

УДК 537.876.4

О.В. Гуляк¹, Б.О. Дем'янчук¹, О.М. Сотніков²¹ Військова академія, Одеса² Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків**ВИБІР СПОСОБУ ЗБЕРЕЖЕННЯ ФУНКЦІЙ ПУНКТУ БОЙОВОГО УПРАВЛІННЯ**

Запропонована методика оцінки результатів техніко-економічного вибору способу збереження функцій пункту бойового управління під час дії сучасних способів його виявлення противником, що засновані на різних фізичних принципах. Вибір здійснюється за критерієм «ефективність-вартість».

Ключові слова: технічні засоби виявлення об'єктів, пасивні засоби зниження помітності об'єктів, критерій «ефективність-вартість» вибору варіанта збереження функцій.

Вступ

Збереження функцій пункту бойового управління (далі – пункту управління) є складним завданням. Захист інформації про координати дислокації і про напрям переміщення цього об'єкта в процесі його застосування за призначенням однозначно визначають збереження функцій, а саме, живучість в умовах перешкод [1–2].

Надія на вирішення проблеми живучості пункту управління, шляхом його своєчасного відновлення, у разі порушення його функцій, у умовах динамічної зміни ситуації, є сумнівною, тому що час його відновлення, що отримав навіть середні пошкодження, займатиме доби [3–4].

Саме з цієї причини принципово потрібне надійне збереження функцій управління в процесі його роботи [5–7].

Актуальність теми. Необхідність порівняння альтернатив і вибору способу збереження працездатності, в умовах дії виявників, що побудовані на різних фізичних принципах, спричиняють декілька факторів.

По-перше, якщо захист інформації про параметри випромінювання пункту управління від радіотехнічних засобів виявлення досить надійно можливо забезпечити керованою адаптивною зміною режимів випромінювання цього пункту, то зниження помітності пункту в інших діапазонах хвиль повинно бути заздалегідь створено і заздалегідь оцінено за (адекватними для відомих засобів виявлення) техніко-економічними показниками.

По-друге, засоби зарубіжного виробництва для зниження помітності об'єктів і збільшення скритості їх роботи, які відомі по публікаціях, навіть в цілях комерції не рекламуються. На практиці ці засоби застосовуються часто, в той же час за показником «ефективність-вартість» вимогам вони не завжди відповідають. Показовим прикладом є програми STEALTH, «перларам» та ін. способи зниження помітності об'єктів, що мають вартість мільярдів доларів.

По-третє, в останні два десятиліття (незважаючи на символічний інтерес з боку високих замовників) в окремих ВНЗ країни ведуться розробки, отримані, опубліковані і навіть запатентовані технології отримання комплектуючих для полімерних покриттів і виготовлення лабораторних зразків феритових матеріалів для зниження помітності техніки в радіолокаційному та ГЧ-діапазоні хвиль. Отримані результати (лабораторні зразки) за основними показниками якості не поступаються по ефективності захисту, технологічності застосування і надійності кращим зарубіжним зразкам [8–9]. Але маємо суттєве запізнювання: відомі засоби захисту широко застосовуються на практиці, а вітчизняні досліджуються на лабораторному столі.

Мета методики. Основною метою є техніко-економічне оцінювання альтернативних варіантів пасивного захисту (шляхом зниження помітності) деякого типового пункту управління від виявлення в різних частотних діапазонах електромагнітних хвиль, а також від його акустичного і теплового виявлення, шляхом застосування для захисту, наприклад, звуко- і тепло-ізолюючих кожухів для бортових шумів від двигунів і генераторів, що гріються та випромінюють хвилі ГЧ-діапазону і створюють інфразвукові хвилі, які іноді розповсюджуються на відстань десятків кілометрів.

Основний матеріал

Постановка завдання. *Номери альтернативних способів для створення пасивних засобів збереження функцій пункту управління, його захисту, від засобів виявлення позначимо римськими цифрами:*

0 – захист відсутній (нульовий варіант захисту ПБУ);

I – застосовується захист лише у виді зменшення радіолокаційної помітності;

II – застосовується захист (зменшення помітності) лише в ГЧ-діапазоні хвиль;

III – застосовується захист (зменшення помітності) лише в оптичному діапазоні;

IV – застосовується захист (послаблення випромінювання хвиль і акустичних хвиль) лише в тепловому і акустичному діапазоні;

V – застосовується захист одночасно в п'яти діапазонах хвиль (радіолокаційному; інфрачервоному; оптичному; тепловому і акустичному).

Позначення подій, що є очікуваними в типовій обстановці роботи пункту управління:

A – подія радіолокаційного виявлення і пошкодження пункту супротивником;

A_i – подія виявлення і пошкодження пункту на і-му інтервалі дальності від нього до радіолокатора-виявника;

B – подія (активного) виявлення в ІЧ-діапазоні та пошкодження;

B_j – подія (активного) виявлення пункту на j-му інтервалі дальності від нього до ІЧ-виявника і пошкодження пункту;

C – подія виявлення пункту в оптичному діапазоні та пошкодження його;

C_k – подія виявлення пункту в оптичному діапазоні та пошкодження його на k-му інтервалі дальності від пункту до наземного засобу пошкодження;

F – подія виявлення пункту за результатами теплового (пасивного) і акустичного виявника та пошкодження його;

F_m – подія виявлення за даними теплового (пасивного) і акустичного виявника та пошкодження його на m-му інтервалі дальності від пункту до засобів пошкодження його;

$\bar{A}; \bar{B}; \bar{C}; \bar{F}$ – події, що протилежні названам;

D – подія пошкодження пункту управління;

E – подія збереження функцій пункту.

Вважаємо, що заходи, які прийняті при створенні пункту, послабляють його помітність, тобто послабляють сигнал, відбитий від цього об'єкту, наприклад, на 19 дБ (у 81 раз), що сприяє зменшенню дальності виявлення пункту приблизно в ($\sqrt[3]{81} = 3$) рази.

Доцільно, у зв'язку з цим, розбити увесь інтервал виявлення пункту (і пошкодження його) на 3 підінтервала (нерівноцінних по ефективності для виявника, через можливість знищення його засобів виявлення на малих відстанях від пункту) і вважати, що середня вірогідність вражаючого успіху виявника на цих підінтервалах тим більше, чим менше номер підінтервалу, а самий менший номер підінтервалу відповідає найбільш віддаленому від пункту підінтервалу.

Для визначеності вважаємо, що вірогідність успішного пошкодження пункту (у разі його виявлення і його пошкодження) є відомою і дорівнює $P(D)=0,90$.

Оскільки підінтервали (для одного виду виявлення) однакові і начала кожного з них прибли-

зно відповідає третій частині максимальної ефективності успіху виявника, то доцільно вважати, що початок першого, другого і третього підінтервалів відповідають вірогідностям успіху виявника, що дорівнюють відповідно: 0,96; 0,64; 0,32, а їх *середні значення* відповідають вірогідностям: P_i, P_j, P_k, P_m , залежним від дальностей виявлення і пошкодження пункту управління. Ці вірогідності відмінні та, в умовах неможливості забезпечити великі дальності виявлення, за даними досвідних експертів, дорівнюють:

$$\begin{aligned} P_i &= 0,80; 0,48; 0,16; \\ P_j &= 0,70; 0,40; 0,10; \\ P_k &= 0,90; 0,60; 0,30; \\ P_m &= 0,65; 0,60; 0,40. \end{aligned} \quad (1)$$

Події щодо втрати або збереження функцій пункту, в умовах конкретних варіантів захисту, можуть бути представлені у виді:

$$\begin{aligned} \mathbf{0}: & \{[A + B + C + F] \cdot D\}; \\ \mathbf{I}: & \{[\bar{A} + B + C + F] \cdot D\}; \\ \mathbf{II}: & \{[A + \bar{B} + C + F] \cdot D\}; \\ \mathbf{III}: & \{[A + B + \bar{C} + F] \cdot D\}; \\ \mathbf{IV}: & \{[A + B + C + \bar{F}] \cdot D\}; \\ \mathbf{V}: & \{[\bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \bar{F}] \cdot D\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Тоді, згідно (2), враховуючи вірогідності (1), отримаємо, що вірогідності захисту пункту для кожного з альтернативних варіантів захисту (**0; I; II; III; IV; V**), згідно (1) і з урахуванням рівня вірогідності події $D, P(D) = 0,9$, дорівнюють наступним величинам:

$$\begin{aligned} \mathbf{0}: E_0 &= 1 - \{[1 - \Pi_1^3(1 - P_i)] + [1 - \Pi_1^3(1 - P_j)] + \\ &+ [1 - \Pi_1^3(1 - P_k)] + [1 - \Pi_1^3(1 - P_m)]\} \cdot P(D) / 4 = \\ &= 1 - \{0,822 + 0,754 + 0,875 + 0,824\} / 4 = 0,181; \\ \mathbf{I}: E_I &= 1 - \{[P_i = 0,32] + [1 - \Pi_1^3(1 - P_j)] + \\ &+ [1 - \Pi_1^3(1 - P_k)] + [1 - \Pi_1^3(1 - P_m)]\} \cdot P(D) / 4 = \\ &= 1 - \{0,48 \cdot 0,9 + 0,754 + 0,875 + 0,824\} / 4 = 0,279; \\ \mathbf{II}: E_{II} &= 1 - \{[1 - \Pi_1^3(1 - P_i)] + [P_j = 0,25] + \\ &+ [1 - \Pi_1^3(1 - P_k)] + [1 - \Pi_1^3(1 - P_m)]\} \cdot P(D) / 4 = \\ &= 1 - \{0,822 + 0,40 \cdot 0,9 + 0,875 + 0,824\} / 4 = 0,280; \\ \mathbf{III}: E_{III} &= 1 - \{[1 - \Pi_1^3(1 - P_i)] + [1 - \Pi_1^3(1 - P_j)] + \\ &+ [P_k = 0,02] + [1 - \Pi_1^3(1 - P_m)]\} \cdot P(D) / 4 = \\ &= 1 - \{0,822 + 0,754 + 0,6 \cdot 0,9 + 0,824\} / 4 = 0,265; \\ \mathbf{IV}: E_{IV} &= 1 - \{[1 - \Pi_1^3(1 - P_i)] + [1 - \Pi_1^3(1 - P_j)] + \\ &+ [1 - \Pi_1^3(1 - P_k)] + [P_m = 0,12]\} \cdot P(D) / 4 = \\ &= 1 - \{0,822 + 0,754 + 0,875 + 0,60 \cdot 0,9\} / 4 = 0,252; \\ \mathbf{V}: E_V &= 1 - \{[P_i = 0,32] + [P_j = 0,25] + \\ &+ [P_k = 0,2] + [P_m = 0,12]\} \cdot P(D) / 4 = \\ &= 1 - \{0,432 + 0,36 + 0,54 + 0,54\} / 4 = 0,532. \end{aligned}$$

Отже, з урахуванням (3), прирости корисного ефекту для кожної альтернативи захисту пункту управління дорівнюють:

$$\begin{aligned} \text{I: } \Delta E_I &= E_I - E_0 = 0,098; \\ \text{II: } \Delta E_{II} &= E_{II} - E_0 = 0,099; \\ \text{III: } \Delta E_{III} &= E_{III} - E_0 = 0,084; \\ \text{IV: } \Delta E_{IV} &= E_{IV} - E_0 = 0,071; \\ \text{V: } \Delta E_V &= E_V - E_0 = 0,351. \end{aligned} \quad (4)$$

Відносні прирости корисного ефекту залежать від номера альтернативи захисту пункту та, згідно (4), дорівнюють:

$$\begin{aligned} \text{I: } \Delta E_I / E_0 &= (E_I - E_0) / E_0 = 0,541; \\ \text{II: } \Delta E_{II} / E_0 &= (E_{II} - E_0) / E_0 = 0,546; \\ \text{III: } \Delta E_{III} / E_0 &= (E_{III} - E_0) / E_0 = 0,464; \\ \text{IV: } \Delta E_{IV} / E_0 &= (E_{IV} - E_0) / E_0 = 0,392; \\ \text{V: } \Delta E_V / E_0 &= (E_V - E_0) / E_0 = 1,939. \end{aligned} \quad (5)$$

Оцінимо витрати (як приклад) на серійну реалізацію кожного варіанту захисту пункту управління, вважаючи, що площа покриття цього об'єкту дорівнює 50 м². Наприклад, собівартості засобів захисту пункту управління дорівнюють: для протирадіолокаційного покриття площею 1м² вона дорівнює 250\$; собівартість покриття 1м² для захисту в ІЧ-діапазоні – 250\$; собівартість покриття 1м² для захисту в оптичному діапазоні – 40\$; загальна собівартість захисту ПБУ в тепловому і акустичному діапазонах – 4000\$. Тоді, з урахуванням застосування (у разі комплексного захисту пункту), наприклад, широкосмугових по частоті феритових покриттів, отримаємо витрати:

$$\begin{aligned} \text{I: } \Delta S_1 &= 250 \cdot 50 = 12500 \$; \\ \text{II: } \Delta S_2 &= 250 \cdot 50 = 12500 \$; \\ \text{III: } \Delta S_3 &= 40 \cdot 50 = 2000 \$; \\ \text{IV: } \Delta S_4 &= 4000 \$; \\ \text{V: } \Delta S_5 &= 18500 \$ \end{aligned} \quad (6)$$

У випадку початкової вартості зразка пункту, що дорівнює $S_0 = 200\,000$ \$, оцінимо відносні прирости витрат, згідно (6), через захист зразка пункту по кожному з варіантів, у виді:

$$\begin{aligned} \text{I: } \Delta S_1 / S_0 &= 12500 / 200\,000 = 0,0625; \\ \text{II: } \Delta S_2 / S_0 &= 12500 / 200\,000 = 0,0625; \\ \text{III: } \Delta S_3 / S_0 &= 2000 / 200\,000 = 0,0100; \\ \text{IV: } \Delta S_4 / S_0 &= 4000 / 200\,000 = 0,0200; \\ \text{V: } \Delta S_5 / S_0 &= 18500 / 200\,000 = 0,0925. \end{aligned} \quad (7)$$

В результаті можливо побудувати еластичний показник «ефективність-вартість» кожного з варіантів захисту пункту, при застосуванні пасивних засобів протидії технічній розвідці супротивника, що спрямовані на часткове або комплексне зниження помітності пункту управління.

Введемо цей показник як відношення корисного ефекту (приросту корисного ефекту від захисту) у виді (5) до приросту витрат у виді (7) для усіх п'яти

альтернатив захисту. Показник має сенс: на кількість відсотків збільшується ефективність захисту пункту на кожний відсоток фінансових витрат для реалізації конкретного варіанта захисту у виді:

$$\begin{aligned} \text{I: } Q_I &= \frac{\Delta E_I / E_0}{\Delta S_1 / S_0} = \frac{0,541}{0,0625} = 8; \\ \text{II: } Q_{II} &= \frac{\Delta E_{II} / E_0}{\Delta S_{II} / S_0} = \frac{0,546}{0,0625} = 9; \\ \text{III: } Q_{III} &= \frac{\Delta E_{III} / E_0}{\Delta S_{III} / S_0} = \frac{0,464}{0,01} = 46; \\ \text{IV: } Q_{IV} &= \frac{\Delta E_{IV} / E_0}{\Delta S_{IV} / S_0} = \frac{0,392}{0,02} = 19; \\ \text{V: } Q_V &= \frac{\Delta E_V / E_0}{\Delta S_V / S_0} = \frac{1,939}{0,0925} = 21. \end{aligned} \quad (8)$$

Висновки

1. Найбільш прийнятним доцільно визнати варіант **V** захисту пункту управління, який забезпечує максимальне значення нормованого показника ефективності протидії виявнику. Нормований показник ефективності протидії під час реалізації варіанта **V** перевищує у (3,5...5,0) разів інші нормовані показники ефективності захисту, що досягаються за допомогою варіантів захисту: **I, II, III, IV** (див. (5)).

2. Реалізація варіанта захисту **V**, в умовах застосування виявником комплексу засобів, сприяє (за рахунок застосування покриття з широкою смугою частот) зменшенню на 40 % витрати, в порівнянні з сумарними витратами на реалізацію окремо 1-го, 2-го, 3-го і 4-го варіантів, кожний з яких не гарантує захист пункту в радіолокаційному, ІЧ-, оптичному діапазонах, в діапазоні теплового випромінювання і в акустичному діапазоні.

3. За показником «ефективність-вартість» найбільш прийнятним є захист від засобів оптичного виявлення (за варіантом **III**), проте, його нормований показник ефективності протидії виявнику **нижче** відповідного показника (за варіантом **V**) у 4 рази. Крім того, саме варіант **V** захисту займає за показником «ефективність-вартість» високе місце. Цей варіант сприяє отриманню 21 відсотка приросту захисного ефекту на кожний відсоток витрат фінансів.

4. Розглянута методика для порівняльної кількісної оцінки варіантів захисту пункту управління і вибору прийнятного не претендує на видачу конкретних точних рекомендацій для ухвалення рішення особою, що приймає рішення (ОПР). Методика дає можливість краще зорієнтуватися в полі можливих рішень на основі порівняльної кількісної оцінки ризиків і вигадів від прийнятого рішення. Остаточний вибір альтернативи залежить від рівня інформованості і переваг ОПР. Це завжди є прерогативою ОПР, яка враховує множину інших, непіддатливих розрахунку чинників: юридичної, психологічної,

політичної природи, очікуваних перспектив зміни ситуації і тому подібних чинників.

Список літератури

1. Особенности боевого применения высокоточных средств поражения и способы повышения эффективности борьбы с ними / И.П. Кибалко; под общ. ред. Ю.Н. Черног. – Минск: 1034 ЦВУИИ, 2008. – 102 с.
2. Александров В. ВТО: роль и место в вооруженных конфликтах. Основные тенденции развития / В. Александров, А. Рахманов // Военный парад. – 2003. – январь, февраль. – С. 16-18.
3. Львова Л.А. Радиолокационная заметность летательных аппаратов: моногр. / Л.А. Львова. – Снежинск: Изд-во РФЯЦ-ВНИИТФ, 2003. – 232 с.
4. Физические основы диапазонных технологий типа «Стелс» / С.А. Масалов, А.В. Рыжак, О.И. Сухаревский, В.М. Шкиль. – СПб.: ВИКУ им. А.Ф. Можайского, 1999. – 250 с.
5. Vorobiov O. Development of radioisotopic-plasma technology for the protection of radio electronic means from powerful electromagnetic radiation [Text] / O. Vorobiov, V. Savchenko, A. Sotnikov, V. Tarshin, T. Kurtseitov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 1, № 5 (85). – P. 16-22. doi: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2017.91642>.

6. Сотников О.М. Разработка структуры материала защитных экранов радиоэлектронных засобів озброєння і військової техніки від впливу потужних електромагнітних випромінювань ультракороткої тривалості імпульсу / О.М. Сотников, А.В. Крижний, О.М. Воробйов // Труды Університету. – К.: Національний університет оборони України, 2013. – № 6 (120). – С. 187-191.

7. Дем'янчук Б.О. Матеріали-перетворювачі електромагнітної енергії в теплову. Вимоги. Основи технології / Б.О. Дем'янчук // Технологія і конструювання в електронній апаратурі. – 2006. – № 5. – С. 31-35.

8. Дем'янчук Б.О. Метод корекції хвильових опорів модифікованих радіозахисних композитів з гетерогенними наповнювачами / Б.О. Дем'янчук // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2011. – № 31. – С. 39-45.

9. Дем'янчук Б.О., Гончарук А.А. Патент 102742 України, МПК Н01Р 7/00. Спосіб одержання композитного матеріалу-перетворювача енергії поля / Публікації. 12.08.2013, Бюл. № 15.

Надійшла до редколегії 13.01.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. Г.В. Худов, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ВЫБОР СПОСОБА СОХРАНЕНИЯ ФУНКЦИЙ ПУНКТА БОЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

О.В. Гуляк, Б.А. Демьянчук, А.М. Сотников

Предложена методика оценки результатов технико-экономического выбора способа сохранения функций пункта боевого управления в условиях действия современных способов обнаружения, основанных на различных физических принципах активного и пассивного обнаружения объектов противником. Выбор осуществляется по критерию «эффективность-стоимость».

Ключевые слова: технические средства обнаружения объектов, пассивные средства снижения заметности техники, критерий выбора «эффективность-стоимость».

SELECTION OF A METHOD FOR PRESERVING THE FUNCTIONS OF THE BATTLE MANAGEMENT POINT

O. Gulyak, B. Demyanchuk, O. Sotnikov

A technique is proposed for assessing the results of the technical and economic choice of the method of preserving the functions of the combat control point under the conditions of modern detection methods based on various physical principles of active and passive detection of objects by the enemy. The choice is made by the criterion of "efficiency-cost".

Keywords: technical means of object detection, passive means of reducing the visibility of technology, the criterion for choosing "efficiency-cost".