

УДК 621.396.4

О.В. Батурін

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МЕТОДИ ВИМІРУ КООРДИНАТ ЦІЛІ ПРИ ПАРАЛЕЛЬНОМУ ПІДСВІТІ З "ФАРБУВАННЯМ" ПРОСТОРУ

Залежно від виду паралельного огляду з "фарбуванням" простору можуть застосовуватися різні методи визначення просторових координат цілі. У даній статті розглянуті методи, специфічні для бістатичних (або мультістатичних) РЛС із "пофарбованим" паралельним підсвітом простору. Дані методи мають алгоритми визначення координат, реалізовані в існуючих обчислювальних засобах, що у свою чергу дозволяє розширити можливості їхнього застосування, особливо в мультістатичних РЛС.

**Ключові слова:** паралельний огляд, кутові напрямки, мультістатичні РЛС, просторові координати.

### Вступ

**Постановка проблеми й аналіз літератури.** У сучасних умовах, коли такі параметри, як час видачі інформації про наявність цілей у секторі відповідальності радіолокаційної системи і якість інформації про їхні координати, стали одними з важливих, необхідно шукати способи поліпшення цих параметрів. У теперішній час у РЛС найбільш широке застосування знайшов спосіб послідовного огляду простору. При такому способі послідовно проглядаються всі елементи дальності в одному кутовому напрямку з наступним переходом до наступного кутового напрямку, у якому також послідовно проглядаються всі елементи дальності, але при цьому кардинально вплинути на темп видачі інформації о цілях неможливо.

Одним зі способів поліпшення даних параметрів – використання паралельного огляду, при якому, випромінювання, прийом і обробка сигналів від цілі, ведеться одночасно по всіх кутових напрямках заданої зони огляду, і здійснюється відразу ж, як тільки ціль з'явилася в зоні. Перевагою даного способу огляду, є максимально високий темп одержання інформації про кутове положення цілі, що перебуває в робочій зоні огляду. При цьому період перегляду всієї зони огляду РЛС, дорівнює часу, затраченому на перегляд одного елемента кутового розрізнення  $\delta\phi$  при послідовному огляді  $T_0 = T$ .

Залежно від типу ДС, сформованих передавальній й приймальній антенами, можливі різні види паралельного огляду. У моностатичній РЛС координати визначаються звичайним кутомірною-далекомірним способом. Для бістатичних (або мультістатичних) (МРЛС) із "пофарбованим" паралельним підсвітом простору традиційний кутомірною-далекомірний спосіб не підходить, тому необхідно визначити свої, специфічні методи. [1 – 4].

Методи, що застосовуються при визначенні просторових координат цілі можуть бути різні, залежно від застосування паралельного огляду з "фар-

буванням" простору в системах з відомою базою або в бістатичних системах з невідомою базою.

**Метою статті** є розробка методів визначення просторових координат цілі, специфічних для бістатичних (або мультістатичних) РЛС із "пофарбованим" паралельним підсвітом простору.

### Виклад основного матеріалу

У моностатичній РЛС координати визначаються звичайним кутомірною-далекомірним способом. Тому нижче розглянуті тільки деякі методи, специфічні для бістатичних (або мультістатичних) РЛС із "пофарбованим" паралельним підсвітом простору.

При паралельному огляді простору, у якому використовуються неспрямовані прийомні й передавальні антени, визначення координат цілі можливо тільки відомим далекомірним (еліптичним) методом.

Залежно від конфігурації МРЛС із "пофарбованим" паралельним оглядом можуть застосовуватися різні методи визначення просторових координат цілі:

а) у випадку, коли РЛС складається з 2-х передавальних антен, з відомої між ними  $r_0$  базою, координати власного положення приймача з неспрямованою приймальною антеною визначаються кутомірним методом (рис. 1).

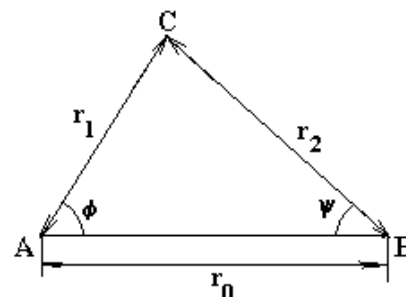


Рис. 1. Визначення координат кутомірним методом.

Як видно з рис. 1 дальність до точки прийому С можна визначити використовуючи відому теорему синусів для трикутника АСВ, де А і В положення першої і другої передавальних антен.

$$\frac{r_2}{\sin \phi} = \frac{r_1}{\sin \psi} = \frac{r_0}{\sin(\phi + \psi)}. \quad (1)$$

Тоді, дальність від передавальної антени А до прийомної антени С визначається як:

$$r_1 = \frac{r_0 \sin \psi}{\sin(\phi + \psi)},$$

а дальність від передавальної антени В до прийомної антени С визначається як:

$$r_2 = \frac{r_0 \sin \phi}{\sin(\phi + \psi)}.$$

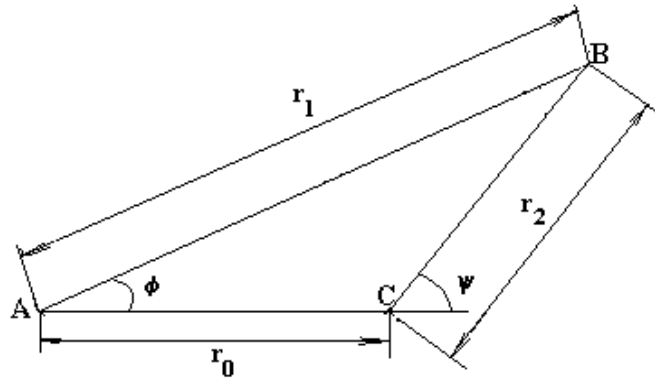


Рис. 2. Визначення координат дальностно-кутомірним методом

Як видно з рис. 2., дальність до цілі від передавальної й приймальної антен можна визначити за допомогою наступних виразів:

$$r_2 = r_1 \frac{\sin \phi}{\sin \psi}, \quad (2)$$

та

$$r_1 = \frac{r_0 + r_\Delta}{1 + \frac{\sin \phi}{\sin \psi}}, \quad (3)$$

$$\text{де } \psi = \arctg\left(\frac{r_1 - r_0}{r_1 + r_0} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}\right) + 90^\circ - \frac{\alpha}{2}.$$

Підставляючи (3) у вираз для визначення  $\psi$ , одержимо трансцендентне рівняння виду:

$$\psi = \arctg\left(\frac{\frac{r_0 + r_\Delta}{1 + \frac{\sin \phi}{\sin \psi}} - r_0}{\frac{r_0 + r_\Delta}{1 + \frac{\sin \phi}{\sin \psi}} + r_0} \operatorname{tg} \frac{\phi}{2}\right) + 90^\circ - \frac{\phi}{2}. \quad (4)$$

Рішення (4) може бути легко отримано чисельними методами. Потім, підставляючи значення  $\psi$  у вираз (2, 3), одержимо потрібні дальності до цілі.

в) найцікавішим є паралельний огляд, при якому сектор відповідальності перекривається гостро-спрямованими діаграмами спрямованості, сформованими як передавальною, так і приймальною антенами при невідомій базі.

Визначення координат цілі при такому способі огляду простору можливо кутомірно-різностно-дальномірним методом. Вихідними даними при ви-

б) у випадку, коли в РЛС паралельного огляду з "фарбуванням" не спрямована прийомна антена, визначення координат цілі здійснюється дальностно-кутомірним методом. При цьому вихідними даними для визначенні координат цілі є кут між напрямком на цілі з передавальної антени  $\phi$  ( $\psi$ ) й лінією бази; база між приймальною й передавальною антенами  $r_0$ , різниця ходу сигналів  $r_\Delta = (r_1 + r_2) - r_0$ , де  $r_1$  - відстань від передавальної антени до цілі, а  $r_2$  - відстань від цілі до прийомної антени (рис. 2).

значенні координат цілі є кут цілі  $\psi$  відносно приймальної антени й кут цілі  $\phi$  щодо передавальної антени. Відома також різниця ходу сигналів  $r_\Delta = r_1 + r_2 - r_0$ .

Розглянемо трикутник АВЕ (рис.3), з якого видно, що:

$$r_0 \sin \psi = r_1 \sin(\psi - \phi). \quad (5)$$

З (5) неважко знайти відстань від передавальної антени до цілі  $r_1$ , що дорівнює:

$$r_1 = \frac{r_0 \sin \psi}{\sin(\psi - \phi)}. \quad (6)$$

Побудуємо трикутник АДС для якого:

$$r_2 \sin(\psi - \phi) = r_0 \sin \phi. \quad (7)$$

Використовуючи (7), визначимо відстань від прийомної антени до цілі.

$$r_2 = \frac{r_0 \sin \phi}{\sin(\psi - \phi)}. \quad (8)$$

Підставимо (7) і (8) у вираз для визначення  $r_\Delta$  й з нього визначимо базу  $r_0$  між приймальною й передавальною антенами.

$$r_0 = \frac{\sin(\psi - \phi) \cdot r_\Delta}{\sin \phi + \sin \psi - \sin(\psi - \phi)}. \quad (9)$$

Потім, підставляючи значення виразу (9) в (7) і (8), знайдемо дальності до цілі від приймальної  $r_2$  й передавальної  $r_1$  антени.

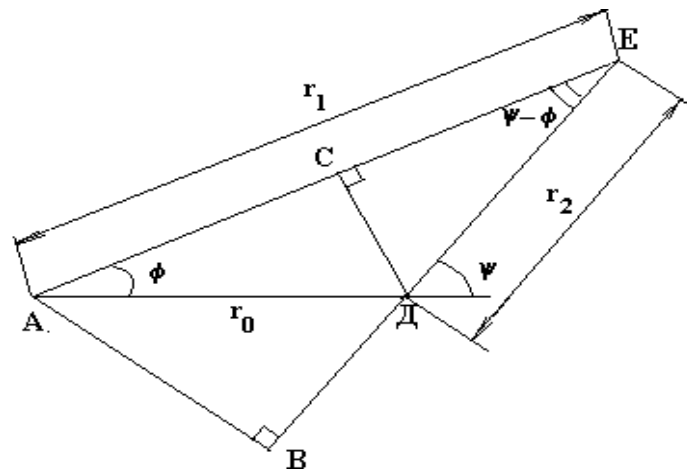


Рис. 3. Визначення координат кутомірним різницево-далекомірним методом.

Таким чином, розглянуті конфігурації МРЛС мають нескладні алгоритми визначення координат цілі, що дозволяє створювати для них програмні продукти, реалізовані на існуючих обчислювальних засобах.

### Висновки

Використання паралельного огляду простору з "фарбуванням" по кутових напрямках дозволяє побудувати системи інформаційного забезпечення контролю повітряного простору в мирний час на нових принципах. Час огляду, а відповідно і швидкість відновлення інформації про повітряну обстановку в таких РЛС залежить від часу накопичення енергії відбитого сигналу, і в десятки разів менше ніж у РЛС із послідовним оглядом простору.

Розглянуті методи мають алгоритми визначення координат, реалізовані в існуючих обчислювальних засобах, що у свою чергу дозволяє розширити можливості їхнього застосування, особливо в мультистатичних РЛС. Так, наприклад, МРЛС із "пофарбованим" паралельним оглядом дозволяє одержувати

інформацію про рух і координати цілі будь-якому споживачеві без твердої його прив'язки щодо джерела опромінення.

### Список літератури

1. Коростелев А.А. *Пространственно-временная теория радиосистем. Учебное пособие для ВУЗов / А.А. Коростелев.* - М.: Радио и связь, 1987. - 320 с.
2. Курикин А.А. *Об оптимальном использовании пространственно-временных сигналов / А.А. Курикин // Радиотехника и электроника.* - 1963. - №4. - 240 с.
3. Бахрах Л.О. *Проблемы антенной техники / Л.О. Бахрах, Д.И. Воскресенский.* - М.: Радио и связь, 1989. - 368 с.
4. Ваинэ Г.М. *Антенны с электрическим сканированием для многофункциональных РЛС.* - М.: ЦНИИ «Электроника» 1982, сер. 1, вып. 5. - 120 с.

Надійшла до редколегії 26.08.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, с.н.с. В.В. Баранник, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ЦЕЛИ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ПОДСВЕТЕ С "ОКРАСКОЙ" ПРОСТРАНСТВА

О.В. Батурин

*В зависимости от вида параллельного обзора с "окрашкой" пространства могут применяться различные методы определения пространственных координат цели. В данной статье рассмотрены методы, специфические для бистатических (или мультистатических) РЛС с "окрашенным" параллельным подсветом пространства. Данные методы имеют алгоритмы определения координат, реализуемые в существующих вычислительных средствах, что в свою очередь позволяет расширить возможности их применения, особенно в мультистатических РЛС.*

**Ключевые слова:** параллельный обзор, угловые направления, мультистатические РЛС, пространственные координаты.

### TARGET ATTITUDE MEASUREMENT METHODS IN PARALLEL ILLUMINATION WITH ENVIRONMENT "COLORING"

O.V. Baturin

*Depending on parallel view with environment "coloring" different methods for target attitude determination are used. The following article is describing methods peculiar for bi-static (or multi-static) radar system with "colored" environment parallel illumination. The described methods have proper algorithms for position data determination that are realized in existing computing facilities. This allows making their appliance area wider, especially in multi-static radar systems.*

**Keywords:** parallel observation, angle directions, multi-static radar system, air coordinates.