

## **ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МОБІЛЬНИХ СИСТЕМ РАДІОМОНІТОРИНГУ**

*Автор Соколов К. А.*

*(науковий керівник — д.т.н., професор Дружинін В. А.)*

Важливою проблемою сьогодення є істотне збільшення штатних телевізійних і радіомовних передавачів, стільникових систем зв'язку тощо. У зв'язку з цим спостерігається фактичне зростання кількості неліцензованих джерел радіовипромінювання (ДРВ) з великим числом паразитних випромінювань, що призводять до ускладнення електромагнітної обстановки. Головним завданням радіомоніторингу (РМ) є контроль радіо обстановки з метою виконання вимог електромагнітної сумісності різних систем зв'язку.

Актуальною постає задача з вдосконалення технічних і організаційних засобів радіоконтролю (РК). Для підвищення ефективності ведення РМ доцільним є використання мобільних систем РМ на базі дистанційно пілотованих літальних апаратів (ДПЛА). Таке вдосконалення має наступні переваги: більш висока мобільність в порівнянні з автомобільними; можливість оперативного нарощування коштів в заданому районі; низька вартість порівняно з розгортанням наземної інфраструктури, зниження кількості обслуговуючого персоналу.

У процесі РМ на етапі аналізу сигналу одним з основних завдань є ідентифікація ДРВ. Пропонується наступний варіант розміщенні технічних засобів РМ. Апаратура для здійснення пошуку, виявлення, реєстрації та вимірювання параметрів сигналу розміщується на борту ДПЛА, а подальше оброблення даних відбувається в пункті управління.

Розробка методів локації ДРВ з використанням синтезованих апертур (СА), тобто апертур, одержуваних у результаті руху антенної решітки (АР) або окремого її елемента, є одним з актуальних напрямків розвитку мобільних систем РМ. Це пов'язано, перш за все, з тим, що використання СА дозволяє в деяких випадках істотно збільшити точність локації в порівнянні з обробкою, що виконується з використанням фізичних апертур без урахування руху приймальної системи.

Широке поширення методи СА отримали в активній радіолокації [1-3]. Менш активно методи СА розвивалися для пасивних систем. Це пояснюється тим, що в пасивної локації, як правило, сигнал що приймається являє собою випадковий або детермінований процес з невідомими параметрами, що обмежує можливості СА. Зокрема, для випадку тонального джерела при використанні одиночного приймача, що рухається рівномірно і прямолінійно, не можна однозначно визначити частоту і кут приходу плоскої хвилі [4]. Проте, збільшення роздільної здатності АР за рахунок їх руху вельми привабливо з практичної точки зору. У зв'язку з цим вельми цінні роботи з аналізу меж Крамера-Рао, що визначають мінімально досяжні дисперсії оцінок невідомих параметрів, для оцінок частоти і пеленга в разі АР, що рухається прямолінійно [5,6].

Відсутність інформації про часову форму сигналу в цьому випадку робить задачу пеленгації ще більш складною, порівняно з випадком чисто тональних джерел з невідомою частотою. Наприклад, якщо джерело випромінює білий шум, то відліки сигналу на виході приймача при будь-якому його русі щодо джерела є статистично незалежними, та інформація про фазу сигналу виявляється втраченою. В цьому випадку пеленгація джерела за допомогою одиночного елемента стає неможливою.

Але, якщо спектральний склад випромінюваного сигналу містить хоч які особливості, наприклад, його спектральна щільність потужності локалізована в досить вузькій смузі частот, або в спектрі присутні досить різкі градієнти, то пеленгація джерела може виконуватися практично з прийнятною точністю [7-10]. При відсутності опорного сигналу і довільному спектральному складі випромінюваного сигналу завдання пасивної пеленгації практично не розглядалася за винятком [11], де розглядаються аспекти апертурного синтезу у випадку прийому широкосмугових сигналів.

У зв'язку з цим, актуальним є питання про потенційні можливості методів синтезу апертур пасивних систем радіомоніторингу, так як при русі навіть одного приймального елемента ДПЛА по криволінійній траєкторії можуть бути однозначно визначені всі параметри, що характеризують джерело радіовипромінювання. Причому точність оцінок пеленга і дальності джерела випромінювання будуть визначатися ефективною апертурою системи моніторингу. Для криволінійної траєкторії ця точність практично досягається для траєкторії ДПЛА у вигляді півкола. Однак, реалізація руху ДПЛА по розглянутій траєкторії вимагає розробки спеціальних алгоритмів управління носієм на необхідних для вирішення завдань синтезу інтервалах часу. Альтернативою є використання пасивної радіолокаційної системи, до складу якої може входити кілька рознесених в просторі радіокерованих приймальних позицій на бортах ДПЛА [12-14]. У розглянутій системі інформація, одержувана окремими радіолокаційними вимірювачами, обробляється спільно. Розглянутий алгоритм дозволяє з необхідною точністю визначати координати джерел радіовипромінювання. І слід зазначити, що реалізація наведеного алгоритму економічно більш доцільна у порівнянні з космічними системами радіомоніторингу, що вирішують аналогічні технічні завдання.

### **Перелік посилань**

1. Дружинін В. А. Проблеми формування та обробки радіолокаційної інформації в системах радіобачення: монографія. - К.: Логос, 2013. – 230 с.
2. Дружинін В. А., Толюпа С.В., Наконечний В.С., Цюпа Н.В., Батрак Є.В. Методи та алгоритми обробки і захисту інформації в радіолокаційних системах із змінною просторовою конфігурацією: монографія. - К.: Логос, 2014. – 251 с.
3. Hayes M.P., Gough P.T. Synthetic aperture sonar: a review of current status // IEEE J. Ocean. Eng. 2009. V. 34. №. 3. P. 207–224.
4. Autrey S.W. Passive synthetic arrays // IEEE J. Ocean. Eng. 1988. V. 84. № 2. P. 592 – 598.
5. Stergiopoulos S. Optimum bearing resolution for a moving towed array and extension of its

physical aperture // The Journal of the Acoustical Society of America. 1990. V. 87, № 5. P. 2128–2140.

6. Edelson G.S., Tufts D.W. On the ability to estimate narrow-band signal parameters using towed arrays // IEEE Journal of Oceanic Engineering. 1992. V. 17, № 1. P. 48–61.

7. Иваненков А.С., Коротин П.И., Орлов Д.А., Родионов А.А., Тучин В.И. Синтез апертуры за счёт движения одиночного приемника при пеленгации источников узкополосного шума // Изв. Вузов. Радиофизика. 2014. Т. 57. № 2. С. 166-177.

8. Ivanenkov A.S., Korotin P.I., Orlov D. A., Rodionov A.A., Turchin V.I. Investigation of the potential accuracy of source localization using a moving horizontal array // Proc. of the 19th International Congress on Sound and Vibration. 2012. Vilnius, Lithuania.

9. Ivanenkov A.S., Korotin P.I., Orlov D. A., Rodionov A.A., Turchin V.I. Cramer–Rao lower bound for localization of a source with partial temporal coherence using passive synthetic aperture // Proc. of the 12th European Conference on Underwater Acoustics. 2012. Edinburgh, United Kingdom. P. 564–571.

10. Иваненков А.С., Коротин П.И., Орлов Д.А., Родионов А.А., Турчин В.И. Синтез апертуры за счёт движения одиночного приемника при пеленгации источников узкополосного шума // Сб. трудов Научной конференции «Сессия Научного совета РАН по акустике и XXV сессия Российского акустического общества». М.: ГЕОС, 2012. Т. 2. С 343–347.

11. Караваев В.В., Сазонов В.В. Статистическая теория пассивной локации. М.: Радио. 1987. Р. 240 с.

12. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1993. – 416 с.

12. Денисов В.П. Фазовые радиопеленгаторы /В.П. Денисов, Д.В. Дубинин. – Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2001. – 251 с.

13. Денисов В.П. Радиотехнические системы / В.П. Денисов, Б.П. Дудко. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2006. – 253 с.

14. Сколник М.И. Справочник по радиолокации. Основы радиолокации: справочное издание / М.И. Сколник, К.Н. Трофимов, Я.С. Ицхок. – М.: Сов. радио, 1976. – 456 с.

### **Анотація**

Висвітлено основні засади побудови мобільних засобів РМ на базі ДПЛА. З метою визначення координат розташування ДРВ розглянуто метод СА, що базується на русі АР по заданій траєкторії. Сформульовано основні переваги даної системи.

Ключові слова: синтезована апертура, ДПЛА, радіомоніторинг, джерела радіовипромінювання, антенна решітка, пасивна локація.

### **Abstract**

The basic principles of construction of mobile means of RM on the basis of RPA are shown. The SA method based on the movement of the AA along a certain trajectory is considered, in order to determine the coordinates of the location of the RES. The main advantages of this system are formulated.

Key words: synthesized aperture, RPAs, radio monitoring, radio emission sources, antenna array, passive location.