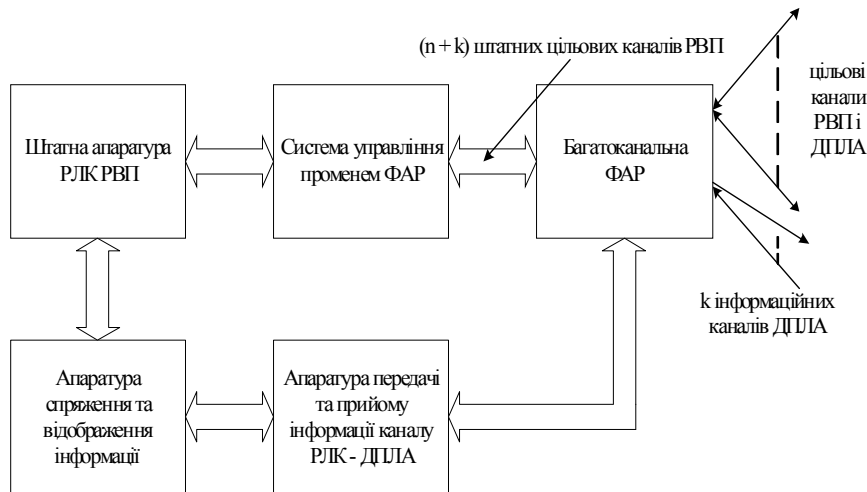


Рисунок 3 – Узагальнена структурна схема інтеграції наземної апаратури

## ВИСНОВКИ

1. Вперше запропонований завадостійкий метод багатоканальної артилерійської розвідки у всьому можливому діапазоні дальностей дії артилерійських і ракетних систем, який забезпечує інваріантність до типу і характеру руху наземних цілей.

2. Обґрунтовані принципи технічної реалізації запропонованого методу з використанням досягнутих характеристик наземних і повітряних засобів інструментальної розвідки на основі їх модернізації.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тихомиров А. И. Американские РЛС разведки наземных целей / А. И. Тихомиров, А. П. Орлов // Зарубежное военное обозрение. – 1980. – № 2. – С. 42–46.
2. Саврасов В. И. Радиолокационные станции артиллерийской разведки / В. И. Саврасов // Зарубежное военное обозрение. – 1989. – № 8. – С. 26–30.
3. Крупников А. И. Радиолокационные станции контрбатарейной борьбы основных зарубежных стран / А. И. Крупников // Зарубежное военное обозрение. – 2010. – № 12. – С. 32–41.
4. Тымчук В. Ю. Артиллерийские РЛС серии ТРQ: некоторые аспекты построения и работы, уроки модернизации / В. Ю. Тымчук // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2011. – № 1. – С. 12–19.
5. Кутовой О. П. Тенденції розвитку безпілотних літальних апаратів / О. П. Кутовой // Наука і оборона. – 2000. – № 4. – С. 39–47.
6. Зубков А. Н. Интегрированные многоспектральные поисково-прицельные системы для ракетно-артиллерийского вооружения / А. Н. Зубков, А. А. Щерба // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2009. – № 1. – С. 14–18.
7. Теоретические основы радиолокации : учебн. пособие для вузов / [А. А. Коростелев, Н. Ф. Ключев, Ю. А. Мельник и др.; под ред. В. Е. Дулевича]. – М. : Сов. радио, 1978. – 608 с.
8. Мобильная РЛС наземной артиллерийской разведки СНАР-15 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.npostrela.com/ru/products/museum/82/210>.
9. Зайцев Н. А. На передовых позициях. Служебно-боевая разведывательная машина НПО «СТРЕЛА» / Н. А. Зайцев // Военный парад. – 2012. – № 2. – С. 51–55.
10. Зубков А. Н. Интегрированный двухспектральный всепогодный и всесуточный поисково-прицельный комплекс / А. Н. Зубков, В. И. Иванов, Б. М. Казаков // 4-я Международная конференция «Артиллерийские ствольные системы боеприпасы, средства артиллерийской разведки и управления огнем»: сб. трудов – К. : НТЦ АСВ. – 2000. – С. 200–203.
11. Зубков А. Н. Интегрированные многоспектральные системы геомониторинга. Концепция построения / А. Н. Зубков, И. Н. Прудюс // Сб. науч. трудов 3-го Межд. радиоэлектронного форума МРФ'2008. – Харьков : ХНУРЕ. – С. 283–286.
12. Концептуальный облик информационной подсистемы самонаводящихся зенитных управляемых ракет перспективных ЗРК / [А. В. Авласенок, Е. Г. Алексеев, С. П. Литвинов, Ф. Л. Савицкий] // Радиоэлектроника. – 2008. – № 5. – С. 49–54.
13. Авласенок А. В. Современные требования к многоспектральным автоматам сопровождения целей для систем высокоточного оружия и возможные пути их реализации / [А. В. Авласенок, Е. Г. Алексеев, С. П. Литвинов, Ф. Л. Савицкий] // Радиоэлектроника. – 2008. – № 6. – С. 54–61.
14. Зубков А. Н. Радиолокационные средства миллиметрового диапазона для повышения эффективности артиллерийских систем / А. Н. Зубков // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2005. – № 4 (17). – С. 33–40.
15. Зубков А. Н. Системы радиовидения миллиметрового диапазона. Сопоставление и интеграция с оптическими каналами, результаты эксперимента / А. Н. Зубков // Радиоэлектроника. – 2005. – № 10. – С. 3–10.
16. Зубков А. М. Анализатор заводской обстановки для адаптивной багатоспектральной системы спостереження / А. М. Зубков, А. В. Д'яков, С. А. Мартиненко, А. А. Щерба // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 4 (91). – С. 68–70.
17. Пат. 94566 Україна, МПК<sup>2006</sup> G01J11/00, G01S13/00. Багатоспектральний виявляч наземних об'єктів / А. М. Зубков, І. Н. Прудюс, А. В. Д'яков, С. А. Мартиненко, Д. О. Мимріков, А. А. Щерба. (Україна); заявник Національний університет «Львівська політехніка». – № a201015836; Заявл. 10.02.11; – Опубл. 10.05.11. – Бул. № 9.

Стаття надійшла до редакції 18.06.2014.

Зубков А. Н.<sup>1</sup>, Щерба А. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела ракетных войск и артиллерии Научного центра Сухопутных войск Академии сухопутных войск имени гетмана Петра Сагайдачного, Львов, Украина

<sup>2</sup>Адъюнкт штатный научно-организационного отдела Академии сухопутных войск имени гетмана Петра Сагайдачного, Львов, Украина

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АРТИЛЛЕРИЙСКОЙ РАЗВЕДКИ ПУТЕМ КОНСТРУКТИВНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИИ ВОЗДУШНЫХ И НАЗЕМНЫХ СРЕДСТВ НАБЛЮДЕНИЯ

Предложен и обоснован метод многоканальной разведки движущихся и неподвижных наземных целей, который снимает ограничения радиогоризонта, инвариантен к типу целей и основан на интеграции известных наземных и воздушных средств наблюдения в рамках единого комплекса инструментальной разведки.

**Ключевые слова:** радиолокационная станция разведки наземных движущихся целей, радиолокационный комплекс разведки огневых позиций, дистанционно пилотируемый летательный аппарат, фазированная антенная решетка, мультиспектральная система наблюдения.

Zubkov A. M.<sup>1</sup>, Shcherba A. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph.D, Senior Science Master, Laureate of the State Premiums of Ukraine In Science and Technology, Leading Researcher of Research Department (Rocket Troops and Artillery) of Land Forces Scientific Centre Army Academy named after Hetman Petro Sahaydachnyi, Lviv, Ukraine.

<sup>2</sup>Staff Adjunct of Scientific and Organizational Department Army Academy named after Hetman Petro Sahaydachnyi, Lviv, Ukraine

### IMPROVING OF ARTILLERY RECONNAISSANCE EFFICIENCY THROUGH CONSTRUCTIVE-FUNCTIONAL INTEGRATION OF AIR AND LAND SURVEILLANCE

The method of multichannel reconnaissance of movable and immovable ground targets was proposed and substantiated. It removes the radio horizon restrictions; it is invariant to the targets type (design features) and is based on the integration of known surface and air surveillance within a single complex of instrumental reconnaissance. It is based on the use of one or more regular targeted channel of radar system of firing positions reconnaissance with phased antenna array to determine the current coordinates of remotely piloted aircraft equipped with multispectral equipment ground targets surveillance. Thus, in these channels during time division mode, the management information is transmitting on aircraft and generic information is receiving from the board. The proposed approach provides conducting of artillery reconnaissance at any time, in any weather conditions, and the optimal combination of information capabilities of observation devices of different parts of the spectrum of electromagnetic waves without substantial revision of ground and airborne equipment, which is especially important in terms of financial constraints on the development and similar production systems.

**Keywords:** radar of ground moving targets reconnaissance, radar system of firing positions reconnaissance, remotely piloted aircraft, phased antenna array, multispectral surveillance system.

### REFERENCES

1. Tihomirov A. I., Orlov A. P. Amerikanskiye RLS razvyedki nazemnyh tceley, *Zarubyezhnoye voyennoye obozreniye*, 1980, No. 2, pp. 42–46.
2. Savrasov V. I. Radiolokacionniye stanciyi artilleriyskoy razvedki, *Zarubyezhnoye voyennoye obozreniye*, 1989, No. 8, pp. 26–30.
3. Krupnikov A. I. Radiolokacionniye stanciyi kontrbatareynoy borby osnovnyh zarubezhnyh stran, *Zarubyezhnoye voyennoye obozreniye*, 2010, No. 12, pp. 32–41.
4. Tymchuk V. Y. Artilleriyskiye RLS serii TPQ: nekotoryye aspekty postroyeniya i raboty, uroki modernizatsii, *Artilleriyskoye i strelkovoye vooruzheniye*, 2011, No. 1, pp. 12–19.
5. Kutoviy O. P. Tendentsiyi rozvytku bezpilotnyh litalnyh aparativ, *Nauka i oborona*, 2000, No. 4, pp. 39–47.
6. Zubkov A. N., Shcherba A. A. Integririvannyye mnogospetralnyye poiskovo-pritelniye sistemy dlya raketno-artilleriyskogo vooruzheniya, *Artilleriyskoye i strelkovoye vooruzheniye*, 2009, No. 1, pp. 14–18.
7. Korostyelyev A. A., Klyuyev N. F., Melnik Y. A. i dr.; Pod red. V. E. Dulyevicha Teoreticheskiye osnovy radiolokatcii: Uchebn. Posobiye dlya vuzob, 2-ye izd., pererab. i dop. Moscow, Sov. radio, 1978, 608 p.
8. Mobilnaya RLS nazemnoy artilleriyskoy razvyedki SNAR-15 [Elektonnyy resurs]. Rezhym dostupu: <http://www.npostrela.com/ru/products/museum/82/210>.
9. Zaytcev N. A. Na peredovyh pozitsiyah. Sluzhebno-boyevaya razvyedyvatelnaya mashyna NPO «STRYELA», *Voyenniy parad*, 2012, No. 2, pp. 51–55.
10. Zubkov A. N., Ivannov V. I., Kazakov B. M. Intyegrirovanniy dvuhspaktralniy vsyepogodniy i vsyesutochniy poiskovo-pritelniy kompleks, Sb. trudov 4-j Mezhdunarodnoj konferencii «Artilleriyskie stvol'nye sistemy boepripasy, sredstva artilleriyskoy razvedki i upravleniya ognem». Kiev, NTC ASV, 2000, pp. 200–203.
11. Zubkov A. N., Prudyus I. N. Integrirovannyye mnogospetralnyye sistemy geomonitoringa. Kontsepciya prostrieniya, Sb. naushn. trudov 3-go Myezhd. radioel. foruma MRF'2008. Kharkov, KHNURE, pp. 283–286.
12. Avlasenok A. V., Alyeksyeyev E. G., Lytvynov S. P., Savytckiy F. L. Kontseptualniy oblik informatsyonnoy podsistyemy samonavodyashchihsya zenitnyh upravlyayemyh raket perspektivnyh ZRK, *Radoielektronika*, 2008, No. 5, pp. 49–54.
13. Avlasenok A. V., Alyeksyeyev E. G., Lytvynov S. P., Savytckiy F. L. Sovryemyennyye tryebovaniya k mnogospetralnym avtomatam soprovozhdyniya tceleiy dlya system vysokotochnogo oruzhiya i vozmozhniye puti ih realizatsiyi, *Radoielektronika*, 2008, No. 6, pp. 54–61.
14. Zubkov A. N. Radiolokacionniye sredstva milimetrovogo diapazona dlya povysheniya effektivnosti artilleriyskikh system, *Artilleriyskoye i strelkovoye vooruzheniye*, 2005, No. 4 (17), pp. 33–40.
15. Zubkov A. N. Sistemy radiovidyeniya milimetrovogo diapazona. Sopotavlyeniye i integratsiya sopticheskimi kanalami, rezultaty eksperimenta, *Radoielektronika*, 2005, No. 10, pp. 3–10.
16. Zubkov A. M., D'yakov A. V., Martynenko S. A., Shcherba A. A. Analizator zavodovoyi obstanovky dlya adaptivnoy bagatospektralnoy sistemy sposterezheniya, *Visnyk Vinnytskogo politehnichnogogo instytutu*, 2010, No. 4 (91), pp. 68–70.
17. Zubkov A. M., Prudyus I. N., D'yakov A. V., Martynenko S. A., Mymrikov D. O., Shcherba A. A. (Ukrayina) Bagatospektralniy vyyavlyach nazemnyh ob'yektiv: Pat. 94566 Ukrayina, MPK<sup>2006</sup> G01J11/00, G01S13/00; zayavnyk Natsionalniy universytet «Lvivska politehnika», № a201015836; Zayavl. 10.02.11; Opubl. 10.05.11. Byul. № 9.