

УДК 629.7.058.54

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

МАМОНОВА Н.Л., науковий співробітник

ЩОДО РОЗРАХУНКУ ЗОН СПОСТЕРЕЖЕННЯ АЕРОСТАТНОЮ СИСТЕМОЮ З ПІДВІСНОЮ РАДІОЛОКАЦІЙНОЮ СТАНЦІЄЮ

Представлено результати аналізу залежності максимальної дальності прямої видимості та площі зони огляду РЛС від висоти піднімання аеростата. Введено поняття відносного коефіцієнта збільшення параметрів РЛС та наведено результати його розрахунків, які дозволяють проводити порівняльний аналіз прив'язних аеростатних систем за цими параметрами

Ключові слова: аеростатна система, радіолокаційна станція, дальність прямої видимості, площа зони огляду, відносний коефіцієнт збільшення параметра

Створення системи спостереження з використанням прив'язних аеростатів та підвісною радіолокаційною станцією (РЛС) вздовж державного кордону і (або) окремих важливих (в тому числі бойових) зон є актуальною проблемою для України. Вирішення цієї проблеми у зарубіжних країнах відображено у багатьох працях, наприклад в [1...3]. Основними параметрами такої системи вважається максимальна дальність прямої видимості та площа зони огляду РЛС.

Із урахуванням кривини земної поверхні в умовах тропосферної рефракції і еквівалентного радіусу Землі максимальна дальність прямої видимості $D_{\text{макс}}$ РЛС становить [4]

$$D_{\text{макс}} [\text{км}] \approx \eta \left(\sqrt{H_1 [\text{м}]} + \sqrt{H_2 [\text{м}]} \right), \quad (1)$$

де η - коефіцієнт тропосферної рефракції, який в умовах нормальної тропосферної рефракції і відсутності рефракції змінюється від 4,12 до 3,57;

H_1, H_2 – висота цілі та встановлення антени РЛС відповідно.

На максимальній дальності прямої видимості кут спостереження цілі близький до нуля, що відповідає ковзному опроміненню земної поверхні. Виявлення маловисотних, наземних та надводних цілей в цих умовах відбувається на горизонті і тому припустимо вважати, що H_1 приблизно дорівнює нулю.

У випадку аеростатної системи з підвісною РЛС висота H_2 у формулі (1) становить висоту піднімання аеростата, яка визначає дальність прямої видимості і площу зони огляду РЛС.

Площа зони огляду РЛС з висоти піднімання аеростата H_2 зображає площу основи круглого прямого конусу з твірною, яка відповідає максимальній дальності

прямої видимості $D_{\text{макс}}$. Відповідно до теореми Піфагора для прямокутного трикутника квадрат радіусу основи конусу R дорівнює

$$R^2 = D_{\text{макс}}^2 - H_2^2 = (D_{\text{макс}} + H_2) \times (D_{\text{макс}} - H_2). \quad (2)$$

Відомо, що площа кола становить

$$S = \pi R^2. \quad (3)$$

Підстановка виразу (2) у формулу (3) дає рівняння для обчислення площі зони огляду $S_{\text{РЛС}}$ із заданої висоти піднімання аеростата

$$S_{\text{РЛС}} = \pi (D_{\text{макс}} + H_2) \times (D_{\text{макс}} - H_2). \quad (4)$$

Відповідно до формул (1) і (4) на рисунку 1 наведено графіки, які відображають залежність максимальної дальності прямої видимості та площі зони огляду в умовах нормальної рефракції ($\eta = 4.12$) від висоти піднімання аеростата в діапазоні дискретних значень від 10 до 1000 м.

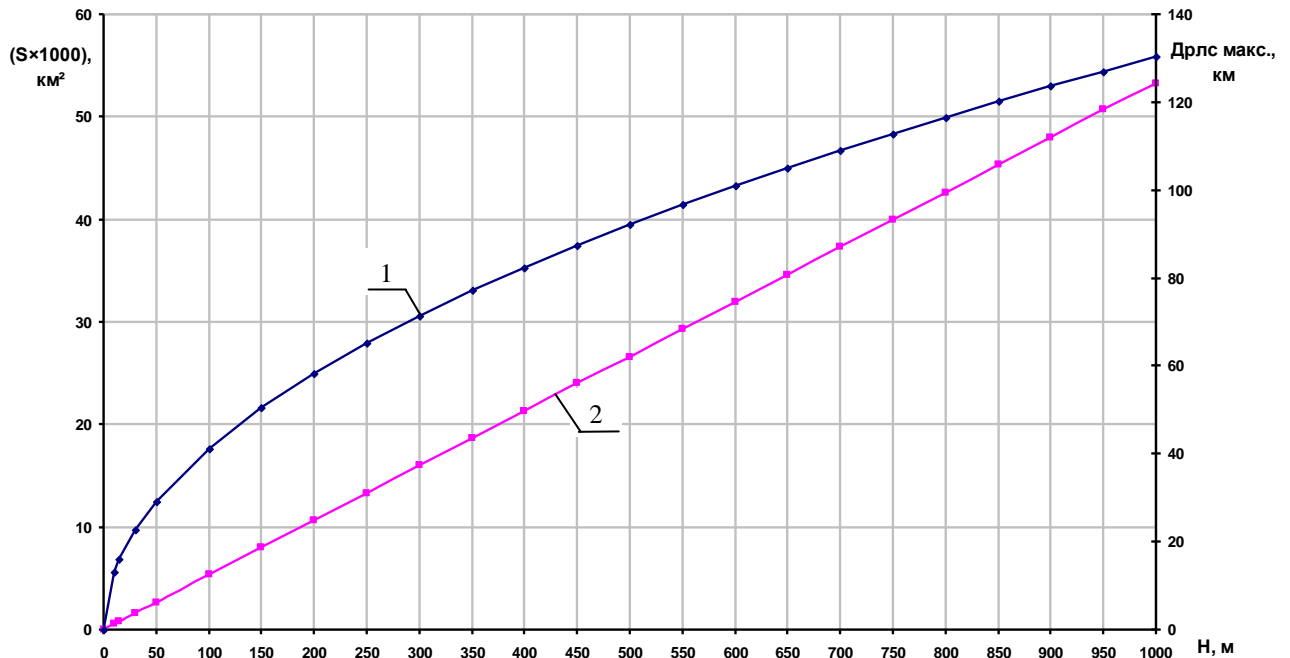


Рис. 1. Залежність максимальної дальності прямої видимості (1) та площі зони огляду (2) в умовах нормальної рефракції від висоти піднімання аеростата

Характер функціональних залежностей на рис. 1 відображено у масштабі, що не дозволяє використовувати їх для проведення числових розрахунків з належною точністю. Тому, при подальших розрахунках і аналізі результатів доцільно користуватися числовими значеннями параметрів аеростатної РЛС, які наведено в таблиці 1 для найбільш поширеного діапазону висот застосування прив'язних аеростатів.

Аеростатична РЛС, відповідно до таблиці 1, має суттєві переваги щодо збільшення дальності прямої видимості та площі зони огляду над наземною РЛС з типовою висотою піднімання антени за допомогою спеціального пристрою до 30 м.

Для порівняльного аналізу переваг аеростатних РЛС введено відносний коефіцієнт збільшення відповідного параметра РЛС.

Відносний коефіцієнт збільшення дальності прямої видимості аеростатної РЛС k_D формулюється як відношення

$$k_D = D_{\text{макс.аеростат.РЛС}} / D_{\text{макс. наземн.РЛС}}, \quad (5)$$

де $D_{\text{макс.аеростат.РЛС}}$ - максимальна дальність прямої видимості аеростатної РЛС з заданої висоти піднімання; $D_{\text{макс. наземн.РЛС}}$ - дальність прямої видимості наземної РЛС з висоти піднімання її антени.

Аналогічно формулюється і вираз для відносного коефіцієнта збільшення площі зони огляду k_S аеростатної РЛС як відношення

$$k_S = S_{\text{макс. аеростат.РЛС}} / S_{\text{макс. наземн. РЛС}}, \quad (6)$$

де $S_{\text{макс.аеростат.РЛС}}$ - максимальна площа зони огляду аеростатної РЛС на заданій висоті піднімання; $S_{\text{макс. наземн.РЛС}}$ - максимальна площа зони огляду наземної РЛС на висоті піднімання її антени.

Таблиця 1

Числове значення параметрів РЛС в залежності від висоти піднімання аеростата

Висота піднімання антени РЛС, м	Числове значення параметра аеростатної РЛС	
	максимальна дальність прямої видимості, км	площа зони огляду ($\times 1000$), км ²
1	2	3
10	13,0	0,53
15	16,0	0,80
30	22,6	1,60
50	29,1	2,66
100	41,2	5,33
150	50,5	8,0
200	58,3	10,7
250	65,1	13,3
300	71,4	16,0
350	77,1	18,7
400	82,4	21,3
450	87,4	24,0
500	92,1	26,6
550	96,6	29,3
600	100,9	32,0
650	105,0	34,6
700	109,0	37,3
750	112,8	40,0
800	116,5	42,6
850	120,1	45,3

1	2	3
900	123,6	48,0
950	127,0	50,7
1000	130,3	53,3
2000	184,3	106,7
3000	225,7	160,0
4000	260,6	206,8

У таблиці 2 наведено числові значення відносних коефіцієнтів збільшення максимальної дальності прямої видимості аеростатної РЛС та її площі зони огляду в діапазоні дискретних значень висот піднімання аеростату від 15 до 4000 м для двох типових значень висоти піднімання антени наземної РЛС 15 м і 30 м.

Дані для порівняння аеростатної РЛС, щодо збільшення дальності прямої видимості та площі зони огляду для визначених висот піднімання антени наземної РЛС, відповідають значенням таблиці 1 і становлять: для дальності прямої видимості – 16 км і 22,6 км, а для площі зони огляду – 0,8 км² і 1,6 км².

Таблиця 2

Числове значення відносних коефіцієнтів збільшення дальності та площі зони огляду аеростатної РЛС

Висота піднімання аеростатної РЛС, м	Відносний коефіцієнт збільшення показників аеростатної РЛС для параметрів			
	максимальна дальність прямої видимості (k_D)		площа зони огляду (k_S)	
	$D_{\text{назем.РЛС}}=16$ км	$D_{\text{назем.РЛС}}=22,6$ км	$S_{\text{назем.РЛС}}=0,8$ км ²	$S_{\text{назем.РЛС}}=1,6$ км ²
1	2	3	4	5
15	1	-	1	-
30	1,4	1	2,0	1
50	1,82	1,29	3,33	1,66
100	2,58	1,83	6,66	3,33
150	3,16	2,23	10,0	5,0
200	3,64	2,58	13,38	6,69
250	4,07	2,88	16,63	8,31
300	4,46	3,16	20,0	10,0
350	4,82	3,41	23,38	11,69
400	5,15	3,65	26,63	13,31
450	5,46	3,87	30,0	15,0
500	5,76	4,08	33,25	16,63
550	6,04	4,27	36,63	18,31

1	2	3	4	5
600	6,31	4,46	40,0	20,0
650	6,56	4,65	43,25	21,63
700	6,81	4,82	46,63	23,31
750	7,05	4,99	50,0	25,0
800	7,28	5,15	53,25	26,63
850	7,51	5,31	56,63	28,31
900	7,73	5,47	60,0	30,0
950	7,94	5,62	63,38	31,69
1000	8,14	5,77	66,63	33,31
2000	11,52	8,15	133,5	66,69
3000	14,11	9,99	200,0	100,0
4000	16,29	11,53	258,5	129,25

Суттєвою перевагою підвісної аеростатної РЛС, яку піднято, наприклад, на висоту 1000 (3000) м, є те, що вона, відповідно до таблиці 1 і таблиці 2 забезпечує виявлення цілей майже у 6 (10) разів далі та охоплює у більше ніж 30 (100) разів більшу площу зони огляду у порівнянні із наземною РЛС, антена якої встановлена на висоті 30 м.

Формули (5) і (6) та дані таблиці 1 дозволяють проводити оцінку коефіцієнта збільшення параметрів аеростатної РЛС відносно будь-яких наперед заданих значень $D_{\text{макс.аеростат.РЛС}}$, $D_{\text{макс.наземн.РЛС}}$ та $S_{\text{макс.аеростат.РЛС}}$, $S_{\text{макс.наземн.РЛС}}$.

Використовуючи відношення (5) і (6) та дані таблиці 1, можна проводити оцінювання коефіцієнтів збільшення дальності прямої видимості і площі зони огляду аеростатної РЛС при переміщенні її з висоти $H_{2(1)}$ до висоти $H_{2(2)}$. У цьому випадку індекси при параметрах D і S , що входять до формул (5) та (6), замінюються на індекси «макс. аеростат. РЛС 2» у чисельнику та «макс. аеростат. РЛС 1» у знаменнику відповідних відношень.

Представлені в статті матеріали можуть бути використані для обґрунтування тактико-технічних вимог до прив'язної аеростатичної системи для потреб Збройних Сил України.

ЛІТЕРАТУРА

1. IHS Jane's All the Worlds Aircraft: Unmanned 2012 – 2013. – 358 p.
2. Зарубежное военное обозрение. – 2013. – № 9. – С.85.
3. Зарубежное военное обозрение. – 2015. – № 6. – С.61 – 64.
4. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пащенко та ін. – К.: МО України, Х.: ХВУ, 2003. – 368с.