

УДК 629.7.058.54

**ВОЛИНЕЦЬ В.Л.**, провідний науковий співробітник, кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник

**МАМОНОВА Н.Л.**, науковий співробітник

## **ПРАКТИЧНА МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ПОКРИТТЯ МІСЦЕВОСТІ АЕРОСТАТНИМИ СИСТЕМАМИ З ПІДВІСНОЮ РАДІОЛОКАЦІЙНОЮ СТАНЦІЄЮ**

*Представлено результати аналізу кількості аеростатних РЛС для покриття заданої місцевості щодо її периметра (межі) та площі. Введено поняття коефіцієнта покриття площі зони огляду або перекриття межі дальності прямої видимості. Наведено практичну методику оцінювання необхідної кількості аеростатних РЛС. Приведено умови реалізації дальності дії РЛС*

*Ключові слова: аеростатна РЛС, дальність прямої видимості, площа зони огляду, кількість аеростатних РЛС, коефіцієнт покриття (перекриття)*

Одержані в статті [1] результати відносно параметрів аеростатної радіолокаційної станції (РЛС) щодо її дальності прямої видимості та площі зони огляду дозволяють провести оцінювання потрібної кількості аеростатних систем для покриття заданої місцевості (району бойових дій).

Кількість аеростатів  $N_{AC}$  з підвісною РЛС, як функція від висоти  $H_2$  піднімання аеростату, що забезпечать покриття площі заданої ділянки місцевості, запишемо у вигляді рівняння

$$N_{AC}(H_2) |_S = S_T / \{[S_{РЛС\ макс}(H_2) \times (1 - \gamma_S)]\}, \quad (1)$$

де  $S_T$  – тактична (задана) площа зони огляду;  $S_{РЛС\ макс}(H_2)$  – максимальна площа зони огляду одиничної аеростатної РЛС;  $\gamma_S$  – коефіцієнт перекриття площ зон огляду сусідніх аеростатних РЛС.

Заміна у формулі (1) параметра та індексу  $S$  на параметр та індекс  $D$  дозволить визначати кількість аеростатів  $N_{AC}$  для заданої дальності та рівня перекриття дальності прямої видимості РЛС одиничних аеростатних систем вздовж периметра (межі) ділянки місцевості.

Після відповідної заміни формула для розрахунку кількості аеростатів з перекриттям заданого периметра (межі) набуває вигляду

$$N_{AC}(H_2) |_D = D_T / \{[D_{РЛС\ макс}(H_2) \times (1 - \gamma_D)]\}, \quad (2)$$

де  $D_T$  – тактична (задана) дальність прямої видимості;  $D_{РЛС\ макс}(H_2)$  – максимальна дальність прямої видимості одиничної аеростатної РЛС;  $\gamma_D$  – коефіцієнт перекриття дальності прямої видимості сусідніх аеростатних РЛС.

Розрахунок мінімальної кількості аеростатів для перекриття границі заданої ділянки місцевості або покриття району бойових дій оснований на використанні

формул (2) та (1) відповідно.

Процес визначення необхідної кількості аеростатів є ітераційним. За кілька ітерацій знаходиться мінімальне значення  $N_{AC}$ , яке відповідає тактичним даним покриття заданої площі зони огляду або заданої дальності прямої видимості і прийнятого рівня перекриття щодо площі або дальності сусідніх (одиничних) аеростатних РЛС та необхідній висоті підняття аеростатів.

Коефіцієнт перекриття в формулах (1) і (2) потребує роз'яснення та уточнення. На рисунку наведено геометричне зображення умовних площ зони огляду (кола із переривистою межею) для трьох положень сусідніх аеростатних систем  $A_{N-1}$ ,  $A_N$ ,  $A_{N+1}$  (рис.1, а), умовних дальностей прямої видимості відповідно до тих же аеростатів на висоті висіння  $H_2$  (рис.1, б) та їх перекриття, якому відповідають коефіцієнти перекриття  $\gamma_1$  і  $\gamma_2$ .

Значення коефіцієнтів перекриття залежить від таких важливих факторів, як:

зменшення максимальної дальності за рахунок відсутності рефракції електромагнітної хвилі ( $4,12 : 3,57 = 1,154$  рази  $\approx 15\%$ );

можливі додаткові втрати при поширенні електромагнітних хвиль в складних метеоумовах (наприклад, сильний дощ на окремих ділянках траси);

забезпечення робастності (стійкості) всієї системи дозору на базі аеростатів;

вплив активних та пасивних завад;

необхідність створення в аеростатній системі дозору суцільного радіолокаційного перекриття заданої ділянки межі (периметру) місцевості або покриття району бойових дій та забезпечення безперервного супроводу цілей (спостереження за ціллю, що дозволяє визначати її поточні координати, державну приналежність та інші характеристики в будь-який момент часу на всьому маршруті її польоту).

Введений коефіцієнт перекриття має аналогію у радіолокації щодо вимірювання ширини діаграми спрямованості антени РЛС (рівень 0,5 або мінус 3дБ за потужністю) та у системі протиповітряної оборони [2]. Він також повинен забезпечувати достатню щільність радіолокаційного покриття з урахування перелічених факторів, і може бути застосований для аеростатної системи. До речі, коефіцієнту перекриття у 0,5 ( $\gamma_1$  на рис.1, б) відповідає збільшення вдвічі кількості необхідних аеростатів.

Звичайно, значення відносного рівня перекриття може бути як більше, так і менше 0,5. Вибір рівня диктується доцільністю його обмеження та вартістю аеростатної системи в цілому. Для оцінювання мінімальної кількості аеростатів у даній статті прийнято значення коефіцієнта перекриття, яке дорівнює 0,15 (тільки за рахунок відсутності рефракції електромагнітної хвилі).

Викладене вище дозволяє сформулювати практичну методику оцінювання кількості необхідних аеростатів для огляду місцевості (району бойових дій) або перекриття периметра (границі) з наступною послідовністю дій. Відповідно до заданої максимально допустимої (або робочої) висоти висіння аеростата  $H_2$  у таблиці 1 статті [1] знаходять відповідне значення максимальної дальності прямої видимості (площі зони огляду) для одиничної аеростатної РЛС. У разі відсутності

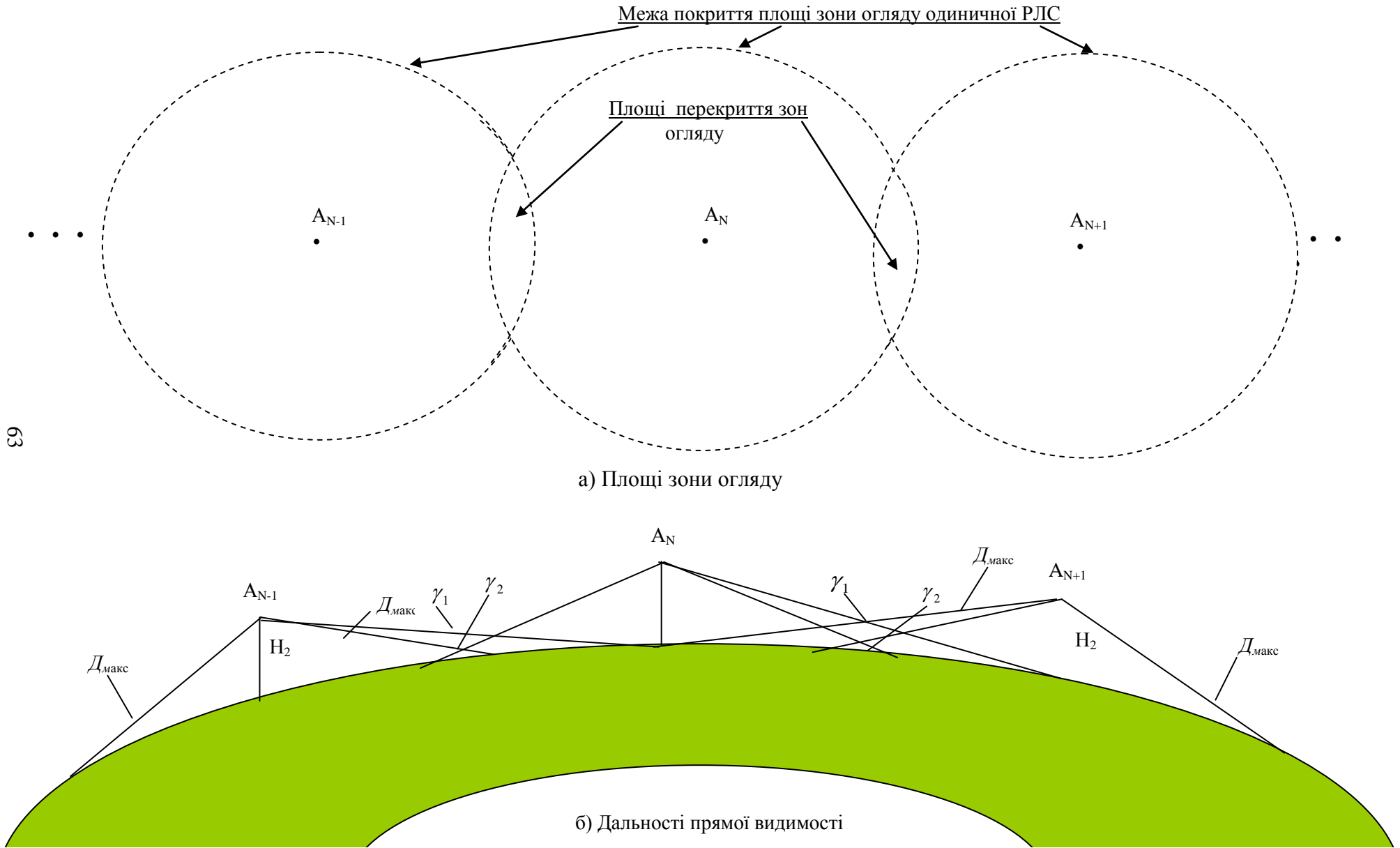


Рис.1. Умовне геометричне зображення площі зони огляду, дальності прямої видимості та їх перекриття

в таблиці 1 значення заданої висоти піднімання аеростата дальність прямої видимості розраховується за формулою

$$D_{\text{макс}} [\text{км}] \approx 4,12 \times \sqrt{H_2} [\text{м}], \quad (3)$$

а площа зони огляду – за виразом (4) статті [1], де  $D_{\text{РЛС макс}}(H_2)$  розрахована за формулою (3). Якщо одержані дані менше заданих значень прямої видимості (площі зони огляду), розрахунок мінімальної кількості необхідних аеростатів проводиться за відношеннями:

$$\begin{aligned} N_{AC/D} &= D_T / (D_{\text{РЛС макс}} \times 0,85), \\ N_{AC/S} &= S_T / (S_{\text{РЛС макс}} \times 0,85). \end{aligned} \quad (4)$$

Відзначимо, що коефіцієнт перекриття у знаменнику відношень (4) може змінюватися від 0,85 до 0,5 і менше відповідно до вищезазначених факторів, числове значення яких необхідно включати до вихідних даних практичної методики розрахунку кількості аеростатів.

Припущення відносно виразу для площі зони огляду, наведені в статті [1], дозволяють стверджувати, що кількість аеростатів для заданих  $S_T$  або  $D_T$ , за певних умов, може бути однаковою. Для перевірки цього твердження підставимо в праві частини формул (1) і (2) замість  $S_{\text{РЛС макс}}$  та  $D_{\text{РЛС макс}}$  їх вирази. За умов рівності коефіцієнтів перекриття ( $\gamma_S = \gamma_D = \gamma$ ), постійності коефіцієнта тропосферної рефракції ( $\eta$  - constant) та піднімання аеростатів на однакову висоту  $H_2$  праві частини формул дорівнюють

$$\begin{aligned} \frac{\eta \times \sqrt{H_2}}{\eta \times \sqrt{H_2} \times (1-\gamma)} &= \frac{1}{(1-\gamma)}; \\ \frac{\pi \times [(\eta \times \sqrt{H_2})^2 - H_2^2]}{\pi \times [(\eta \times \sqrt{H_2})^2 - H_2^2] \times (1-\gamma)} &= \frac{1}{(1-\gamma)}. \end{aligned} \quad (5)$$

Тобто, у загальному вигляді за вищезазначених умов відповідно до (5), праві частини формул (1) і (2) рівні. Це свідчить про те, що кількість потрібних аеростатів для перекриття дальності прямої видимості або площі зони огляду однакова. Такий висновок логічний тому, що площа зони огляду і дальність пов'язані між собою через однакову висоту піднімання аеростата.

При практичній реалізації дальності прямої видимості (площі зони огляду) аеростатної РЛС необхідно враховувати, що вона в формулі (3) відповідає геометричному (оптичному) уявленню поширювання електромагнітних хвиль. Для досягнення цієї дальності аеростатна РЛС повинна задовольняти рівнянню радіолокації наведеному, наприклад в [3]

$$R_{\text{макс}} = \left[ \frac{P_t \times G^2 \times \sigma \times \lambda^2}{(4\pi)^3 \times P_r \times (S/N)} \right]^{\frac{1}{4}}, \quad (6)$$

де  $R_{\text{макс}}$  – максимальна дальність радіолокаційного виявлення (максимальна дальність прямої видимості);  $P_t$  – потужність сигналу, який випромінюється антеною;  $G$  – коефіцієнт підсилення антени;  $\sigma$  – ефективна площа розсіяння (ЕПР) цілі;  $\lambda$  – довжина електромагнітної хвилі;  $P_r$  – чутливість приймальної системи;  $(S/N)$  – відношення сигнал/шум.

Відповідно до рівняння (6) енергетичний потенціал аеростатної РЛС має забезпечувати супроводження різних типів цілей (наземних, повітряних і надводних) із заданою ефективною площею розсіяння, імовірністю хибної «тривоги» та правильного виявлення, параметрами антени і передавача, характеристиками приймача і процесора оптимального оброблення зондуючих сигналів (узгодженою фільтрацією).

Вищезазначені параметри, що характеризують енергетичний потенціал аеростатної РЛС, необхідно враховувати при формулюванні тактико-технічних вимог до аеростатної системи.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Волинець В.Л., Мамонова Н.Л. Щодо розрахунку зон спостереження аеростатною системою з підвісною радіолокаційною станцією. – К: ДНДІА. – 2016. Збірник наукових праць, вип. 12(19).
2. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Горопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пащенко та ін. – К.: МО України, Х.: ХВУ, 2003. – 368с.
3. Справочник по радиолокации / Под ред. М. Скольника. – Том 1. Основы радиолокации / Под ред. Я.С. Иццоки. – М.: Сов. радио, 1976. – 456с.

*Надійшла до редакції 30.10.2016*

*Рецензент: СНС Самойленко О.В.*