

УДК 623.438 – 047.44

DOI: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2020.4\(28\).98-103](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2020.4(28).98-103).**А. В. КОСЕНКО**, ад'юнкт<https://orcid.org/0000-0002-4730-8067>**Б. О. ДЕМ'ЯНЧУК**, доктор технічних наук,  
професор,<https://orcid.org/0000-0002-2862-9412>**А. А. ГОНЧАРУК**, кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник,<https://orcid.org/0000-0002-4445-6574>

(Військова академія, м. Одеса)

**Ю. З. АРТАБАЄВ**,

старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0001-9446-3011>(Центральний науково-дослідний інститут  
озброєння та військової техніки Збройних Сил  
України, м. Київ)

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ МАСКУВАННЯ БОЙОВОЇ БРОНЬОВАНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ ЖИВУЧОСТІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПРОТИВНИКОМ ЗАСОБІВ ТЕХНІЧНОЇ РОЗВІДКИ

В статті запропонована методика оцінки результатів техніко-економічного порівняння варіантів маскування бойової броньованої машини для збереження її функцій в ході маршруту або на позиції під час застосування противником активних і пасивних засобів технічної розвідки в діапазонах частот: радіолокаційному; інфрачервоному від теплового випромінювання; оптичному, а також в діапазоні акустичних хвиль від шумів двигуна, з метою пошкодження бойової броньованої машини. Зіставлення варіантів здійснюється за критерієм «ефективність – вартість» для різних альтернатив маскування. Пропонується застосування радіопоглинаючих феритових матеріалів для зменшення радіолокаційної помітності, захисту інформації про координати в ході застосування бойової броньованої машини підрозділами, під час застосування противником технічних засобів розвідки.

Впровадження запропонованої методики для порівняльної кількісної оцінки варіантів захисту бойової броньованої машини і вибору прийнятного допомагає краще зорієнтуватися в полі можливих рішень на основі порівняльної кількісної оцінки ризиків і вигравів під час прийняття рішень.

Ключові слова: бойова броньована машина, підвищення живучості, альтернативи маскування, радіопоглинаючі феритові матеріали, технічні засоби розвідки, техніко-економічне порівняння.

### ВСТУП

Основні напрямки підвищення живучості бойової броньованої машини (ББМ) спрямовані на оптимізацію компонувальних схем, з метою забезпечення захисту від ударної хвилі, осколків мін і снарядів. Активна (регульована) підвіска дозволяє змінювати висоту ББМ в залежності від завдань, які виконуються. Скритність на місцевості досягається використанням маскувального фарбування. Скритність пересування забезпечується застосуванням тягових електродвигунів та інших технічних рішень [1–3].

Переважаючі параметри бойових броньованих машин враховуються під час прийняття їх на озброєння.

Разом з тим питання надійного маскування від технічних засобів розвідки в умовах сучасного бойового протистояння є принципово потрібним. Технічна розвідка проводиться з метою своєчасного добування, збору, аналізу та узагальнення даних, необхідних для визначення координат з метою вогневого ураження. Захист інформації про координати дислокації та про напрям переміщення військової техніки в ході застосування за призначенням сприяє її живучості та дозволяє виконувати бойові завдання розвідувальним, артилерійським та зенітним підрозділам, підрозділам зв'язку, РХБЗ та армійської авіації на передньому краю [2–4].

Надія на вирішення проблеми живучості ББМ шляхом її своєчасного відновлення, у разі вогневого ураження противником, в умовах застосування високоточної зброї і з врахуванням динаміки сучасного бою є сумнівною, тому що час відновлення ББМ, яка отримала навіть середні пошкодження, займатиме, як правило, значний проміжок часу [5–7].

Саме з цієї причини є важливим надійне збереження функцій ББМ в умовах бойових дій (до застосування противником високоточної зброї за результатами, що отримані за допомогою активних і пасивних засобів його технічної розвідки у вказаних діапазонах електромагнітних і акустичних хвиль) [5–7].

Можливо стверджувати, що живучість озброєння, військової техніки, визначається здатністю зберігати свої функції під час дій противника і швидко відновлюватися у разі ушкодження [8].

Виходячи з цього, маємо можливість визначити ймовірність  $P_{ж}$  перебування ББМ у «живучому» стані, тобто у стані готовності до застосування під час дії противника, який застосовує технічну розвідку та вогневе ураження за допомогою високоточної зброї, у відповідному вигляді:

$$P_{ж} = P_{\phi} + (1 - P_{\phi}) \cdot P_{\epsilon}(t \leq t_3), \quad (1)$$

де  $P_{\phi}$  – ймовірність збереження функцій ББМ під час дії противника;

$P_{\epsilon}(t \leq t_3)$  – ймовірність відновлення ББМ за час  $t_3$ , що не перевищує завданого, у разі пошкодження ББМ після успішної технічної розвідки його координат противником.

Нормативними актами Міністерства оборони України визначено, що процес відновлення будь-якого зразка містить чотири етапи: технічну розвідку; евакуацію пошкодженого зразка; ремонт цього зразка; повернення його у стрій [9]. Разом з тим, час виконання цих етапів та, перш за все, час ремонту пошкодженого зразка частіше не сприяють виконанню на практиці нерівності у виді  $t \leq t_3$ .

Враховуючи динаміку сучасного бойового протидію, нескладно прогнозувати, що через суттєво малу величину завданого  $t_3$ , реально ймовірність  $P_e(t \leq t_3) \rightarrow 0$ . Саме тому можемо стверджувати, що на практиці частіше має місце рівність у вигляді  $P_{жс} \cong P_{ф}$ , тобто живучість це є, перш за все, результат успішної протидії сучасним засобам технічної розвідки противника.

З огляду на тенденції розвитку сучасних засобів вогневого ураження, одним з дієвих способів протидії технічним засобам розвідки є маскування, зокрема, пасивне маскування з використанням радіопоглинаючих феритових матеріалів. Ці матеріали широко використовуються різними державами під час створення нових зразків військової техніки та модернізації існуючих [5–7].

**Метою статті** є обговорення методики техніко-економічного порівняння альтернатив застосування пасивних засобів маскування, для вибору більш прийнятних рішень під час порівняння варіантів модернізації типового зразка військової техніки (бойової броньованої машини).

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Необхідність порівняння альтернатив захисту ББМ від засобів технічної розвідки противника у різних частотних діапазонах електромагнітних хвиль, в тому числі від акустичної і теплової розвідки визначають декілька чинників, які в свою чергу можливо розрахувати за допомогою запропонованої методики.

По-перше, варіанти доцільного маскування мають бути не лише організованими, але і заздалегідь оцінені за адекватними для ситуації техніко-економічними показниками, тобто за показниками їхньої ефективності та рівня фінансових витрат.

По-друге, засоби зарубіжного виробництва для зниження помітності ББМ взагалі й збільшення скритності її функціонування, згідно до публікацій, навіть з метою комерції не завжди рекламуються. Окрім того, існуючі засоби для зниження помітності на практиці застосовуються нечасто, можливо, у зв'язку з тим, що за показниками «ефективність – вартість» вимогам частіше не відповідають. Показовим прикладом є програми розробки поглинаючих матеріалів «Перларам» і «STEALTH» для зниження радіолокаційної помітності технічних об'єктів. Розробка цих матеріалів коштувала понад \$2 мільярди, а ефективність цих засобів є недостатньо переконливою [5–7]. Це підтверджують результати бою в локальних війнах.

По-третє, в останні два десятиліття, незважаючи на символічний інтерес з боку замовників, в окремих вищих військових навчальних закладах нашої країни активно ведуться розробки засобів маскування [10–12].

Отримані, опубліковані й навіть запатентовані технології отримання радіопоглинаючих комплектуючих для полімерних покриттів. Здійснюється виготовлення лабораторних зразків феритових матеріалів для зниження помітності техніки в радіолокаційному та в ІЧ-діапазонах хвиль. Отримані результати не поступаються за ефективністю та технологічністю застосування вказаним закордонним зразкам. Прикладом є роботи, які протягом десяти років активно ведуться у Військовій академії (м. Одеса). Отримані співробітниками академії результати, а саме, теорія, технологія створення і лабораторні зразки не поступаються відомим зразкам, які вже є прийнятими на озброєння [13–15].

Наведені фактори підтверджують актуальність теми та необхідність теоретичної та експериментальної роботи в цьому напрямку. Отже, визначимо сукупність можливих альтернативних варіантів маскування для їх техніко-економічного порівняння. Номери альтернатив застосування пасивних засобів маскування ББМ від засобів технічної розвідки противника позначимо римськими цифрами:

0 – Маскування немає (нульовий варіант);

I – Застосовується маскування, яке здійснюється лише у виді зменшення радіолокаційної помітності;

II – Застосовується маскування (зменшення помітності), яке здійснюється лише в діапазоні ІЧ-хвиль;

III – Застосовується маскування (зменшення помітності), яке здійснюється лише в оптичному діапазоні;

IV – Застосовується маскування (послаблення шумів), яке здійснюється лише в тепловому і акустичному діапазоні;

V – Застосовується маскування одночасно в п'яти діапазонах хвиль (радіолокаційному; інфрачервоному; оптичному; тепловому; акустичному).

Позначення подій, що є очікуваними в типовій обстановці застосування ББМ:

A – подія радіолокаційного виявлення і вогневого впливу противником;

$A_i$  – подія виявлення і вогневого впливу на ББМ на  $i$ -му інтервалі дальності від ББМ до радіолокатора противника;

B – подія виявлення і вогневого впливу противником в ІЧ-діапазоні;

$B_j$  – подія виявлення і вогневого впливу на ББМ на  $j$ -му інтервалі дальності ІЧ-виявника противником;

C – подія виявлення і вогневого впливу на ББМ противником в оптичному діапазоні;

$C_k$  – подія виявлення за даними безпілотного літального апарату і вогневого впливу на ББМ на  $k$ -му інтервалі дальності до наземної вогневої позиції противника;

F – подія виявлення і вогневого впливу на ББМ противником за результатами теплової і акустичної розвідки;

$F_m$  – подія виявлення за даними теплової і акустичної розвідки і вогневого впливу на ББМ на  $m$ -му інтервалі дальності до засобів вогневого впливу противника;

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

D – подія успішного підриву ББМ противником;

E – подія збереження функцій ББМ під час вогневого впливу противника.

Вважаємо, що заходи, які прийняті під час створення ББМ, істотно послабляють її помітність з боку противника, тобто послабляють сигнал, відбитий від ББМ, наприклад, на 19 дБ (у 81 раз), що сприяє зменшенню дальності її виявлення приблизно в  $\sqrt[4]{81}$ , тобто у 3 рази.

Доцільно у зв'язку з цим, розбити увесь інтервал виявлення (і вогневого впливу противника) на 3 (нерівноцінних за ефективністю для противника) підінтервали і вважати, що середня ймовірність вражаючого успіху противника на цих підінтервалах тим більше, чим менше номер підінтервалу, а найменший номер підінтервалу дальності відповідає найбільш віддаленому від ББМ підінтервалу.

Для визначеності вважаємо, що ймовірність успішного підриву ББМ противником (у разі його виявлення і вогневого впливу) дорівнює  $P(D) = 0.9$ .

Оскільки підінтервали (для одного виду розвідки) однакові і початок кожного з них приблизно відповідає третій частині максимальної ефективності успіху супротивника, то доцільно вважати, що початок першого, другого і третього підінтервалів відповідає ймовірностям успіху противника, що дорівнюють відповідно: 0,75; 0,50; 0,25, а їх середні значення відповідають ймовірностям:  $P_i, P_j, P_k, P_m$ , залежним від дальності розвідки противником ББМ і вогневої досяжності засобів ураження противника. Ці ймовірності відрізняються та в умовах неможливості забезпечити малі дальності розвідки, через небезпеку їхньої поразки засобами ураження сторони, що захищається, за осередненими та узгодженими даними групи з трьох досвідчених військово-технічних експертів, можуть становити:

$$P_i = 0,60; 0,36; 0,12. \quad P_j = 0,52; 0,30; 0,08. \quad (2)$$

$$P_k = 0,68; 0,45; 0,22. \quad P_m = 0,49; 0,45; 0,30.$$

Події щодо втрати або збереження функцій ББМ в умовах конкретних варіантів маскуванню можуть бути представлені у вигляді:

$$\begin{aligned} 0: & \{A+B+C+F\} \times D\}; \\ I: & \{\bar{A}+B+C+F\} \times D\}; \\ II: & \{A+\bar{B}+C+F\} \times D\}; \\ III: & \{A+B+\bar{C}+F\} \times D\}; \\ IV: & \{A+B+C+\bar{F}\} \times D\}; \\ V: & \{\bar{A}+\bar{B}+\bar{C}+\bar{F}\} \times D\}; \end{aligned} \quad (3)$$

Тоді, відповідно до (3), враховуючи ймовірності (2), отримаємо, що ймовірності  $E$  маскуванню ББМ для кожного з альтернативних варіантів (0; I; II; III; IV; V), відповідно з (2) і з урахуванням рівня ймовірності події  $D$ , а саме, у разі що  $P(D) = 0.9$ , ці ймовірності для кожного з варіантів маскуванню ББМ дорівнюють:

$$\begin{aligned} 0: E_0 &= 1 - \left\{ \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_i) \right] + \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_j) \right] + \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_k) \right] + \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_m) \right] \right\} \times \\ &\times P(D) / 4 = 1 - \{0,775 + 0,691 + 0,863 + 0,804\} \times \\ &\times 0,9 / 4 = 0,295 \\ I: E_I &= 1 - \left\{ \left[ P_i = 0,36 \right] + \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_j) \right] + \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_k) \right] + \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_m) \right] \right\} \times \\ &\times P(D) / 4 = 1 - \{0,36 + 0,691 + 0,863 + 0,804\} \times \\ &\times 0,9 / 4 = 0,388 \\ II: E_{II} &= 1 - \left\{ \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_i) \right] + \left[ P_j = 0,30 \right] + \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_k) \right] + \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_m) \right] \right\} \times \\ &\times P(D) / 4 = 1 - \{0,775 + 0,30 + 0,863 + 0,804\} \times \\ &\times 0,9 / 4 = 0,383 \\ III: E_{III} &= 1 - \left\{ \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_i) \right] + \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_j) \right] + \left[ P_k = 0,45 \right] + \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_m) \right] \right\} \times \\ &\times P(D) / 4 = 1 - \{0,775 + 0,691 + 0,45 + 0,804\} \times \\ &\times 0,9 / 4 = 0,388 \\ IV: E_{IV} &= 1 - \left\{ \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_i) \right] + \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_j) \right] + \left[ 1 - \Pi_1^3(1-P_k) \right] + \left[ P_m = 0,45 \right] \right\} \times \\ &\times P(D) / 4 = 1 - \{0,775 + 0,691 + 0,863 + 0,45\} \times \\ &\times 0,9 / 4 = 0,374 \\ V: E_V &= 1 - \left\{ \left[ P_i = 0,36 \right] + \left[ P_j = 0,30 \right] + \left[ P_k = 0,45 \right] + \left[ P_m = 0,45 \right] \right\} \times \\ &\times P(D) / 4 = 1 - \{0,432 + 0,360 + 0,540 + 0,540\} \times \\ &\times 0,9 / 4 = 0,649 \end{aligned} \quad (4)$$

Отже, з урахуванням (4), прирости корисного ефекту для кожної альтернативи маскуванню ББМ дорівнюють:

$$\begin{aligned} I: \Delta E_I &= E_I - E_0 = 0,093; \\ II: \Delta E_{II} &= E_{II} - E_0 = 0,088; \\ III: \Delta E_{III} &= E_{III} - E_0 = 0,093; \\ IV: \Delta E_{IV} &= E_{IV} - E_0 = 0,079; \\ V: \Delta E_V &= E_V - E_0 = 0,354. \end{aligned} \quad (5)$$

Відносні прирости корисного ефекту залежно від номера альтернативи маскуванню ББМ, відповідно до (5), дорівнюють:

$$\begin{aligned} I: \Delta E_I / E_0 &= (E_I - E_0) / E_0 = 0,093 / 0,295 = 0,315; \\ II: \Delta E_{II} / E_0 &= (E_{II} - E_0) / E_0 = 0,088 / 0,295 = 0,298; \\ III: \Delta E_{III} / E_0 &= (E_{III} - E_0) / E_0 = 0,093 / 0,295 = 0,315; \\ IV: \Delta E_{IV} / E_0 &= (E_{IV} - E_0) / E_0 = 0,079 / 0,295 = 0,268; \\ V: \Delta E_V / E_0 &= (E_V - E_0) / E_0 = 0,354 / 0,295 = 1,200. \end{aligned} \quad (6)$$

Оцінимо, як приклад, витрати на серійну реалізацію кожного варіанту захисту ББМ, вважаючи, що площа покриття дорівнює 50 м<sup>2</sup>.

За умов, що собівартості засобів захисного покриття площею 1 м<sup>2</sup> складають:

для протирадіолокаційного покриття – 250 у.о.;

для захисту в ІЧ-діапазоні – 250 у.о.;

для захисту в оптичному діапазоні – 10 у.о.

загальна собівартість захисту ББМ в наведених діапазонах частот становить 4000 у.о. Отже, з урахуванням (у разі комплексного захисту) застосування широкосмужових по частоті феритових покриттів, отримаємо витрати на реалізацію варіантів:

$$\begin{aligned} I : \Delta S_I &= 250 \cdot 50 = 12500 \text{ у.о.}; \\ II : \Delta S_{II} &= 250 \cdot 50 = 12500 \text{ у.о.}; \\ III : \Delta S_{III} &= 10 \cdot 50 = 500 \text{ у.о.}; \\ IV : \Delta S_{IV} &= 4000 \text{ у.о.}; \\ V : \Delta S_V &= 17000 \text{ у.о.} \end{aligned} \quad (7)$$

За умов початкової вартості зразка бойової броньованої машини, що дорівнює  $S_0 = 20000$  у.о., оцінимо відносні прирости витрат, згідно до (7), у зв'язку з маскуванням зразка по кожному з варіантів, у вигляді:

$$\begin{aligned} I : \Delta S_I / S_0 &= 12500 / 20000 = 0,625; \\ II : \Delta S_{II} / S_0 &= 12500 / 20000 = 0,625; \\ III : \Delta S_{III} / S_0 &= 500 / 20000 = 0,025; \\ IV : \Delta S_{IV} / S_0 &= 4000 / 20000 = 0,200; \\ V : \Delta S_V / S_0 &= 17000 / 20000 = 0,850. \end{aligned} \quad (8)$$

У результаті можливість побудувати еластичний показник «ефективність – вартість» кожного з варіантів маскування ББМ при застосуванні пасивних засобів протидії технічній розвідці противника, що спрямовані на часткове або комплексне зниження помітності ББМ на позиції та на марші.

Введемо цей показник як відношення корисного ефекту (приросту корисного ефекту від маскування) у вигляді (6) до приросту витрат через маскування у виді (8) для усіх п'яти альтернатив маскування ББМ. Показник має наступний фізичний сенс: на яку кількість відсотків збільшується ефективність маскування бойової броньованої машини з розрахунку на кожний відсоток фінансових витрат для реалізації кожного конкретного варіанта маскування ББМ, у вигляді:

$$\begin{aligned} I : \Delta Q_I &= \frac{\Delta E_I / E_0}{\Delta S_I / S_0} = \frac{0,315}{0,625} = 0,50; \\ II : \Delta Q_{II} &= \frac{\Delta E_{II} / E_0}{\Delta S_{II} / S_0} = \frac{0,298}{0,625} = 0,48; \\ III : \Delta Q_{III} &= \frac{\Delta E_{III} / E_0}{\Delta S_{III} / S_0} = \frac{0,315}{0,025} = 12,60; \\ IV : \Delta Q_{IV} &= \frac{\Delta E_{IV} / E_0}{\Delta S_{IV} / S_0} = \frac{0,268}{0,200} = 1,34; \\ V : \Delta Q_V &= \frac{\Delta E_V / E_0}{\Delta S_V / S_0} = \frac{0,200}{0,850} = 1,41. \end{aligned} \quad (9)$$

## ВИСНОВКИ

1. За показником *відносного приросту корисного ефекту*, найбільш прийнятним доцільно визнати варіант V маскування бойової броньованої машини, який згідно результатів (6), забезпечує максимальне значення нормованого показника ефективності протидії технічній розвідці (нормований показник ефективності протидії під час реалізації варіанта V перевищує у (3,8 ... 4,5) разів інші нормовані показники ефективності маскування, які досягаються за допомогою варіантів: I, II, III, IV.

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

3. За іншим показником, (9), «ефективність – вартість» найбільш прийнятним є захист від засобів оптичної розвідки за варіантом III, проте його нормований показник ефективності протидії технічній розвідці нижче відповідного показника (за варіантом V) у 4 рази. До того ж, саме варіант V захисту посідає за показником «ефективність – вартість» друге місце. Цей варіант сприяє отриманню майже 1,5 відсотків приросту захисного ефекту на кожний відсоток витрат фінансів.

4. Варто відмітити, що методика для порівняльної кількісної оцінки варіантів захисту бойової броньованої машини і вибору прийнятного, сприяє кращій орієнтації в полі можливих рішень на основі порівняльної кількісної оцінки ризиків і вигадів від прийнятого рішення.

5. Подальші дослідження доцільно спрямувати на порівняння і вибір конкретних варіантів технічного оснащення з урахуванням елементів пасивних засобів захисту, шляхом маскування інших зразків та військових технічних об'єктів

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Купрінено О.М. Обґрунтування принципів формування перспективних типів бойових броньованих машин. Системи озброєння і військова техніка. 2012. № 4(32). С. 40–46
2. Ковба В.Б., Рій В.Б. Обґрунтування технічних рішень щодо підвищення живучості автомобільної техніки збройних сил України. Системи управління, навігації та зв'язку: зб. наук. пр. Полтава: ПНТУ. 2020. Т. 1(59). С. 54–58.
3. Бісик С.П., Купрінено О.М., Корбач В.Г. Оцінка протимінної стійкості легкої бойової колісної машини. Вісн. НТУ «ХП». 2015. № 31. С. 11–20.
4. Радиолокационная заметность летательных аппаратов: монография / Л.А. Львова. Снежинск : РФЯЦ-ВНИИТФ. 2003. 232 с.
5. Масалов С.А., Рыжак А.В., Сухаревский О.И., Шкиль В.М. Физические основы диапазонных технологий типа Стелс. СПб. : ВИКУ им. А. Ф. Можайского. 1999. 250 с.

6. Сотников О.М. Оцінка віддзеркалюючих властивостей наземних і повітряних об'єктів з пасивним захистом на основі композитних радіоізотопних покриттів. Системи управління, навігації та зв'язку. Київ. 2009. №1(9). С. 70—74.
7. Сухаревський О.І., Василець В.А., Сазонов А.З., Ткачук К.І. Метод расчета ЕПР наземного объекта с неидеальной отбивающей поверхностью. Рассеивание электромагнитных волн. 2003. №12. 9—15.
8. Советская военная энциклопедия [в 8 т.]. Т. III. М.: Министерство обороны СССР. 1977. С. 333—334.
9. Бойовий статут механізованих і танкових військ Сухопутних військ Збройних Сил України. Ч. II. Київ: Міністерство оборони України. 2016. С. 213—214.
10. Дем'янчук Б.О. Матеріали-перетворювачі електромагнітної енергії в теплову. Вимоги. Основи технології. Технологія і конструювання в електронній апаратурі. 2006. № 5. С 31—35.
11. Menshova S.B. Tendencies in creating modern radio absorbing materials and coatings. Надежность и качество сложных систем. 2016. № 4(16). С. 51—59.
12. Горбик П.П., Махно С.М., Дубровін І.В., Абрамов М.В., Міщенко В.М., Мазуренко Р.В., Петрановська А.Л., Пилипчук Є.В., Прокопенко С.Л. Синтез і властивості наноструктур, поглинаючих надвисокочастотне електромагнітне та нейтронне випромінювання. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. 2017. № 1(15). С. 47—82.
13. Масловский А.А., Легенький М.Н., Демченко А.А., Колчигин Н.Н. Частичная маскировка объектов сложной формы с помощью радиопоглощающих материалов. Вісн. Харківського нац. ун-ту імені В.Н. Каразіна. Сер. «Радіофізика та електроніка». 2017. № 27. С. 3—8.
14. Дем'янчук Б.О. Метод корекції хвильових опорів модифікованих радіозахисних композитів з гетерогенними наповнювачами. Зб. наук. пр. Військ. інст. Київського нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. 2011. № 31. С. 39—45.
15. Дем'янчук Б.О. Метод оцінки рівня відбиття електромагнітних хвиль від багатопшарового покриття на металевій підложці. Вісн. Львівського нац. ун-ту «Львівська політехніка». 2007. № 592. С. 164—167.
3. Bisyk, S.P., Kuprinenko, O.M. & Korbach, V.H. (2015) “Otsinka protyminnoi stiikosti lehkoï boyovoi kolisnoi mashyny” [Assessment of mine resistance of a light wheeled combat vehicle], Bull. of NTU “KhPI”. № 31. Pp. 11—20.
4. Lvova, L.A. (2003) “Radiolokatsionnaia zametnost letatelnykh apparatov” [Radar noticeability aircraft], RFNC-ARRITRNA. Snezhinsk. 232 p.
5. Masalov, S.A., Ryzhak, A.V., Sukharevsky, O.I. & Shkil, V.M. (1999) “Fizicheskie osnovy diapazonnykh tekhnologii tipa Stels” [Physical fundamentals of stealth range technology], MSA. SP. 250 p.
6. Sotnikov, O.M. (2009). “Otsinka viddzerkalyuyuchykh vlastyvostei nazemnykh i povitrianykh obektiv z pasyvnym zakhystom na osnovi kompozytnykh radioizotopnykh pokryt” [Evaluation of reflecting properties of ground and air objects with passive protection based on composite radioisotope coatings], Control, navigation and communication systems. №1(9). Pp. 70—74.
7. Sukharevsky, O.I., Vasilets, V.A., Sazonov, A.Z. & Tkachuk, K.I. (2003). “Metod rascheta YEPR nazemnogo obyekta z neidealnoi otbivayushchei poverkhnostyu” [Method for calculating the ESR of a ground object with a non-ideal striking surface], Electromagnetic wave scattering. №12. Pp. 9—15.
8. Ministerstvo oborony SSSR (1977) “Sovetskaia voyennaia entsiklopediia [v 8 t.]. T. III” [Soviet military encyclopedia. [in 8 vol.]. Vol. III], M. Pp. 333—334.
9. Ministerstvo oborony Ukrainy (2016) “Boyovyi statut mekhanizovanykh i tankovykh viisk Sukhoputnykh viisk Zbroynykh Syl Ukrainy. Ch. II” [Combat Charter of mechanized and tank troops of the Land Forces of the Armed Forces of Ukraine. P. 2]. K. Pp. 213—214.
10. Demianchuk, B.O. (2006) “Materialy-peretvoryuvachi elektromahnitnoi enerhii v teplovu. Vymohy. Osnovy tekhnolohii” [Materials that convert electromagnetic energy into heat. Requirements. Fundamentals of technology], Technology and design in electronic equipment. №5. Pp. 31—35.
11. Menshova, S.B. (2016) “Tendencies in creating modern radio absorbing materials and coatings”, Reliability and Quality of Complex Systems. №4(16). Pp. 51—59.
12. Gorbik, P.P., Mahno, S.M., Dubrovin, I.V., Abramov, M.V., Mishchenko, V.M., Mazurenko, R.V., Petranovska, A.L., Pilipchuk, E.V. & Prokopenko, S.L. (2017) “Syntez i vlastyvosti nanostruktur, pohlynaiuchykh nadvysokochastotne elektromahnitne ta neitronne vyprominennia” [Synthesis and properties of nanostructures absorbing microwave electromagnetic and neutron radiation], Nanosystems, Nanomaterials, Nanotechnology. №1(15). Pp. 47—82.
13. Maslovsky, A.A., Lehenkyi, M.N., Demchenko, A.A. & Kolchigin, N.N. (2017) “Chastichnaia maskirovka obyektov slozhnoi formy s pomoshchiu radiopogloshchayushchikh materialov” [Partial masking of complex-shaped objects using radio-absorbing materials], Bull. of V.N. Karazin Kharkiv Nat. Univ. Ser. “Radiophysics and Electronics”. №27. Pp. 3—8.

## REFERENCES

1. Kuprinenko, O.M. (2012) “Obgruntuvannia pryntsyviv formuvannia perspektivnykh typiv boyovykh bronovanykh mashyn” [Substantiation of the principles of formation of perspective types of combat armored vehicles], Weapons systems and military equipment. №4(32). Pp. 40—46.
2. Kovba, M.V. & Riy, V.B. (2020). “Obgruntuvannia tekhnichnykh rishen shchodo pidvyshchennia zhyvuchosti avtomobilnoi tekhniki Zbroynykh Syl Ukrainy” [Substantiation of technical solutions to increase the survivability of automotive equipment of the Armed Forces of Ukraine], Control, navigation and communication systems. Coll. of scient. works. №1(59). Pp. 54—58.

14. Demianchuk, B.O. (2011) "Metod korektsii khvylovykh oporiv modyfikovanykh radiozakhysnykh kompozytiv z heterohennymy napovnyuvachamy" [Method of correction of wave resistances of modified radioprotective composites with heterogeneous fillers], Coll. of scientific works of the Military Inst. of the Taras Shevchenko Kyiv Nat. Univ. № 31. Pp. 39—45.
15. Demianchuk, B.O. (2007) "Metod otsinky rivnia vidbytta elektromahnitnykh khvyly vid bahatosharovoho pokryttia na metalevii pidlozhtsi" [Method for estimating the level of reflection of electromagnetic waves from a multilayer coating on a metal substrate], Bull. of Lviv Nat. Univ. "Lviv Polytechnic". № 592. Pp. 164—167.

**Kosenko A., Demyanchuk B., Goncharuk A.,  
Artabaiev Yu.**

**TECHNICAL AND ECONOMIC COMPARISON  
OF CAMOUFLAGE OPTIONS FOR ARMORED  
COMBAT VEHICLE TO INCREASE ITS  
SURVIVABILITY WHEN USING TECHNICAL  
RECONNAISSANCE MEANS BY THE ENEMY**

*This article proposes a methodology for assessing the results of a technical and economic comparison of camouflage options for an armored combat vehicle to maintain its functions during a march or position when an adversary uses active and passive systems of technical intelligence in the frequency ranges: in radar; infrared from thermal radiation; optical, as well as in the range of acoustic waves from engine noise, in order to damage the armored combat vehicle. For a tactical and economic comparison, mathematical calculations were performed on the basis of the proposed possible alternative masking options, ranging from the zero option (no masking) to the masking option simultaneously in five wavelengths (radar; infrared; optical; thermal; acoustic). A comparison is made of options that are carried out according to the criterion of "efficiency-cost" for various alternatives to camouflage an armored combat vehicle. When the enemy uses various types of reconnaissance equipment, it is proposed to use radar absorbing ferrite materials to reduce radar visibility, to protect information on the coordinates of the deployment and on the direction of movement of military automotive equipment, in the course of their intended use. In turn, this will increase the survivability of armored combat vehicle in general and allow them to perform combat missions with their artillery and anti-aircraft units, communications units, radiation, chemical and biological defense units, military aviation units and other units.*

*The introduction of the proposed methodology for a comparative quantitative assessment of the options for protecting an armored vehicle and choosing an acceptable one helps to better navigate the field of possible decisions based on a comparative quantitative assessment of risks and wins when making a decision.*

*Keywords: armored combat vehicle, increasing survivability, camouflage, alternatives to camouflage military vehicles, radio-absorbing ferrite materials, technical means of reconnaissance, technical and economic comparison.*

**Відомості про авторів:**

**Косенко Артем Віталійович**

ад'юнк

Військової академії, м. Одеса, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-4730-8067>

**Information about the authors:**

**Artem Kosenko**

military postgraduate student

of Military Academy, Odesa, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-4730-8067>

**Дем'янчук Борис Олександрович**

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри Військової академії,

м. Одеса, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-2862-9412>

**Boris Demianchuk**

Doctor of Engineering Sciences, Professor

Head of Department of Military Academy,

Odesa, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-2862-9412>

**Гончарук Антон Антонович**

кандидат технічних наук, старший

науковий співробітник,

начальник Наукового центру

Військової академії, м. Одеса, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-4445-6574>

**Anton Goncharuk**

PhD (technical sciences), Senior Researcher,

the head of the Research center of the Military academy,

Odesa, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-4445-6574>

**Артабасєв Юрій Зуберович**

старший науковий співробітник

Центрального науково-дослідного інституту

озброєння та військової техніки

Збройних Сил України,

м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-9446-3011>

**Yurii Artabaiev**

Senior Research Associate

of Central research institute of weapons and military

equipment of the Armed Forces of Ukraine,

Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-9446-3011>

Стаття надійшла до редколегії 02.11.2020.