

УДК 629.7.015.4:623.742:330.131.5

Д. М. БЕЛЯЄВ,

науковий співробітник,

О. О. РАССТРИГІН, доктор технічних наук,
старший науковий співробітник, головний науковий співробітник,**П. І. КІСЕЛЬ,** кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник,**Р. П. СЕМЕНЮК,** науковий співробітник

(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

Оцінка техніко-економічної ефективності перспективного мобільного аеростатного радіолокаційного комплексу виявлення маловисотних цілей

Наведено оцінку техніко-економічної доцільності (ефективності) мобільного аеростатного радіолокаційного комплексу (МАРК) виявлення маловисотних цілей. Проведено вибір показника та розрахунки економічного ефекту створення та експлуатації МАРК у порівнянні з існуючими радіотехнічними засобами, що знаходяться на озброєнні Збройних Сил України.

Приведена оценка технико-экономической целесообразности (эффективности) мобильного аэростатного радиолокационного комплекса (МАРК) обнаружения маловысотных целей. Проведен выбор показателя и расчеты экономического эффекта при создании и эксплуатации МАРК в сравнении с существующими радиотехническими средствами, состоящими на вооружении Вооруженных Сил Украины.

Важливою проблемою при організації високоефективної системи протиповітряної оборони та здійсненні контролю за використанням повітряного простору є створення і підтримка суцільного радіолокаційного поля на малих і гранично малих висотах у приграничних та особливо важливих районах України.

Відомо, що існуючі наземні радіотехнічні засоби радіолокаційної розвідки не забезпечують вирішення означеної задачі [1, 2]. Тому останніми роками інтенсивно досліджуються прив'язні аеростатні радіолокаційні комплекси, що мають ряд переваг над наземними системами й засобами [1, 2]: вищу оперативність розгортання, можливість ведення розвідки з більшого віддалення від лінії зіткнення військ. Можна вважати, що тактико-технічні вимоги до МАРК обґрунтовані, а технічні рішення їх досягнення достатньо досліджені [2–4]. Відсутність обґрунтованої оцінки техніко-економічної ефективності МАРК стримує прийняття рішення щодо їх створення і обумовлює мету цієї статті.

Взагалі, показник економічної ефективності E розраховується за відношенням [3]

$$E = \frac{W}{C}, \quad (1)$$

де W , C – показники ефекту та витрат відповідно.

Величина W може подаватися у вартісній або натурально-речовинній формах. В останньому випадку істотно обмежуються можливості порівняння на основі показника E різних видів діяльності (ефекту), що не притаманне випадку вартісного виразу W .

При визначенні ефекту й витрат з метою розрахунку економічної ефективності необхідно обов'язково враховувати фактор часу. Це викликано тим, що як витрати, так і ефект у загальному випадку розподілені в часі, і справедливе положення, що однакові витрати, зроблені будь-яким суб'єктом у різний час, не є для нього еквівалентними. Слід зазначити, що в сучасній економічній теорії існує безліч поглядів на те, як ураховувати фактор часу [4].

При порівнянні економічної ефективності необхідно забезпечити вирівнювання варіантів по всіх інших показниках, що не враховані в складі показників W і C . Неоднозначністю розрахунків W і C пояснюється велика кількість застосовуваних показників і критеріїв оцінювання економічної ефективності.

У найзагальнішому виді завдання вибору ефективного варіанта може бути сформульоване такими двома способами [5]:

а) як завдання розподілу ресурсів:

$$\begin{cases} W(x) \Rightarrow \max_x \\ C(x) = C \\ g(x) = 0 \end{cases}; \quad (2)$$

б) як завдання мінімізації витрат

$$\begin{cases} C(x) \Rightarrow \min_x \\ W(x) = W \\ g(x) = 0 \end{cases}, \quad (3)$$

де X – вектор, що характеризує різні варіанти; $g(x)$ – обмеження, що визначають можливі варіанти.

Спираючись на специфіку озброєння та військової техніки (ОВТ) щодо обмеженості сфери застосування поняття абсолютного економічного ефекту, під останнім (економічним ефектом) будемо надалі розуміти відносний (порівняльний) економічний ефект, що являє собою різницю у витратах на досягнення однієї й тієї ж мети різними способами.

Сформулюємо вимоги до показника цільового ефекту, використовуючи загальні вимоги, що застосовуються до показників у системному аналізі [7].

Відповідно до цих вимог показник цільового ефекту повинен:

- відповідати цільовому призначенню системи;
- об'єктивно відображати ступінь відповідності операції своєму цільовому призначенню й досить повно характеризувати її як єдиний цілеспрямований процес;
- відповідати рівню оцінювання цільового ефекту;
- відображати як найбільше складових цільового ефекту;

- містити досить повну інформацію про ступінь досягнення мети виконуваної операції й залежності значень показників від факторів, що впливають (параметрів зразка ОВТ, способів його бойового застосування, природних факторів і факторів активної протидії супротивника, характеристик систем, що забезпечують застосування виробу за призначенням);

- ураховувати стохастичність умов функціонування системи;

- бути чутливим до керуючих та визначаючих їх значення факторів;

- бути наочним, обчислюваним і мати фізичний зміст.

Показник економічної ефективності нових зразків ОВТ являє собою співвідношення між витратами на виробництво й впровадження нових зразків і отриманими результатами. Видається доцільним надалі трактувати економічний ефект як виграш від проведення якого-небудь заходу.

Для реалізації принципу мінімуму витрат необхідно привести представницькі варіанти в порівняльний вид за рядом ознак, найважливішими з яких є [7]:

- тактико-технічні параметри;

- зовнішні умови;

- значення й склад ефекту;

- час одержання ефекту й розподіл витрат у часі.

Приведення представницьких варіантів у порівняльний вид може бути виконано двома способами: на рівні одиничних зразків ОВТ або на рівні їх угруповань [8].

Перший спосіб заснований на допущенні, що для варіанта з меншим цільовим ефектом W_1 може бути

знайдене практично допустиме доповнення ΔW , що підвищить його ефект до рівня другого варіанта W_2 :

$$W_1 + \Delta W = W_2, \quad (4)$$

і приведення варіантів у порівняльний вид зводиться до відшукування такого доповнення.

Другий спосіб полягає в тому, що порівняння за цільовим ефектом проводиться на більш високому рівні ієрархії ефекту, тобто на рівні угруповань зразків ОВТ:

$$W_{УГР1} = W_{УГР2}. \quad (5)$$

Перше угруповання складається з N_1 зразків першого виду і друге угруповання – з N_2 зразків другого виду. Коефіцієнт $K_3 = N_1/N_2$ показує, скільки зразків першого виду (у першому угрупованні) замінюють один зразок другого виду (у другому угрупованні).

Спираючись на сформульовані вище положення, будемо вважати, що за показник витрат можуть вибиратися «річні витрати на виробництво зразків B_1, B_2 ». Тоді як показник економічної ефективності одного варіанта порівняно з іншим варто вибрати показник річного економічного ефекту E^P :

$$E^P = N_1 B_1 - N_2 B_2. \quad (6)$$

Якщо $E^P > 0$, то другий варіант характеризується відносно меншою ефективністю в порівнянні з першим, а якщо $E^P < 0$, то навпаки.

Зміст величини E^P полягає в тому, що вона являє собою наведену річну економію засобів від реалізації другого варіанта замість першого.

У випадку, якщо показник цільового ефекту адитивний, рішення про економічну доцільність варіантів можна прийняти на основі аналізу показників [8]

$$E_1^P = \left(B_1 - \frac{N_2}{N_1} B_2 \right); \quad (7)$$

Економічний ефект у виробника має разовий характер (тому що в нього ефект обумовлений різницею витрат на виготовлення зразків і цін, за якими вони реалізуються замовнику чи споживачу). Отже,

$$E_2^P = \left(B_1 \frac{N_1}{N_2} - B_2 \right). \quad (8)$$

де B_{m1}, B_{m2} – наведені річні витрати на виробництво одного зразка ОВТ першого й другого видів; C_1, C_2 – ціни, за якими ці зразки реалізуються.

Економічний ефект у споживача обумовлений, по-перше, різницею цін на ці зразки, що має разовий характер, а по-друге, різницею експлуатаційних витрат, що мають розподілений у часі характер, тобто наявні щорічно протягом періоду експлуатації T_e . Його можна визначити за формулою [9]

$$E_C = N_2 \left(\frac{N_1}{N_2} B_{n1} - B_{n2} \right) + (N_1 C_1 - N_2 C_2), \quad (9)$$

де C_{e1}, C_{e2} – річні експлуатаційні витрати на зразки без врахування вартості витрат ресурсу; q – коефіцієнт приведення різних за часом витрат; T_e – тривалість періоду експлуатації.

В умовах ринкової економіки величину коефіцієнта приведення вибирають з урахуванням впливу трьох основних факторів: ризику, інфляції й заданої норми прибутку на інвестований капітал [10]:

$$E_{II} = N_2 \sum_{I=1}^{T_e} \left[\left(C_{e1} \frac{N_I}{N_2} - C_{e2} \right) (I+q)^{-I} \right] + (N_2 C_{I2} - N_I C_{I1}), \quad (10)$$

де q_1 – коефіцієнт, що враховує вплив приведення фактора ризику; q_2 – коефіцієнт, що враховує вплив приведення фактора інфляції; q_3 – задана норма прибутку на інвестований капітал.

Таким чином, загальний економічний ефект E з урахуванням вищезазначеного може бути визначений за таким виразом:

$$q = (1+q_1)(1+q_2)(1+q_3), \quad (11)$$

Показник E за змістом є інтегральним, тому що враховує економічний ефект за весь період експлуатації. Від нього зручно перейти до показника річного економічного ефекту E^p , який пов’язаний з E таким співвідношенням:

$$E^p = N_2 \left(\frac{N_I}{N_2} B_{n1} - B_{n2} \right) + N_2 \left(C_{e1} \frac{N_I}{N_2} - C_{e2} \right) \frac{(I+q)^{T_e}}{q(I+q)}. \quad (12)$$

тоді

$$E^p = \frac{Eq(I+q)^{T_e}}{(I+q)^{T_e} - I}, \quad (13)$$

і після перетворення отримуємо остаточний вираз

$$E^p = \frac{q(I+q)^{T_e}}{(I+q)^{T_e} - I} \left(\frac{N_I}{N_2} B_{n1} - B_{n2} \right) N_2 + \left(C_{e1} \frac{N_I}{N_2} - C_{e2} \right) N_2, \quad (14)$$

Беручи до уваги весь процес ціноутворення, коли ціна постійно контролюється замовником, можна величину E^p записати у вигляді

$$E^p = N_2 \left[\left(\frac{q}{(I+q)^{T_e} - I} + q \right) \left(\frac{N_I}{N_2} B_{n1} - B_{n2} \right) + \left(C_{e1} \frac{N_I}{N_2} - C_{e2} \right) \right]. \quad (15)$$

Різниця величин у круглих дужках (16) являє собою наведені річні витрати на зразки. Таким чином,

$$E^p = N_2 \left[\frac{N_I}{N_2} \left(q \dots + \frac{q \dots}{(I+q)^{T_e} - I} + C_{e1} \right) - \left(q \dots + \frac{q \dots}{(I+q)^{T_e} - I} + C_{e2} \right) \right]. \quad (16)$$

Розглянемо приклад використання наведеного методичного апарату.

Відомо, що Україна має значну довжину сухопутного та морського кордону. Для забезпечення контролю польотів повітряних об’єктів, що перетинають державний кордон України, для запобігання конфліктним ситуаціям у повітрі та контролю за дотриманням встановленого режиму використання прикордонної зони необхідно створювати суцільне радіолокаційне поле уздовж усього кордону України з мінімальною нижньою межею як у мірний час, так і у загрозовий період.

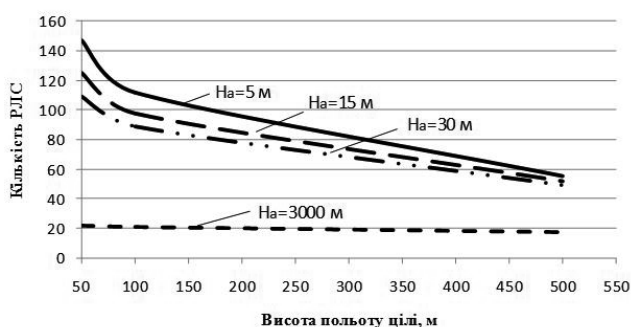


Рис. 1. Необхідна кількість РЛС (МАРК) для створення суцільного РЛС вздовж сухопутного державного кордону України

Вирозрахункова потрібна кількість РЛС та МАРК для прикриття кордону України, у залежності від висот польоту цілі та підйому антени РЛС наведена в табл. 1 та рис. 1 (у дужках показані максимальні дальності дії РЛС МАРК).

У подальшому необхідно розглянути експлуатаційні річні витрати споживача на зразок, що включають такі статті витрат [11]:

- послуги промисловості з модернізації, доробок, технічного обслуговування, ремонту й т. ін.;
- поповнення агрегатів і ЗІП, витрачених на поточний ремонт;
- витрати на оплату електроенергії;
- витрати на оплату пально-мастильних матеріалів, спецпалива й т. п.;
- витрати на капітальний ремонт;

Таблиця 1. Потрібна кількість РЛС (МАРК) для прикриття кордону України

H _ц , м	h _а , м			
	5	15	30	3000 (МАРК)
50	147 (38 км)	125 (45 км)	109 (52 км)	22 (255 км)
100	112 (50 км)	98 (57 км)	89 (64 км)	21 (267 км)
500	55 (101 км)	52 (108 км)	49 (115 км)	17 (317 км)

Таблиця 2. Витрати на утримання радіолокаційного взводу (рлв) та перспективного МАРК (у відносних одиницях)

Стаття витрат	Статті витрат	
	рлв	МАРК
Утримання особового складу, що обслуговує зразок і застосовує його за призначенням	0,69	0,69
Утримання і амортизація будинків, споруд на бойовій позиції зразка	0,03	0,03
Витрати на пально-мастильні матеріали	0,06	0,07
Витрати на електроенергію	0,17	0,17
Поповнення агрегатів і ЗІП, витрачених на поточний ремонт	0,05	0,06
Загальна сума витрат	1	1,02

Таблиця 3. Значення коефіцієнта K_3 при різних h_a і H_y

H_y , м	h_a , м			
	5	15	30	3000 (МАРК)
50	6,68	5,68	4,95	1
100	5,3	4,67	4,24	1
500	3,24	3,06	2,89	1

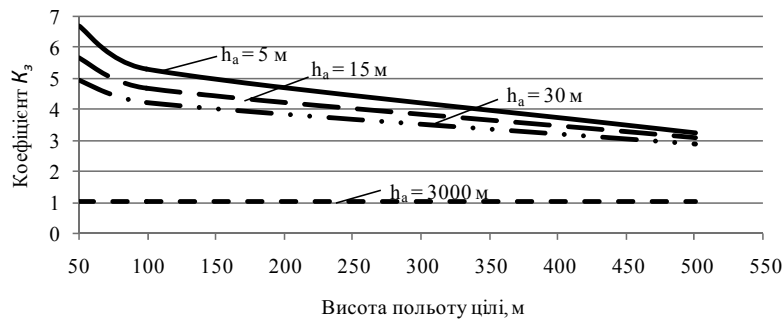


Рис. 2. Значення коефіцієнта K_3 при різних h_a і H_y

Таблиця 4. Значення показника річного економічного ефекту E^p МАРК виявлення МВЦ (у відносних величинах)

H_y , м	h_a , м		
	5	15	30
50	1,0	0,823	0,694
100	0,722	0,616	0,543
500	0,304	0,279	0,256

утримання і амортизація будинків, споруд на бойовій позиції зразка ОВТ;

утримання особового складу, що обслуговує зразок і застосовує його за призначенням.

Для прикладу в табл. 2 наведені витрати за статтями утримання радіолокаційного взводу або перспективного МАРК. При їх формуванні допущено ряд положень (обмежень):

послуги розробника (виробника) з модернізації, доробок, технічного обслуговування, ремонту ОВТ не розглядаються;

капітальний ремонт зразків ОВТ на даному етапі не проводиться;

утримання обслуговуючого персоналу та утримання і амортизація будинків, споруд на бойовій позиції зразка однакові.

Надалі розрахуємо коефіцієнт K_3 , який показує, скільки радіолокаційних взводів замінюють один

перспективний МАРК виявлення МВЦ. Результати розрахунків для різних висот підйому антени РЛС та висот польоту цілі наведені в табл. 2 та 3.

У результаті аналізу даних, що наведені у табл. 4 отримано, що експлуатація 22 МАРК виявлення МВЦ створить річну економію в абсолютних величинах більше одного мільярду гривень, на відміну від експлуатації звичайних 147 РЛС штатних радіолокаційних взводів.

Висновки:

1. Розроблений науково-методичний апарат забезпечує обґрунтоване оцінювання економічної доцільності створення мобільних аеростатних радіолокаційних комплексів для виявлення маловисотних цілей.
2. За результатами проведених досліджень постачання для ЗС України мобільних аеростатних радіолокаційних комплексів для виявлення маловисотних цілей надасть значну економію в порівнянні з відповідними

показниками навіть для одного радіолокаційного взводу, оснащеного звичайними РЛС, що зараз знаходяться на озброєнні ЗС України.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Беляєв Д. М., Расстригін О. О., Кісель П. І., Семенюк Р. П. Аналіз світового досвіду застосування військових аеростатних літальних апаратів та перспективи їх використання в Збройних Силах України // Озброєння та військова техніка. 2015. № 3 (7). С. 67–72.
2. Беляєв Д. М., Расстригін О. О., Кісель П. І., Семенюк Р. П. Актуальність та перспективи застосування прив'язних аеростатів як носіїв радіолокаційних станцій виявлення маловисотних цілей // Збірник наук. праць / ЦНДІ ОВТ ЗС України. 2015. № 2 (57). С. 52–60.
3. Жуков Г. П., Викулов С. Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций. М. : Воениздат, 1987. 440 с.
4. Пересада А. А. Основы инвестиционной деятельности. К. : Либра ООО, 1996.
5. Типовая методика определения эффективности капитальных вложений. М. : Наука, 1990. 22 с.
6. Демидов Б. А. Теория и методы военно-научных исследований вооружения и военной техники. Харьков : ВИРТА, 1990. 558 с.
7. Василенко В. П., Лазарев А. А., Осипенко С. Н. Военно-экономический анализ, научно-техническое сопровождение разработки, производства и испытаний вооружения ПВО. Харьков : ВИРТА, 1992. 372 с.
8. Бейлин М. В. Разработка методического подхода к сравнительному анализу вооружения и военной техники. // Сборник научных трудов ХГПУ. Вып. 19. Ч. 3. Харьков : ХГПУ, 1998. С. 99–103.
9. Лазарев А. А., Бейлин М. В. Выбор показателя затрат для анализа сравнительной экономической эффективности техники конечного потребления // Сборник науч. трудов ХГПУ. Вып. 74. Харьков : ХГПУ, 1999. С. 27–29.
10. Леонтьев В. В. Межотраслевая экономика : пер. с англ. М. : ОАО Экономика, 1997. 479 с.
11. Бейлин М. В. Вопросы военно-экономического анализа вооружения и военной техники // Сборник науч. трудов ХГПУ. Вып. 6. В 4-х ч. Ч. 4. Харьков : ХГПУ, 1998. С. 311–315.

Рецензент В. В. Зубарев, д-р техн. наук, проф.
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)