

## ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ЗАХИСТУ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ В ПЕРЕДНЬО-БОКОВІЙ ЗОНІ ОГЛЯДУ

Робота присвячена розгляду одного з перспективних напрямків захисту радіолокаційної інформації в умовах моніторингу об'єктів спостереження в передньо-боковій зоні огляду. Обґрунтовано структуру побудови систем радіолокаційного спостереження авіаційно-наземного базування зі змінною відносною просторовою конфігурацією та цифровим формуванням діаграми спрямованості системи на прийом. Надана порівняльна характеристика залежності роздільної здатності запропонованої системи моніторингу у відповідному секторі від часу синтезування із відомими режимами локації

**Ключові слова:** радіолокаційне спостереження, авіаційно-наземне базування, просторова конфігурація, діаграма спрямованості, роздільна здатність.

**Вступ.** Сучасні концепції розвитку радіотехнічних систем із змінною просторовою конфігурацією орієнтовані на створення багатофункціональних засобів спостереження, використання яких дозволило б отримувати якісну інформацію про об'єкти моніторингу з урахуванням зростаючих вимог до оперативності й точності визначення їх параметрів у реальному масштабі часу в умовах складної сигнально-завадової обстановки.

На даний час в провідних країнах світу одним із пріоритетних напрямків є розвиток літакових радіотехнічних систем огляду (РТСО) із синтезованою апертурою (СА). При цьому, недостатньо відображені в публікаціях структури побудови відповідних систем спостереження, реалізація яких дозволила б вирішити проблему забезпечення необхідної роздільної здатності системи за кутовими координатами в передній зоні огляду для подальшого виявлення, супроводження та класифікації об'єктів спостереження.

Недостатньо дослідженими є задачі: синхронізації роботи радіолокаційних складових даних систем спостереження та просторово-часової обробки радіолокаційної інформації від об'єктів спостереження.

Проблема створення радіолокаторів із синтезованою апертурою (РСА) для передньої зони огляду на базі бортових радіотехнічних засобів (БРТЗ) розглядалася в роботах Кондратенкова Г.С., Фролова О.Ю., Орлова М.С. і пропонувалося її вирішення або у вигляді доплерівського звуження променя (ДЗП) з визначенням неоднозначності за доплерівською частотою, що вимагає помітного збільшення часу синтезування, або шляхом використання спеціальних діаграм спрямованості (ДС), що представляє певні труднощі в реалізації.

Одним із перспективних напрямків вирішення даної проблеми є створення методологічного апарату, використання якого дозволило б реалізувати режим багатопозиційного (БП) прийому радіолокаційної інформації (РЛІ) від об'єктів спостереження (ОС) на необхідних, для СА відповідної РТС, інтервалах часу в передній зоні огляду.

Значний внесок у вирішення проблеми підвищення роздільної здатності РТС шляхом реалізації БП та цифрової обробки РЛІ зробили вітчизняні та зарубіжні вчені: Богданович В.Ю., Рудаков В.І., Слюсар В.І., Кузьмін С.З., Антіпов В.М., Бойко Б.В., Буренін Н.І., Горяїнов В.Т., Караваєв В.В., Кондратенков Г.С., Кулін А.Н., Мельник Ю.А., Митник Л.М., Михайлов Б.А., Потехін В.А., Реутов А.П., Саблін В.М., Сазонов В.В., Толстов Є.Ф., Феоктистов Ю.А та ін.

На цей час шляхи вирішення зазначеної проблеми достатньо широко освітлені в науково-технічній літературі для стаціонарних БП РТС на відміну від систем радіолокаційного спостереження авіаційно-наземного базування зі змінною відносною просторовою конфігурацією (СРЛС АНБ ЗВПК), носіями бортових радіолокаційних засобів (БРЛЗ) в яких є дистанційно пілотовані літальні апарати (ДПЛА), що мають ряд важливих переваг у порівнянні з пілотованими літаками.

**Метою роботи** є визначення перспективних напрямів отримання та захисту радіолокаційної інформації в умовах моніторингу об'єктів в передньо-боковій зоні огляду СРЛС АНБ ЗВПК.

Реалізація режиму багатопозиційного (БП) прийому радіолокаційної інформації (РЛІ) від об'єктів спостереження (ОС) на необхідних, для СА відповідної РТС, інтервалах часу в передньо-боковій зоні огляду передбачає розв'язання відповідних наукових завдань, а саме: аналіз існуючого науково-методичного апарату отримання й обробки інформації в СРЛС АНБ ЗВПК з відомими структурними побудовами; обґрунтування необхідної структурної побудови СРЛС АНБ ЗВПК, використання якої дозволило б вирішити проблему забезпечення заданої роздільної здатності системи спостереження за кутовими координатами в передній зоні огляду для подальшого виявлення, супроводження та класифікації об'єктів локації; розробку алгоритмічного апарату радіокерування групою носіїв БРЛЗ на визначених інтервалах часу СА СРЛС АНБ ЗВПК; реалізацію алгоритмічного апарату синхронізації роботи БРЛЗ СРЛС АНБ ЗВПК; розробку алгоритмічного апарату обробки радіолокаційної інформації в СРЛС АНБ ЗВПК при БП прийомі сигналів, віддзеркалених від радіопомітних об'єктів локації; розробку методико-алгоритмічного апарату отримання й обробки РЛІ в СРЛС АНБ ЗВПК від об'єктів із радіопоглинаючим покриттям [1-5].

Проведений аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку СРЛС АНБ дозволив обґрунтувати необхідну структурну побудову СРЛС АНБ ЗВПК (рис. 1), згідно з якою кожним БРЛЗ реалізується цифрова передача РЛІ, до переваг якої відносяться: висока точність її трансляції й відображення, практично недосяжна при сучасній технології в аналогових системах; висока завадостійкість, можливість багаторазової ретрансляції й перезапису інформації; мала питома витрата смуги частот та зручність використання часового розподілу каналів [1-5].

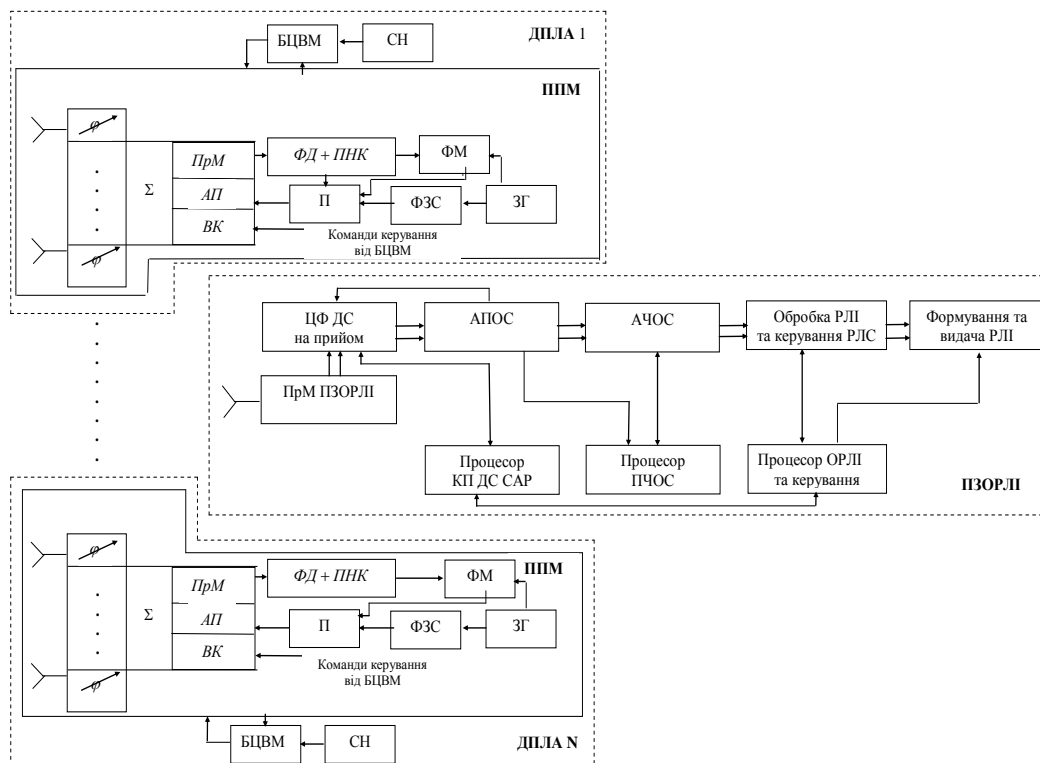


Рис. 1. Структурна схема СРЛС АНБ ЗВПК:

АП – антенний перемикач; ВК – вузол керування; ФД – фазовий детектор; ПНК – перетворювач напруга-код; П – підсилювач; ФМ – фазовий маніпулятор; ФЗС – формувач зондуючого сигналу; ЗГ – задаючий генератор; ЦФ ДСА – цифрове формування ДСА; АПОС – адаптивна просторова обробка сигналів; АЧОС - адаптивна часова обробка сигналів; ПЧОС

– просторово-часова обробка сигналів; КП ДС – керування променем ДСА; СН – система навігації; ОРЛІ – обробка радіолокаційної інформації.

Використання в структурі СРЛС АНБ ЗВПК схеми ЦФ ДС на прийом у наземному пункті збору та обробки радіолокаційної інформації (НПЗОРЛІ) вирішує задачі: прийому й запам'ятовування вхідних сигналів підрешіток ( $i$ -х БРЛЗ) у цифровому вигляді в кожному інтервалі часової дискретизації (рис. 2); обчислення й зберігання вагових коефіцієнтів; формування однопроменевої або багатопроменевої ДС шляхом вагової суперпозиції комплексних вхідних сигналів.

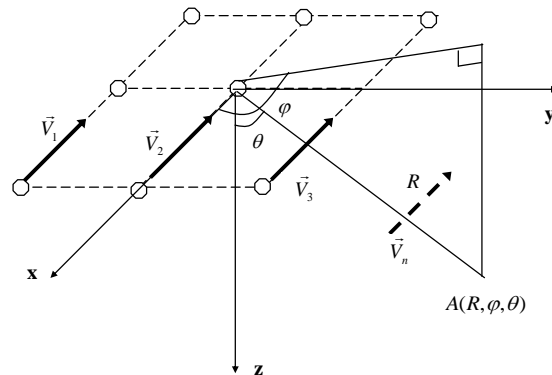


Рис. 2. Ескіз синтезованої прямокутної АР при керуванні польотом групи ДПЛА

Реалізація схеми ЦФ ДС на прийом у СРЛС АНБ ЗВПК передбачає розробку відповідного алгоритмічного апарату, а саме: радіокерування групою (РК) носіїв БРЛЗ на необхідних інтервалах часу для СА; синхронізації радіолокаційних складових (РЛС) системи спостереження; спільної обробки отриманої РЛІ.

Таким чином, одним із перспективних напрямків отримання та захисту радіолокаційної інформації в умовах моніторингу об'єктів спостереження в передньо-боковій зоні огляду є забезпечення необхідної роздільної здатності системи радіолокаційного спостереження авіаційно-наземного базування за кутовими координатами ( $\delta l$ ) при зменшенні часу локації об'єкту спостереження ( $T_{\text{л}}$ ) за рахунок збільшення просторових точок ( $n$ ) одночасного й БП прийому віддзеркалених від ОС сигналів. Математично це можна представити виразом [1]:

$$[\delta l]_H \rightarrow (T_{\text{л}}) \downarrow, n \geq 2$$

Шляхом математичного моделювання проведена оцінка ефективності застосування БП прийому РЛІ в СРЛС АНБ ЗВПК у порівнянні з відомими режимами локації, а саме: реального променя та доплерівського звуження променя (рис. 3).

На рис. 3 позначено:  $T_{\text{л}}$  - час локації об'єкту спостереження;  $R$  - дальність до об'єкту спостереження;  $\theta$  - кут огляду об'єкту спостереження в передній зоні огляду;  $V$  - швидкість руху носія БРЛЗ;  $n$  - кількість носіїв в групі повітряної радіолокаційної складової системи спостереження. Проведений аналіз результатів моделювання показав, що застосування БП локації в СРЛС АНБ дозволяє значно скоротити час огляду об'єктів спостереження.

**Висновки.** Створення відповідного науково-методологічного апарату забезпечення функціонування СРЛС АНБ із ЗПК дозволяє підвищити її завадозахищеність із значним скороченням часу отримання інформації в передньо-боковій зоні моніторингу.

Практичне застосування визначеної в роботі структури СРЛС АНБ надає можливість реалізувати цифрову передачу РЛІ, що забезпечує високу точність її передачі й відображення, практично недосяжної при сучасній технології в аналогових системах; високу завадостійкість локаційних каналів, каналів зв'язку та каналів передачі команд керування БРЛЗ, можливість багаторазової ретрансляції й перезапису інформації; малу питому витрату смуги частот та

зручність використання часового розподілу каналів. При ефективній поверхні віддзеркалення динамічних об'єктів в діапазоні  $0,0015...0,025 \text{ м}^2$  і ймовірності ухвалення рішення правильного ототожнення вимірів  $P = 0,9$  ймовірність помилкового рішення не перевищує значення  $0,1$  [1-5].

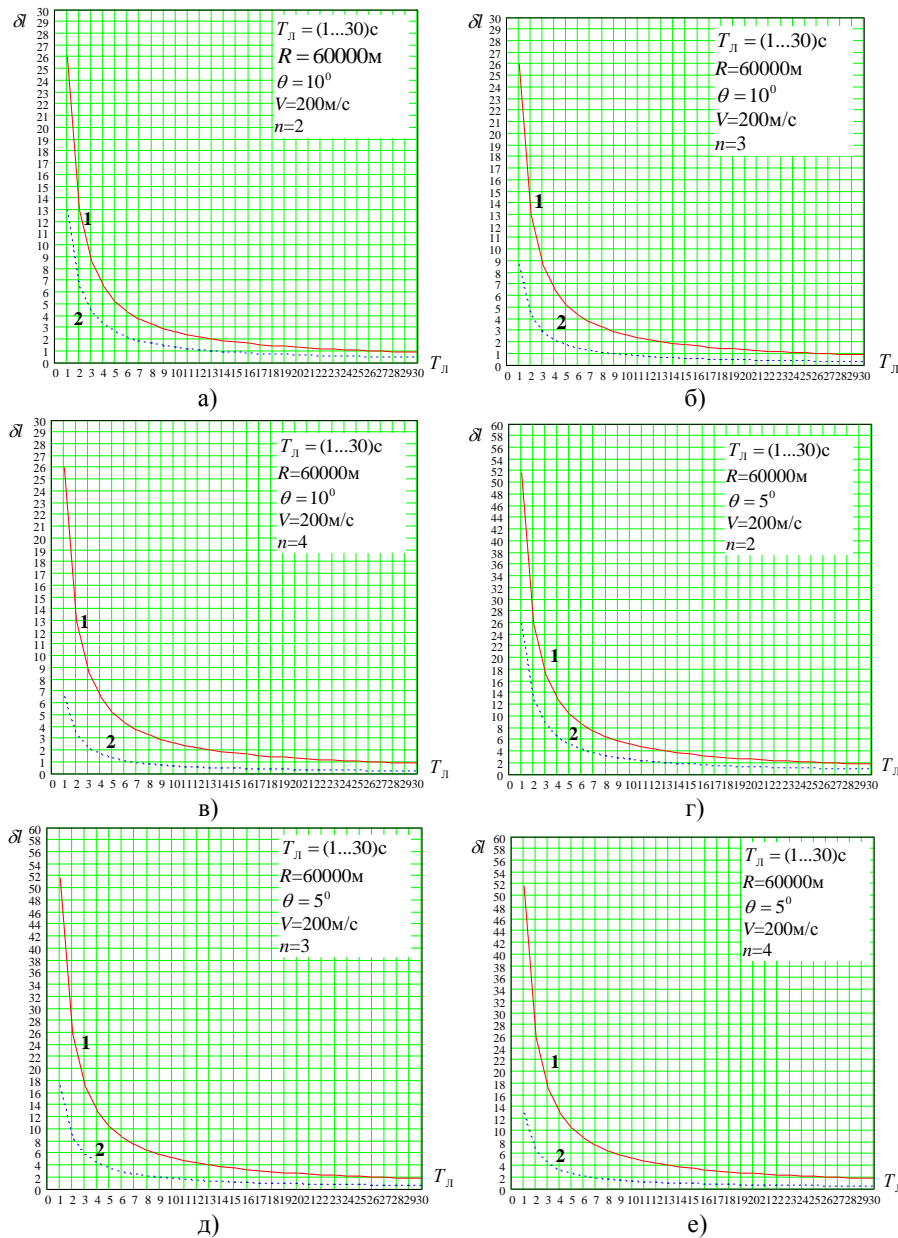


Рис. 3. Порівняльна характеристика залежності роздільної здатності від часу синтезування в режимах реального променя (1-крива), БП локації (2-крива) та доплерівського звуження променя (при заданих умовах  $\delta l \leq 30\text{м}$ ).

### Література

1. Кондратенков Г.С. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли: учеб. пособие для вузов / Кондратенков Г.С., А.Ю. Фролов – М.: Радиотехника, 2005. – 368 с.
2. Дружинін В.А. Проблеми формування та обробки радіолокаційної інформації в системах радіобачення: монографія / В.А. Дружинін. - К.: Логос, 2013. – 230 с.
3. Буренин Н.И. Радиолокационные станции с синтезированной антенной / Н.И. Буренин. – М.: Сов. радио, 1972. – 160 с.
4. Дружинін В.А. Алгоритм відновлення полів методом виявлення зображень об'єктів в системах радіобачення з багатопозиційним прийомом інформації / В.А. Дружинін // Сучасний захист інформації. – 2013. – № 1. – С. 45–49.
5. Дружинін В.А. Прием радиолокационной информации в багатопозиційних системах радіобачення / В.А. Дружинін // Наукові записки УНДІЗ. – 2012. – № 3 (23). – С. 1–17.

Надійшла 30.06.2014 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Кравченко Ю.В.