

УДК 621.396

В.М. Ліщенко, Б.А. Лісогорський, А.Д. Карлов, Р.О. Білий

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ МАЛОРОЗМІРНИХ ТА МАЛОПОМІТНИХ ЦІЛЕЙ ЗА РАХУНОК КОМПЛЕКСУВАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ РІЗНОГО ДІАПАЗОНУ ХВИЛЬ

Запропоновано використання комплексування радіолокаційних станцій різних діапазонів при їх сумісній роботі в мультирадарній системі для збільшення дальності виявлення малорозмірних об'єктів за рахунок інформаційної надмірності в області, яка утворюється перетином діаграм спрямованостей, що дозволяє отримати більше значення відношення сигналу до шуму.

Ключові слова: радіолокаційна станція, діапазон хвиль, багатопозиційна система, комплексування, точність, середньоквадратична похибка, ефективна поверхня розсіяння, відношення сигнал-шум.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Особливістю розвідувального забезпечення в умовах ведення сучасних гібридних війн є неможливість практичного застосування розвідувальної авіації та інших класичних систем та засобів розвідувального забезпечення [1–3]. З аналізу досвіду ведення антитерористичної операції (АТО) на сході України встановлено, що одним з важливих факторів для досягнення успіху у військових конфліктах такого роду є ефективне ведення радіолокаційної розвідки та радіолокаційне забезпечення протиповітряної оборони держави та дій угруповань військ(сил). Особлива увага має бути зосереджена на утриманні радіолокаційного поля з пониженими показниками висоти нижньої межі [2–3]. Відомо, що в складних умовах обстановки існуюча система радіолокаційної розвідки потребує нарощування радіолокаційного поля за рахунок введення додаткових підрозділів. Особливу складність представляє виявлення малорозмірних об'єктів типу безпілотних літальних апаратів (БПЛА), що діють на малих висотах. Характерним є знаходження їх в зонах засвіток від місцевих предметів, що вимагає включення апаратури захисту від пасивних завад, що в свою чергу зменшує дальність виявлення, яка і до того є недостатньою. З досвіду [2–3] відомо, що БПЛА діють, як правило, в межах одного підрозділу, що не дозволяє використовувати інформацію з джерел інших підрозділів.

У відомих роботах [2–3] зазначається, що існуючі радіолокаційні станції (РЛС) не відповідають вимогам щодо виявлення БПЛА, особливо тактичного рівня. У зв'язку з цим, у багатьох випадках не вдається забезпечити ефективного виявлення БПЛА та необхідну точність вимірювання їх координат.

Мета статті – проаналізувати можливість комплексування РЛС різних діапазонів для нарощування можливостей радіолокаційного угруповання (ек-

вівалентної РЛС) для підвищення відношення сигнал/шум і, як наслідок, збільшення дальності виявлення малопомітних повітряних об'єктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Головні тенденції розвитку систем РЛС – якісне підвищення інформативності та достовірності інтерпретації радіолокаційного відображення, скорочення часу огляду, дослідження і впровадження нових технологій. Збільшення інформативності при обробці первинної інформації можна досягати оптимальним вибором довжин хвиль, поляризації, попереднім збором і накопиченням інформації і комплексуванням [8–9].

Комплексування РЛС різного діапазону, адаптивно взаємодіючих в рамках єдиного управління та сумісної обробки інформації, є новим напрямком розвитку радіолокаційної техніки, що дозволяє об'єднати переваги цих діапазонів: значні рубежі виявлення всіх типів повітряних цілей, в тому числі малорозмірних і малопомітних, властиві довгохвильовому діапазону, і високоточний супровід цілей з високим темпом оновлення інформації в короткохвильовому діапазоні.

У такому комплексі завдання пошуку і супроводження цілей розділені між РЛС метрового діапазону, що працює в режимі регулярного огляду, і РЛС дециметрового (сантиметрового) діапазону, що працює в режимі програмного огляду по цілевказівці, сформованій в результаті спільної обробки даних по цілям [4–9]. Така новітня радіолокаційна технологія взаємодії РЛС різного діапазону дозволяє РЛС програмного огляду не витратити час на пошук повітряних об'єктів, а зосередити зусилля на високоточному супроводі цілей, виявлених РЛС регулярного огляду.

Високі можливості виявлення реалізуються в максимальному ступені при роботі мультирадарних систем (МРС) в складі багатодіапазонного радіолокаційного комплексу (РЛК), що складається з бага-

тофункціональних РЛС різного діапазону хвиль (метрового і дециметрового або сантиметрового) з активними фазованими антенними решітками і двовимірним електронним скануванням. Особливістю таких РЛС є те, що радіолокаційні модулі, які входять до їх складу, працюють не незалежно, а адаптивно взаємодіють один з одним [4; 9].

В багатопроблемній МРС є можливість опромінювати кожну ціль стільки часу, скільки це потрібно для виміру її координат з заданою точністю [7–9]. При цьому способі ведення розвідки виконують перерозподіл часу між цілями, що мають великі ефективні поверхні розсіяння (ЕПР) або знаходяться на відносно малих дальностях і цілями, що мають малі ЕПР або знаходяться на великих дальностях.

Одним з напрямків підвищення точності визначення координат визначеного класу цілей (наприклад, повітряних цілей або об'єктів) є створення багатодіапазонних МРС. Розглянемо задачу підвищення відношення сигнал/шум в МРС. При викладенні основного матеріалу будемо спиратися на відомі роботи [5–9].

Виклад основного матеріалу

Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження. Розглянемо МРС з комплексуванням РЛС різного діапазону. Така МРС при організації її синхронної роботи в часі і просторі дає змогу отримати більше відношення сигнал/шум при когерентному накопиченні сигналу на оптимальній частоті для певного типу повітряних цілей [7–9].

В традиційних РЛС із сумішеним приймально-передавальним модулем огляд простору здійснюється послідовно в часі в кожному елементі огляду. В МРС ця задача ускладнюється організацією огляду простору таким чином, щоб забезпечити одночасне опромінення одного і того ж елементу простору рознесеними на значну відстань РЛС [5–8].

Визначальним фактором ефективності МРС є відношення сигнал/шум. Відношення сигналу до шуму в МРС з рознесеними у просторі РЛС визначається за виразом (1):

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{еф}} = \frac{P_{\text{ср}} T_{\text{огл}} \sigma_{\text{ц}} A_{\text{е0}}}{\Psi_{\text{огл}} 1, 2kTN_0 4\pi R_0^4}, \quad (1)$$

де $\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{еф}}$ – діюче відношення сигналу до шуму;

- $P_{\text{ср}}$ – середня потужність опромінення;
- $T_{\text{огл}}$ – період огляду;
- $A_{\text{е0}}$ – ефективна площа антени;
- $\Psi_{\text{огл}}$ – сектор огляду;
- k – постійна Больцмана;
- T – абсолютна температура;
- N_0 – коефіцієнт шуму приймача РЛС;

R_0 – дальність виявлення РЛС.

В МРС є можливість отримати перевагу в енергетичному відношенні через те, що там досяжний більший рівень $\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{еф}}$ за рахунок збільшення $A_{\text{е0}}$.

Вираз для діючого відношення сигналу до шуму в МРС представлений у вигляді:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{еф}} = \left(\frac{S}{N}\right)_0 \frac{\sigma(\gamma)}{\sigma_{\text{ц}}} \cdot \frac{R_0^4}{R_1^2 R_2^2} \cdot \frac{A_{\text{е}}(\sigma)}{A_{\text{е0}}} \cdot \frac{N_0}{N_p}, \quad (2)$$

де $\left(\frac{S}{N}\right)_0$ – значення відношення сигнал/шум для еквівалентної РЛС, яка має параметри $A_{\text{е0}}$, N_0 при виявленні цілі з ефективною площею розсіяння $\sigma_{\text{ц}}$ на відстані R_0 ; $A_{\text{е}}(\sigma)$ – ефективна площа приймальної антени МРС в напрямку на ціль;

N_p – коефіцієнт шуму приймача МРС;

R_1 , R_2 – відстані від цілі до опромінювача та приймача;

$\sigma(\gamma) = \sigma_{\text{ц}}$ – ЕПР цілі МРС при відповідному значенні кута γ [8–9].

Принцип одноканального огляду моностатичної (традиційної) РЛС та МРС зображений на рис. 1.

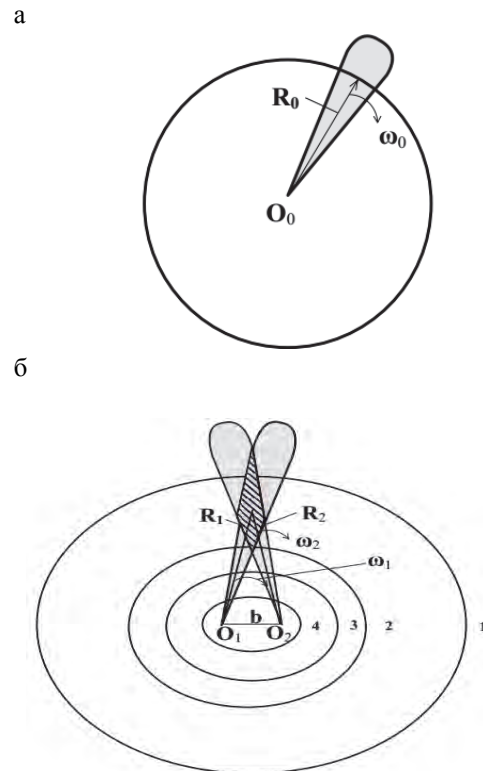


Рис. 1. Принципи огляду: а – в традиційній РЛС; б – в мультірадарній системі

Традиційна РЛС виконує сканування простору автоматично, а в МРС треба утримувати протягом

усього часу сканування середину точки перетину діаграм спрямованостей РЛС на першому овалі Касіні, в межах якого ведеться огляд і отримується найбільший обсяг інформації [7–9].

Найбільш важко забезпечити отриману ефективність огляду простору в області між перетином діаграм спрямованостей антен з лінією бази b та ділянки області огляду між перетином діаграм спрямованостей та лінією бази рис. 2.

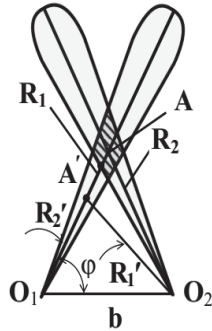


Рис. 2. До огляду простору в області поза зоною перетину діаграм спрямованостей

Можна визначити робочу зону МРС в залежності від типу цілі і геометричної конфігурації системи, та добитися необхідної форми зони виявлення варіюванням числа і положення позицій в її структурі.

Висновки

Отже, запропоновано для підвищення дальності виявлення БПЛА використовувати комплексування РЛС різних діапазонів хвиль в багатодіапазонній МРС, що дозволить отримати більш високе значення відношення сигнал/шум.

Напрямами подальших досліджень є оптимізація геометричної побудови МРС, імітаційне моделювання та проведення статистичних експериментів.

Список літератури

1. Banasik M. How to understand the Hybrid War / M. Banasik // *Securitologia*, 2015. – № 1. – Pp. 19-34.
2. Телелим В.М. Планування сил для виконання бойових завдань у «гібридній війні» / В.М. Телелим, Д.П. Музиченко, Ю.В. Пунда // *Наука і оборона*. – К.: МО України, 2014. – № 3. – С. 30-35.
3. Радковець Ю.І. Ознаки технологій «гібридної війни» в агресивних діях Росії проти України / Ю.І. Радковець // *Наука і оборона*. – К.: МО України, 2014. – № 3. – С. 36-42.
4. Бомштейн А.Д. Использование новых технологий для повышения эффективности многодиапазонного радиолокационного комплекса в режиме сопровождения / А.Д. Бомштейн, О.С. Шашин // *Вестник СибГУТИ*. – СПб. 2015. – № 2. – С. 74-83.
5. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация / В.С. Черняк. – М.: Радио и связь, 1993. – 416 с.
6. Черняк В.С. О новом направлении в радиолокации / В.С. Черняк // *Прикладная радиоэлектроника*. – 2009. – №4 (том 8). – С. 477-489.
7. Черняк В.С. Многопозиционные радиолокационные системы на основе ММО РЛС / В.С. Черняк // *Успехи современной радиоэлектроники*. – 2012. – № 8. – С. 29-46.
8. Аверьянов В.Я. Разнесенные радиолокационные станции и системы / В.Я. Аверьянов. – Мн.: Наука и техника, 1978. – 184 с.
9. Седишев Ю.М. Об'єднання РЛС метрового діапазону хвиль в багатопозиційні радіолокаційні системи / Ю.М. Седишев, А.С. Дудуш // *Наука і техніка Повітряних Сил*. – Х.: ХУПС, 2013. – № 3 (12). – С. 83-88.

Надійшла до редколегії 21.12.2016

Рецензент: д-р техн. наук проф. Г.В. Худов, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ И МАЛОЗАМЕТНЫХ ЦЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ РАЗЛИЧНОГО ДИАПАЗОНА ВОЛН

В.М. Лищенко, Б.А. Лисогорский, А.Д. Карлов, Р.О. Билый

Предложено использование комплексирования радиолокационных станций различных диапазонов при их совместной работе в мультирадарной системе для увеличения дальности обнаружения малозаметных и малоразмерных воздушных объектов за счет информационной избыточности в области, которая образуется пересечением диаграмм направленностей, что позволяет получить большее значение отношения сигнала к шуму.

Ключевые слова: радиолокационная станция, диапазон волн, многопозиционная система, комплексирование РЛС, точность, среднеквадратичная ошибка, эффективная поверхность рассеивания, отношение сигнал-шум.

SUGGESTIONS TO IMPROOVING OF DETECTION LITTLESIZES AND STEALTH TARGETS THROUGH THE COMPOSITION RADAR STATIONS DIFFERENT WAVELENGTHS

V. Lishchenko, B. Lisogorsky, A. Karlov, R. Bilyi

The use of radar integration of different bands in their common work in multyradar system to increase the range of detection of small air objects due to redundancy in the information that forms the intersection pattern, allowing for more ratio of signal to noise.

Keywords: radar station, wave band, multi-position system, radar complexation, accuracy, mean-square error, radar cross section, signal-to-noise ratio.