

УДК 355.40

А.В. Кобзєв, В.В. Романенко, А.В. Риб'як, М.В. Мурзін

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

## ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ТРИКООРДИНАТНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ ОГЛЯДОВОГО ТИПУ ЗАСОБАМИ ПОВІТРЯНОЇ РАДІОТЕХНІЧНОЇ РОЗВІДКИ

Розглядаються способи визначення координат оглядових радіолокаційних станцій (РЛС) в станціях повітряної радіотехнічної розвідки (РТР) на основі використання апріорних відомостей про параметри огляду РЛС у вертикальній площині. Визначення координат базується на вимірах періодичних моментів опромінення станції і обчислення дальності до РЛС. Первинні параметри, що вимірюються, можуть також використовуватися при розв'язанні задач розпізнавання типу РЛС. Проведено аналіз показників точності визначення координат запропонованими способами.

**Ключові слова:** повітряна радіотехнічна розвідка, апріорні дані, визначення координат, точність, огляд простору.

### Вступ

Основними об'єктами повітряної РТР є наземні РЛС зі складу комплексів протиповітряної оборони. Методи визначення координат випромінюючих РЛС в засобах повітряної РТР досить повно викладені в ряді робіт, з яких слід виділити монографії [1–2]. У цих роботах проведено аналіз багатьох методів визначення місцезнаходження, де враховані особливості ведення повітряної РТР, що обумовлені рухом носія, обмеженнями на габарити і вагу апаратури розвідки і необхідністю повної автоматизації процесів отримання розвідданих [3]. Більшість цих методів не пов'язані з використанням апріорних відомостей про деякі характеристики спостережуваних РЛС. Такі відомості можуть бути відомими після того, як тип РЛС встановлено за результатами вимірювання параметрів сигналу (робочої частоти, тривалості та періоду повторення імпульсів). У ряді випадків використання цих відомостей дозволяє визначити координати РЛС простими способами.

Розв'язання задачі визначення місця розташування РЛС пов'язано зі значними апаратними витратами або витратами часу спостереження. Так, наприклад, для реалізації методів, заснованих на вимірі кутових координат (кутомісний метод багатократної пеленгації) [2; 4–5], необхідно мати в складі станції РТР багатоелементну антену і багатоканальний приймальний тракт, що ускладнює апаратуру розвідки. Ще більш складним з технічної точки зору є різницево-далекомірний метод визначення координат [6]. На практиці можуть використовуватися більш прості станції РТР, в яких відсутні канали пеленгації [8]. У таких засобах задачу місця розташування прагнуть розв'язувати шляхом оцінювання рівня сигналу і фіксації положення траверсу на РЛС [1–2]. Точності такого методу невеликі,

проте їх застосування не пов'язане з ускладненням апаратури розвідки. В даній роботі розглядаються можливості визначення місцезнаходження при повітряній РТР окремого класу РЛС шляхом використання апріорних даних про параметри огляду РЛС, що розвідуються. До такого класу відносяться трикоординатні оглядові РЛС з відомими параметрами огляду у вертикальній площині (рухомі радіовисотоміри (РРВ)) з хитанням антени у вертикальній площині, РЛС з частотним скануванням по куту місця і радіолокатори з V-променем). Саме такі об'єкти РТР будуть розглядатися в подальшому. Викладаються алгоритми визначення координат цих об'єктів і аналізуються їх показники точності.

### Основна частина

Спочатку розглянемо задачу визначення дальності до випромінюючих РЛС. Припустимо, що за рахунок використання періодичності випромінювань вдається оцінити кутомісну координату носія станції РТР щодо РЛС  $\epsilon_c$ . Тоді горизонтальна відстань  $D$  від станції до РЛС при відомій висоті польоту носія  $H$  можна знайти з рівності

$$D = \frac{H}{\operatorname{tg}(\epsilon_c)}. \quad (1)$$

У реальних умовах функціонування станції РТР виконується умова  $D \gg H$ . Тому кут  $\epsilon_c$  є малим і в більшості практичних випадків можна вважати  $\operatorname{tg}(\epsilon_c) \approx \epsilon_c$  (рад.) і тоді  $D \approx H/\epsilon_c$ . Питання визначення координат  $\epsilon_c$  викладено нижче.

Для отримання характеристик точності визначення координат будемо використовувати метод, викладений у роботах [9–10]. Сутність методу засновано на лінеаризації функціонального зв'язку вимірюваних первинних параметрів і координат. Якщо

вимірюваний параметр  $\alpha$  пов'язаний з координатою  $x$  залежністю  $\alpha=\varphi(x)$ , то середньоквадратична похибка (СКП)  $\sigma_x$  визначення координати пов'язана з СКП оцінювання параметра  $\sigma_\alpha$  формулою

$$\sigma_x = \frac{\sigma_\alpha}{\left| \partial\varphi(x) / \partial x \right|}. \quad (2)$$

Якщо вважати  $\varepsilon_c \approx H/D$ , то СКП визначення дальності відповідно до (2) дорівнює

$$\sigma_D = \frac{\sigma_\varepsilon D^2}{H}. \quad (3)$$

Звідси видно, що зі збільшенням дальності до об'єкта розвідки СКП визначення дальності зростає у квадратичній залежності. Така залежність характерна для багатьох методів визначення просторового положення при пасивній локації. Тепер розглянемо способи визначення кута опромінення носія станції РТР  $\varepsilon_c$  при спостереженні РЛС різних типів і оцінимо точнісні характеристики цих способів.

Розглянемо задачу визначення дальності до об'єктів випромінювання у вигляді РРВ, до яких можна віднести РЛС типу РРВ-13, РРВ-16 або РРВ-17. У цих РЛС огляд у вертикальній площині здійснюється за рахунок хитання антен [11–13]. Параметри огляду (сектор і період хитання) відомі.

На рис. 1 показано взаємне положення РРВ і носія станції РТР у вертикальній площині.

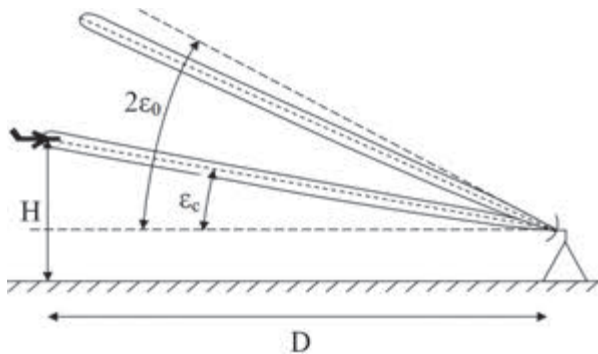


Рис. 1. Взаємне положення РРВ і носія станції РТР у вертикальній площині

Хитання антени РРВ здійснюється у секторі  $2\varepsilon_0$ . Кутове положення фазового центра антени РРВ по куту місця змінюється в часі за синусоїдальним законом

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \left[ 1 + \sin \left( 2\pi t / T_0 \right) \right], \quad (4)$$

де  $\varepsilon_0$  – бісектриса сектору хитання;  $T_0$  – період хитання. На рис. 2 показано залежність  $\varepsilon(t)$  та моменти опромінення станції РТР  $t_1$  і  $t_2$ .

Оцінка кута опромінення  $\varepsilon_c$  здійснюється наступним чином. Враховується умова  $D \gg H$ , що дозволяє вважати  $\varepsilon_c < \varepsilon_0$ . Оцінюється часовий інтервал  $\Delta t = t_2 - t_1$ , який містить інформацію про кут  $\varepsilon_c$ . У відповідності до рис. 2 зв'язок вимірюваного параметра  $\Delta t$  і координати  $\varepsilon_c$  можна знайти з рівності

$$\varepsilon_c = \varepsilon_0 \left[ 1 + \sin \left( \frac{2\pi}{3} \pm \frac{\pi \Delta t}{T_0} \right) \right] = \varepsilon_0 \left[ 1 - \cos \left( \frac{\pi \Delta t}{T_0} \right) \right]. \quad (5)$$

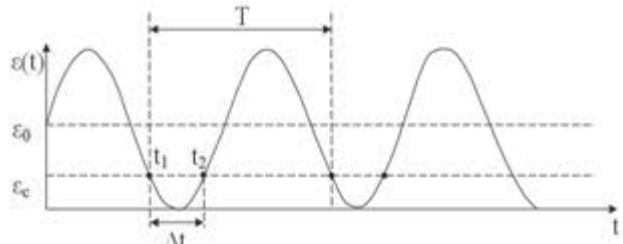


Рис. 2. Залежність кутового положення антени РРВ від часу

Вважаємо, що після розпізнавання типу РРВ параметри  $\varepsilon_0$  і  $T_0$  стають відомим. Звідси, виміривши інтервал  $\Delta t$  і знаючи параметри  $\varepsilon_0$ ,  $T_0$ , визначається кут  $\varepsilon_c$  і потім обчислюється дальність  $D$ . На етапі вимірювань можна також уточнити період хитання  $T_0$ . Зазначимо, що значення параметрів огляду  $2\varepsilon_0$  і  $T_0$  різних типів існуючих РРВ не збігаються [11–13]. Тому вимірні величини  $\Delta t$  і  $T_0$  можна використовувати також для розпізнавання типу РЛС [7].

З (5) знаходимо функціональну залежність вимірюваного параметра з координатою  $\varepsilon_c$ :

$$\Delta t = \frac{T_0}{\pi} \arccos \left( 1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right). \quad (6)$$

У відповідності з (2) отримуємо вираз для СКП визначення кута місця після обчислення похідної  $\partial \Delta t / \partial \varepsilon_c$ :

$$\sigma_{\Delta t} = \frac{\pi \sigma_{\varepsilon} \Delta t}{T_0} \sqrt{\varepsilon_c (2\varepsilon_0 - \varepsilon_c)}, \quad (7)$$

де  $\sigma_{\Delta t}$  – СКП вимірювань інтервалу часу  $\Delta t$ . Точність вимірювань параметра  $\Delta t$ , як правило, визначається інтервалом дискретизації часу  $\delta t$  при реєстрації моментів опромінення носія станції РТР. Інтервал  $\delta t$ , як правило, істотно перевищує період повторення імпульсів РЛС і становить десятки мілісекунд. Похибки дискретизації прийнято вважати розподіленими за рівномірним законом у інтервалі  $\delta t$ . Звідси можна вважати  $\sigma_{\Delta t} = \delta t / \sqrt{12}$ . Підставимо (7) у (3) і врахуємо при цьому, що  $2\varepsilon_0 \gg \varepsilon_c$  та  $\varepsilon_c \approx H/D$ . В результаті отримуємо вираз для СКП визначення дальності

$$\sigma_D = \frac{\pi D^2 \sigma_{\Delta t}}{T_0} \sqrt{\frac{2\varepsilon_0}{H D}}. \quad (8)$$

Оцінимо величину  $\sigma_D$ . Нехай  $\delta t = 0,025$  с,  $H = 8$  км,  $D = 200$  км,  $T_0 = 3$  с,  $\varepsilon_0 = \pi/12$  (сектор хитання антени  $0^\circ..30^\circ$ ). При цих вихідних даних маємо  $\sigma_D = 7,25$  км.

У радіолокаторах з V-променем вимірювання кутомісної координати засновано на використанні двох дзеркальних антен, повернених у вертикальній

площині відносно одна одної на кут  $45^\circ$ . Прикладом такого засобу є РЛС 1Л117М (Російська Федерація) [14]. Розріз діаграм спрямованості (ДС) антен у вертикальній площині показано на рис. 3.

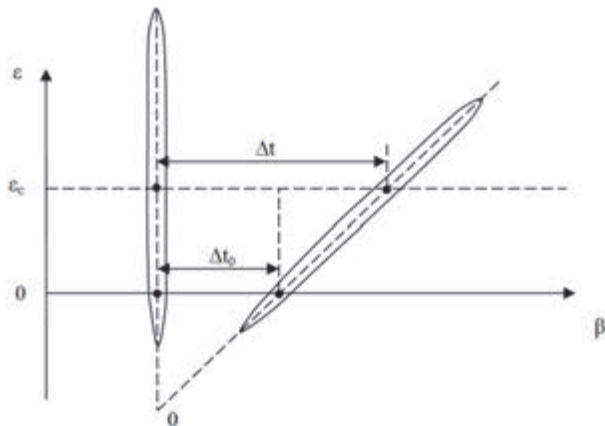


Рис. 3. Перетин діаграми направленості РЛС 1Л117М вертикальною площиною

Круговий огляд простору здійснюється шляхом механічного обертання антен з періодом  $T_{об}$ . Вимірювання кута місця повітряної цілі здійснюється «на проході» шляхом оцінювання інтервалу часу  $\Delta t$ , який дорівнює різниці моментів опромінення цілі двома V-променями, і його порівняння з інтервалом  $\Delta t_0$ , що відповідає координаті  $\varepsilon=0^0$ . Таким же чином можна виміряти кутову координату  $\varepsilon_c$  на борту станції РТР шляхом реєстрації моментів опромінення. Якщо рознесення ДС по азимуту на рівні  $\varepsilon=0^0$  рівне  $\Delta\beta_0$  рад., отримаємо  $\Delta t_0 = \Delta\beta_0 T_{об} / 2\pi$ . Тоді вимірюваний інтервал пов'язаний з кутом  $\varepsilon_c$  співвідношенням

$$\Delta t = \Delta t_0 + \frac{\varepsilon_c T_{об}}{2\pi}. \quad (9)$$

Вважаємо, що параметр  $\Delta\beta_0$  відомий, а період  $T_{об}$  у більшості практичних випадків має значення 10 с або 20 с і його легко можна виміряти. Після розпізнавання типу РЛС і вимірювання параметра  $\Delta t$  з рівності (9) знаходимо координату  $\varepsilon_c$ . За аналогією з попереднім варіантом знаходимо СКП оцінювання дальності

$$\sigma_D = \frac{2\pi\sigma_{\Delta t} D^2}{T_{об} H}. \quad (10)$$

У радіолокаторах з частотним скануванням простору типу 19Ж6 чи 35Д6 [15] здійснюється паралельний огляд у вертикальній площині багатопроменевою антеною. Кожному променю відповідає своя робоча частота. Тому, вимірявши частоту, можна визначити кут опромінення  $\varepsilon_c$ . Тут необхідно заздалегідь знати розподіл робочих частот за променями.

Вимірювання дальності  $D$  ще не вирішує завдання визначення місцезнаходження РЛС. Можна лише стверджувати, що об'єкт знаходиться на дузі кола на поверхні Землі радіусом  $D$ . Довжина дуги обмежена

шириною ДС антени станції РТР. Для визначення місця розташування необхідні додаткові виміри. Якщо в складі станції РТР є канал пеленгації в горизонтальній (азимутальній) площині, то досить провести навіть одноразові вимірювання дальності і азимута, щоб вказати точку розташування РЛС на поверхні Землі. При відсутності каналів пеленгації можна використовувати дальномірний метод визначення місцезнаходження, коли дальність послідовно визначається з декількох точок на маршруті польоту носія станції РТР. Досить визначити дальність з двох точок (рис. 4).

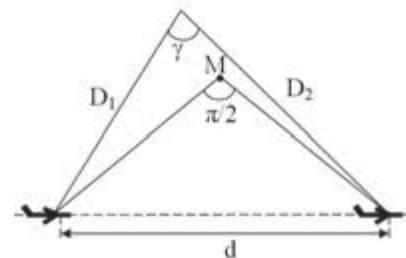


Рис. 4. Дальномірний метод визначення координат РЛС

Тоді перетин двох ліній положення (кіл з радіусами  $D_1$  і  $D_2$ ) на поверхні Землі вказує на положення РЛС. Лінійна СКП визначення місцезнаходження (відхилення вимірюваної площинної координати від істинної) при дальнометрії з двох точок оцінюється за формулою [9]:

$$\sigma_L = \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}{\sin(\gamma)}, \quad (11)$$

де  $\sigma_1, \sigma_2$  – СКП оцінки дальностей  $D_1$  і  $D_2$ ;  $\gamma$  – кут перетину ліній положення (див. рис. 4). Найменші похибки  $\sigma_{Lmin}$  забезпечуються при знаходженні РЛС у точці  $M$ , коли  $D_1=D_2=d/(2^{1/2})$  та  $\gamma=\pi/2$ . При вихідних даних, що вище прийнято для РРВ ( $D_1=D_2=200$ км,  $\sigma_1=\sigma_2=7,25$  км), отримаємо  $\sigma_{Lmin} = \sqrt{2} \cdot 7,25 \approx 10$  км при  $d=280$  км. Похибки можна зменшити за рахунок збільшення числа вимірювань координати  $\varepsilon_c$  на маршруті польоту.

## Висновки

Розглянуті методи визначення місця розташування трикоординатних оглядових РЛС при веденні повітряної РТР засновані на використанні апріорних даних про параметри огляду цих РЛС та відрізняються простотою реалізації. Вони не пов'язані з додатковими витратами апаратури (числа антен і приймальних каналів). Необхідно лише вдосконалити програмне забезпечення для обробки розвідданих. Вимірювані первинні параметри (інтервали часу між випромінюваннями РРВ або РЛС з V-променями) можна використовувати також в якості додаткових ознак при розв'язанні задач розпізнавання типу РЛС.

## Список літератури

1. Мельников Ю.П. Воздушная радиотехническая разведка (методы оценки эффективности) / Ю.П. Мельников. – М.: Радиотехника, 2005. – 304 с.
2. Мельников Ю.П. Радиотехническая разведка. Методы оценки эффективности местоопределения источников радиоизлучения / Ю.П. Мельников, С.В. Попов. – М.: Радиотехника, 2008. – 432 с.
3. Звиглянич С.М. Система підтримки прийняття рішень на основі використання розвідувальних відомостей / С.М. Звиглянич, В.Б. Бзот, А.В. Антонов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2016. – № 7(144). – С. 83-85.
4. Худов Г.В. Методика синтезу раціональної структури підсистеми розвідки системи протиповітряної оборони з використанням генетичного алгоритму / Г.В. Худов, І.А. Таран // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 2(23). – С. 25-31.
5. Смирнов Ю.А. Радиотехническая разведка / Ю.А. Смирнов. – М.: Воениздат, 2001. – 456с.
6. Ma X.-T. Signal sorting and positioning method for similar radiation sources based on Time Difference Of Arrival Dianzi Yu Xinxu Xuebao / X.-T. Ma, J.-Q. Luo, X.-H. Meng // Journal of Electronics and Information Technology. – 2015. – № 37 (10). – P. 2363-2368.
7. Zhang G. A new recognition system for radar emitter signals / G. Zhang, X. Li // Kybernetes. – 2012. – № 41(9). – P. 1351-1360.
8. Степаненков М.М. Шляхи вдосконалення методів отримання і обробки інформації у засобах повітряної радіотехнічної розвідки / М.М. Степаненков, А.В. Кобзев, В.В. Романенко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2. – С. 121-123.
9. Сайбель А.Г. Основы теории точности радиотехнических методов местоопределения: учебн. пособие / А.Г. Сайбель. – М.: Госиздат, 1958. – 53 с.
10. Ширман Я.Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех / Я.Д. Ширман, В.Н. Манжос. – М.: Радио и связь, 1981. – 416 с.
11. Учебник ПРВ-13 [Електронний ресурс] / Режим доступу до ресурсу: [http://www.rtv-pvo-gsvg.narod.ru/doc/Prv\\_13.pdf](http://www.rtv-pvo-gsvg.narod.ru/doc/Prv_13.pdf).
12. Техническое описание ПРВ-16 [Електронний ресурс] / Режим доступу до ресурсу: [http://www.rtv-pvo-gsvg.narod.ru/doc/PRW-16\\_TO.pdf](http://www.rtv-pvo-gsvg.narod.ru/doc/PRW-16_TO.pdf).
13. Вишневецький С.Д. Потенційні можливості РЛС РТВ з виявлення оперативного-тактичних та тактичних безпілотних літальних апаратів / С.Д. Вишневецький, Л.В. Бейліс, В.Й. Климченко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2(27). – С. 92-98.
14. Трехкоординатная подвижная обзорная РЛС 1Л117М [Електронний ресурс] / Режим доступу до ресурсу: [http://www.rusarmy.com/pvo/pvo\\_vvs/rls\\_1l117m.html](http://www.rusarmy.com/pvo/pvo_vvs/rls_1l117m.html).
15. Радиолокационная станция 19Ж6 (СТ-68У): учебное пособие. – М.: Воениздат, 1992. – 392с.

## References

1. Melnykov, Ju.P. (2005), "Vozdushnaja radyotekhnicheskaja razvedka (metody ocenky efektyvnosti)" [Aerial radio technical intelligence (methods of assessing effectiveness)], Radyotekhnika, Moscow, 304 p.
2. Melnykov, Ju.P. and Popov, S.V. (2008), "Radyotekhnicheskaja razvedka. Metody ocenky efektyvnosti mestoopredelenija ystochnykov radyoyzlucheniya" [Radio technical intelligence. Methods for estimating the efficiency of the location of radio emission sources], Radyotekhnika, Moscow, 432 p.
3. Zvyghljanych, S.M., Bzot, V.B. and Antonov, A.V. (2016), "Systema pidtrymky pryjnattja rishenj na osnovi vykorystannja rozvidualnykh vidomостей" [Methods of information obtaining and processing, in airborne electronic intelligence collection means, ways to improve], *Information Processing Systems*, No. 7(144), pp. 83-85.
4. Khudov, G.V. and Taran, I.A. (2016), "Metodyka syntezy racionalnoji struktury pidsystemy rozvidky systemy protypovitrjanoji oborony z vykorystannjam ghenetychnogho alghorytmu" [Method of synthesis of rational structure of air defence grouping intelligence system with using genetic algorithm], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(23), pp. 25-31.
5. Smyrnov, Ju.A. (2001), "Radyotekhnicheskaja razvedka" [Radio technical intelligence], Voennyizdat, Moscow, 456 p.
6. Ma, X.-T., Luo, J.-Q. and Meng, X.-H. (2015), Signal sorting and positioning method for similar radiation sources based on Time Difference Of Arrival Dianzi Yu Xinxu Xuebao, *Journal of Electronics and Information Technology*, No. 37(10), pp. 2363-2368.
7. Zhang, G. and Li, X. (2012), A new recognition system for radar emitter signals, *Kybernetes*, No. 41(9), pp. 1351-1360.
8. Stepanenkov, M.M., Kobzev, A.V. and Romanenko, V.V. (2017) "Shljakhy vdoskonalennja metodiv otrymannja i obrobky informaciji u zasobakh povitrjanoji radyotekhnichnoji rozvidky" [Methods of information obtaining and processing, in airborne electronic intelligence collection means, ways to improve], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(27), pp. 121-123.
9. Sajbelj, A.Gh. (1958), "Osnovy teoryy tochnosti radyotekhnicheskikh metodov mestoopredelenija" [Fundamentals of the theory of accuracy of radio engineering methods of position determination], Ghosyzdat, Moscow, 53 p.
10. Shyrman, Ja.D. and Manzhos, V.N. (1981), "Teoryja y tekhnika obrabotky radyolokacyonnoj ynformacyy na fone pomekh" [Theory and technique of processing radar information against background noise], *Radyo y svjazj*, Moscow, 416 p.
11. "Uchebnyk PRV-13" [The textbook PRV-13], [http://www.rtv-pvo-gsvg.narod.ru/doc/Prv\\_13.pdf](http://www.rtv-pvo-gsvg.narod.ru/doc/Prv_13.pdf) (accessed 02 July 2017).
12. "Tekhnicheskoe opysanye PRV-16" [Technical description of PRV-16], [http://www.rtv-pvo-gsvg.narod.ru/doc/PRW-16\\_TO.pdf](http://www.rtv-pvo-gsvg.narod.ru/doc/PRW-16_TO.pdf) (accessed 02 July 2017).
13. Vyshnevskij, S.D., Bejlis, L.V. and Klymchenko, V.J. (2017), "Potencijni mozhyvosti RLS RTV z vyjavlennja operatyvno-taktychnykh ta taktychnykh bezpilotnykh litalnykh aparativ" [Potential capabilities of Radiotechnical Troops radars to detect operational-tactical and tactical unmanned air vehicle], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(27), pp. 92-98.

14. "Trehkkoordinatnaja podvuzhna obzornaja RLS 1L117M" [Three-coordinate mobile surveillance radar 1L117M], [http://www.rusarmy.com/pvo/pvo\\_vvs/rls\\_1l117m.html](http://www.rusarmy.com/pvo/pvo_vvs/rls_1l117m.html), (accessed 02 July 2017).

15. (1992), "Radyolokacyonnaja stancyja 19Zh6 (ST-68U)" [Radar station 19Zh6 (CT-68U)], Voenyzzdat, Moscow, 392 p.

Надійшла до редколегії 11.05.2017

Схвалена до друку 20.07.2017

#### **Відомості про авторів:**

##### **Кобзев Анатолій Васильович**

доктор технічних наук професор  
провідний науковий співробітник Харківського  
національного університету Повітряних Сил  
ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
orcid.org/0000-0002-3604-7770  
e-mail: avkob@ukr.net

#### **Information about the authors:**

##### **Kobzev Anatolij**

Doctor of Technical Sciences Professor,  
Senior Research Associate of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
orcid.org/0000-0002-3604-7770  
e-mail: avkob@ukr.net

##### **Романенко Владислав Володимирович**

кандидат технічних наук старший науковий співробітник  
начальник науково-дослідного відділу Харківського  
національного університету Повітряних Сил  
ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
orcid.org/0000-0003-0375-6017  
e-mail: romv@meta.ua

##### **Romanenko Vladyslav**

Candidate of Technical Sciences Senior Research,  
Chief of Scientific Research Department of Ivan Kozhedub  
Kharkiv National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
orcid.org/0000-0003-0375-6017  
e-mail: romv@meta.ua

##### **Риб'як Анатолій Степанович**

кандидат технічних наук старший науковий співробітник  
старший науковий співробітник Харківського  
національного університету Повітряних Сил  
ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
orcid.org/0000-0002-7922-3690  
e-mail: anattoliy@meta.ua

##### **Rybjak Anatolij**

Candidate of Technical Sciences Senior Research,  
Senior Research Associate of Ivan Kozhedub  
Kharkiv National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
orcid.org/0000-0002-7922-3690  
e-mail: anattoliy@meta.ua

##### **Мурзін Михайло Вячеславович**

кандидат технічних наук  
науковий співробітник Харківського національного  
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
orcid.org/0000-0002-5093-0551  
e-mail: mikhailmwork@gmail.com

##### **Murzin Mykhajlo**

Candidate of Technical Sciences,  
Research Associate of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
orcid.org/0000-0002-5093-0551  
e-mail: mikhailmwork@gmail.com

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ТРЕХКООРДИНАТНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ ОБЗОРНОГО ТИПА СРЕДСТВАМИ ВОЗДУШНОЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ**

А.В. Кобзев, В.В. Романенко, А.В. Рыбьяк, М.В. Мурзин

*Рассматриваются способы определения координат обзорных радиолокационных станций (РЛС) в станциях воздушной радиотехнической разведки (РТР) на основе использования априорных сведений о параметрах обзора РЛС в вертикальной плоскости. Определение координат базируется на измерениях периодических моментов облучения станции и вычисления дальности до РЛС. Измеряемые первичные параметры могут также использоваться при решении задач распознавания типа РЛС. Проведен анализ показателей точности определения координат предлагаемыми способами.*

**Ключові слова:** *воздушная радиотехническая разведка, априорные данные, определение координат, точность, обзор пространства.*

### **DETERMINATION OF THE THREE-CORODINATE SURVEILLANCE RADAR LOCATION BY AERIAL ELINT MEANS**

A. Kobzev, V. Romanenko, A. Rybiak, M. Murzin

*Simple way of surveillance radar station coordinates determining by aerial ELINT means, represented in this article. The possibility of determining the elevation angle of some types of three-coordinate radar, based on applying of a priori data of its survey parameters in the vertical plane, apprised in this article. The radio altimeter with pivoting motion or radio altimeter with ability of frequency scanning in the vertical plane as well as radar with V - antenna beam, are relates to types mentioned above. The task of determining coordinates is solving after the recognition of the radars type by the results of the time - frequency parameters measurement of the signals and based on assessment of periodical moments of emission with subsequent calculation of distance to radar at a known altitude of the flight of the ELINT station carrier. The measured primary parameters can also be used as characteristics for recognition of radar type. The analysis of mean - root square error of coordinates determining proposed by ways, based on existing method of linearization of functional link between measured parameters of signals and coordinates parameters applying was conducted. Proposed methods for determining the coordinates differ from those known by ease of implementation and can be used in aerial ELINT facilities in the absence of channels for the direction finding of radio emission sources.*

**Keywords:** *aerial electronic intelligence, priori data, determination of coordinates, accuracy, the survey of space.*