

УДК 681.3.01:519.67

А.М. Зубков, А.В. Д'яков

*Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів*

## ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ КОМПЛЕКСУВАННЯ ПАРЦІАЛЬНИХ КАНАЛІВ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ РОЗВІДКИ ДЛЯ ВСІХ ЕТАПІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

*Методом максимуму правдоподібності отримано оптимальні алгоритми комплексування парціальних спектральних каналів багатоспектрального приладу артилерійської розвідки для всіх етапів спостереження – виявлення цілі, розпізнання та оцінки координат, при цьому парціальні канали розглядаються як статистично незалежні, а комплексування здійснюється на рівні поканально прийнятих статистичних рішень. Синтезовано структуру багатоспектрального приладу, що реалізує запропоновані алгоритми.*

**Ключові слова:** багатоспектральні прилади, парціальні спектральні канали, фоноцільова обстановка.

### Постановка проблеми

Однією з найважливіших вимог, що висуваються до артилерійської розвідки є забезпечення підрозділів вогневого ураження достовірними даними про об'єкти противника. Результати досліджень бойових можливостей сучасних засобів артилерійської розвідки, в тому числі і вітчизняних, показують, що у ході ведення сучасних бойових дій недостатні розвідувальні можливості існуючих засобів значною мірою пов'язані з великою залежністю від зовнішніх факторів: діяльності противника та фізико-географічними умов. Таким чином, виникає задача забезпечення стійкої роботи засобів артилерійської розвідки в складній фоноцільовій обстановці, що динамічно змінюється.

Проведені дослідження показали, що одним із кардинальних шляхів підвищення ефективності засобів розвідки і наведення озброєння є створення так званої сукупної системної збитковості, яка включає інформаційну та структурну збитковості, при цьому приріст ефективності забезпечується за рахунок оптимального поєднання локаційних засобів різних ділянок спектра електромагнітних хвиль (ЕМХ) в єдину комплексовану систему [1].

У загальному випадку комплексування може приймати дві форми [2]:

- інформаційне комплексування. Передбачає апаратно-програмне об'єднання парціальних спектральних каналів з метою досягнення інформаційних переваг багатоспектральної системи на всіх етапах спостереження (виявлення, вимірювання координат і параметрів руху, розпізнавання об'єктів, що спостерігаються);

- конструктивне комплексування (інтеграція). Поряд з інформаційним передбачає об'єднання

парціальних спектральних каналів різних діапазонів у рамках єдиного апаратного виконання апертурної частини з метою зменшення вагогабаритних характеристик і поліпшення експлуатаційних показників (часової взаємосинхронізації і просторового взаємостимування каналів).

Інформаційне комплексування, у загальному випадку, допускає об'єднання переваг спектральних каналів на рівнях:

- просторових вибірок формованих зображень об'єктів, що спостерігаються, і сцен (піксельний рівень);
- інформативних ознак об'єктів, що спостерігаються, і сцен;
- статистичних рішень, прийнятих поканально.

Перші два види комплексування вимагають сумірності просторових роздільних здатностей парціальних каналів. Третій вид комплексування інваріантний до побудови і характеристик парціальних каналів.

У роботі поставлена актуальна задача розвитку методики інформаційного комплексування парціальних спектральних каналів на рівнях статистичних рішень.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз літератури показав, що питання комплексування парціальних спектральних каналів проводився тільки для систем і приладів, канали спостереження яких працюють у суміжних ділянках діапазону ЕМХ. У роботах [3–4] розглядається методика комплексування систем оптичного діапазону, в [5] розглянуто системи радіодіапазону для комплексування активного радіолокаційного і радіометричного каналів.

## Мета статті

Оптимізація алгоритмів комплексування парціальних спектральних каналів спостереження, що інваріантні до величини їх частотного рознесення.

## Виклад основного матеріалу

Потенційна ефективність вирішення всіх задач спостереження об'єктів у локаційному каналі (виявлення, вимірювання координат, розпізнавання) є монотонною функцією відношення енергії прийнятого корисного сигналу  $E_{np}$  до спектральної густини потужності шумів приймача  $N_0$

$$\rho = \frac{E_{np}}{N_0}. \quad (1)$$

Енергія сигналу, відбитого від об'єкта, для активного локаційного каналу визначається

$$E_{np} = \frac{G_a E_{nep} S_a \sigma_{\psi} \eta}{(4\pi)^2 R^4} 10^{-0,05\alpha R}, \quad (2)$$

де  $G_a$  – коефіцієнт підсилення передавальної антени;  $E_{nep}$  – енергія зондуючого сигналу;  $S_a$  – ефективна площа приймальної антени;  $\sigma_{\psi}$  – ЕПР цілі;  $\eta = k_n k_{np}$  – коефіцієнт втрат у приймально-передавальних НВЧ-трактах;  $\alpha$  – коефіцієнт втрат в атмосфері, дБ/км (в одну сторону);  $R$  – віддаль до цілі. При цьому, для пасивного каналу

$$E_{np} = \frac{E_{випр} S_a \eta_{np}}{4\pi R^2} 10^{-0,025\alpha R}, \quad (3)$$

де  $E_{np}$  – енергія сигналу джерела випромінювання;  $\eta_{np}$  – коефіцієнт втрат у приймальному тракті.

Для елементарного випромінювача

$$E_{np} = E_{nep} G_a,$$

де  $E_{nep}$  – енергія випроміненого сигналу;

$G_a$  – коефіцієнт підсилення антени випромінювача.

Для радіотеплового (радіометричного) каналу

$$E_{випр} = K \times T_A \times \Delta f \times t_c,$$

де  $K = 1,38 \times 10^{-23}$  Дж/град – постійна Больцмана;  $\Delta f$  – смуга пропускання приймального тракту;  $T_A$  – температура антени РЛС;  $t_c$  – час спостереження сигналу.

Вираз (3) може бути використаний і для пасивних оптичних каналів (тепловий канал, телевізійний канал) при виконанні умови

$$H \cdot \frac{F}{R} < h,$$

де  $H$  – максимальний лінійний розмір об'єкта, що спостерігається,  $F$  – фокусна відстань.

Залежність відношення сигнал/шум (ВСП) від віддалі  $\rho(R)$ , у цьому випадку визначається за відомою чутливістю оптичного приймача.

### Виявлення цілі

Відомо, що якість простого (двохальтернативного) виявлення визначається ймовірностями правильного виявлення  $D$  і хибної тривоги  $F$  [6]. При фіксованій ймовірності хибної тривоги  $F$  (для заданої структури каналу виявлення) ймовірність правильного виявлення є монотонною функцією відношення сигнал/шум  $D(\rho)$ .

Ця обставина дозволяє, користаючись рівняннями виду (2), (3), у замкнутій формі одержати аналітичні залежності  $D(\rho)$  при  $F = \text{const}$  для різних парціальних спектральних каналів спостереження не тільки з метою їхнього порівняння, але і для оцінки ефективності їхнього комплексування.

Розглянемо випадок приймання сигналу відомої форми  $a(t)$ . Вважатимемо, що шуми приймачів каналів, які комплексується, є гаусовими і незалежними випадковими процесами.

Тоді багатовимірний нормальний закон розподілу процесу, що спостерігається на вході багатоспектрального приладу  $x(t)$ , описується кореляційною блочно-діагональною матрицею з діагональними  $R(k)$  блоками-матрицями ( $k=1,2,..l$  номер спектрального каналу). Розмірність діагональних блоків-матриць  $n_k \times n_k$  визначається об'ємом вибірки відбитого сигналу в  $k$ -му каналі.

Оптимальне правило виявлення в рамках методу максимуму правдоподібності базується на порівнянні з порогом статистики логарифму відношення правдоподібності, яке у цьому випадку набуває вигляду [6]

$$\sum_{k=1}^l \frac{1}{\sigma_k^2} \sum_{i=1}^{n_k} x_{k_i} a_{k_i} \geq A. \quad (4)$$

Реалізація правила (4) вимагає знання дисперсії шумів  $\sigma_k^2$  і відношення сигнал/шум  $\frac{a_k}{\sigma_k^2}$  у каналах,

що комплексується. На практиці все ускладнюється через те, що не всі приймальні канали можуть бути побудовані за оптимальною схемою. Тому доцільно розглядати правила оптимального комплексування спектральних каналів довільної структури, на виходах яких виносяться самостійні (часткові) рішення.

Нехай парціальні спектральні канали характеризуються ймовірностями правильного виявлення  $D_k(\rho)=D_k$  і хибної тривоги  $F_k$ . Тоді багатомірні дискретні розподіли на виході багатоспектральної системи при наявності і відсутності корисного сигналу на входах парціальних каналів мають вигляд [6]

$$\left. \begin{aligned} W(y|s) &= \prod_{k=1}^l [D_k \delta(y_k - 1) + (1 - D_k) \delta(y_k)], \\ W(y|0) &= \prod_{k=1}^l [F_k \delta(y_k - 1) + (1 - F_k) \delta(y_k)], \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

де  $(y = y_1, y_2, \dots, y_l)$  –  $l$ -мірний вектор прийнятої реалізації сигналу;  $\delta(u)$  – дельта функція;  $y_k = 1$  – рішення про наявність сигналу, прийняте  $k$ -м каналом;  $y_k = 0$  – рішення про відсутність сигналу, прийняте  $k$ -м каналом;  $D_k, F_k$  – каналні умовні ймовірності відповідних рішень.

Вводячи в розгляд функцію

$$\vartheta(u) = \begin{cases} 1 & \text{для } u = 0; \\ 0 & \text{для } u \neq 0; \end{cases} \quad (6)$$

одержимо для логарифма відношення правдоподібності  $\Lambda = \frac{W(y|s)}{W(y|0)}$  вираз

$$\ln(\Lambda) = \sum_{k=1}^l [\vartheta(y_k - 1) \ln \frac{D_k}{F_k} + \vartheta(y_k) \ln \frac{1 - D_k}{1 - F_k}], \quad (7)$$

звідки, додаючи і віднімаючи  $\vartheta(y_k - 1) \ln \frac{1 - D_k}{1 - F_k}$ ,

приходимо до правила виявлення

$$\sum_{k=1}^l h_k y_k \geq C, \quad (8)$$

де  $h_k = \ln \left( \frac{D_k}{F_k} \times \frac{1 - F_k}{1 - D_k} \right)$  – вагові коефіцієнти, що характеризують інформаційний внесок  $k$ -го спектрального каналу у виявленні відбитого сигналу від об'єкта, що спостерігається;  $C$  – граничне значення, одержане виходячи з допустимого рівня ймовірності хибної тривоги  $F$  для багатоспектральної системи в цілому.

Як впливає з виразу (8), введення додаткових спектральних каналів у задачі виявлення на фоні власних шумів еквівалентно збільшенню обсягу вибірки при дискретному накопиченні. При рівноцінності каналів за завадостійкістю різкого підвищення ефективності багатоспектральної системи не відбувається.

Однак навіть для двоспектральної системи при наявності перешкоди, що забиває один канал, але не діє на інший канал, комплексування виявляється істотно корисним. У цьому випадку уражений канал відключається, тому що при  $D_k = F_k$  ваговий коефіцієнт  $h_k = 0$ , і провідна роль переходить до каналу, вільному від завад. У загальному випадку необхідно визначати оцінку заважаючої ситуації і здійснювати перебудову вагових коефіцієнтів  $h_k$  у виразі (8).

#### Оцінка координат

Розглянемо задачу вимірювання координат об'єкта (оцінка параметрів прийнятого сигналу) у багатоспектральній системі, вважаючи, що кожен канал приймає самостійне попереднє рішення, тобто оцінку  $\alpha_k$  деякого параметра, наприклад, кутової координати.

Вважаючи оцінки  $\alpha_k$  істинного параметра  $\alpha$ , одержані в різних каналах, незалежними в статистичному розумінні для функції правдоподібності маємо вираз [7]

$$W(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l | \alpha) = \prod_{k=1}^l W_k(\alpha_k | \alpha). \quad (9)$$

Рівняння максимальної правдоподібності одержуємо після логарифмування і диференціювання

$$\sum_{k=1}^l \frac{1}{W_k(\alpha_k | \alpha)} \times \frac{dW_k(\alpha_k | \alpha)}{d\alpha} = 0. \quad (10)$$

Використовуючи розкладання в ряд Тейлора  $W_k(\alpha_k | \alpha)$  в околиці  $\alpha_k$  і враховуючи, що

$$\left. \frac{dW_k(\alpha_k | \alpha)}{d\alpha} \right|_{\alpha_k = \alpha} = 0,$$

одержуємо

$$\frac{dW_k(\alpha_k | \alpha)}{d\alpha} = (\alpha_k - \alpha) \frac{d^2 W_k(\alpha_k | \alpha)}{d\alpha^2} \Big|_{\alpha_k = \alpha}. \quad (11)$$

Після очевидних перетворень для багатоспектрального вимірювача маємо

$$\hat{\alpha} = \sum_{k=1}^l G_k \alpha_k, \quad (12)$$

де ваговий коефіцієнт визначається

$$G_k = \frac{\left[ \frac{1}{W_k(\alpha_k|\alpha)} \times \frac{d^2 W_k(\alpha_k|\alpha)}{d\alpha^2} \right]_{\alpha=\alpha_k}}{\sum_k^l \left[ \frac{1}{W_k(\alpha_k|\alpha)} \times \frac{d^2 W_k(\alpha_k|\alpha)}{d\alpha^2} \right]_{\alpha=\alpha_k}}. \quad (13)$$

Для нормального розподілу оцінок і гаусівського шуму маємо

$$\left. \frac{d^2 W_k(\alpha_k|\alpha)}{d\alpha^2} \right|_{\alpha=\alpha_k} = \frac{1}{\sigma_{k\alpha}^2} \times \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times \sigma_{k\alpha}}, \quad (14)$$

де  $\sigma_{k\alpha}^2$  – дисперсія каналної оцінки.

Тоді фізично ваговий коефіцієнт  $G_k$  може бути інтерпретований мірою відносної точності  $k$ -го вимірювального каналу

$$G_k = \frac{\frac{1}{\sigma_{k\alpha}^2}}{\sum_{k=1}^l \frac{1}{\sigma_{k\alpha}^2}}. \quad (15)$$

#### Багатоальтернативне виявлення (розпізнавання) цілі

Задача багатоальтернативного виявлення виникає в ситуаціях, коли потрібно не просто прийняти рішення про наявність сигналу від цілі, але потрібно також визначити її клас. Практично важливим випадком є виділення цілі апріорно заданого класу (наприклад, танк) [8]. У цьому випадку оптимальне правило прийняття рішення приймає вигляд:

$$\begin{cases} \lambda_{21} \geq C_{21} \\ \lambda_{20} \geq C_{20} \end{cases}, \quad (16)$$

де  $\lambda_{ij} (i \neq j)$  – відношення правдоподібності.

Рішення про наявність дійсної цілі приймається лише при виконанні обох нерівностей у (16). Розглянемо алгоритм оптимального об'єднання рішень на виході  $l$  – каналної багатоспектральної системи моніторингу при трьохальтернативному виявленні, коли на виході кожного з каналів приймається одне з трьох рішень:  $y_k = 0$  – цілі немає;  $y_k = 1$  – ціль не відноситься до заданого класу;  $y_k = 2$  – ціль заданого класу.

На виході кожного парціального спектрального каналу маємо дискретну статистику, щільність розподілу якої може бути представлена за допомогою дельта-функцій у вигляді

$$\varpi(y_k|s_i) = \sum_{r=0}^l P_{ri}^{(k)} \delta(y_k - r), \quad (17)$$

де  $P_{ri}^{(k)}$  – імовірність ухвалення рішення виду  $y_k = r$  для  $k$ -го каналу за умови, що в дійсності має місце сигнал  $s_i (i = 0,1,2)$ , причому  $s_0 = 0$  (відсутність сигналу).

З урахуванням виразу (17) відношення правдоподібності може бути представленим у вигляді [6]

$$\lambda_{ij} = \prod_{k=1}^l \frac{\sum_{r=1}^2 P_{r2}^{(k)} \delta(y_k - r)}{\sum_{r=0}^2 P_{ri}^{(k)} \delta(y_k - r)}. \quad (18)$$

Після перетворень, аналогічних випадку простого виявлення, одержимо правило оптимального розпізнавання:

Ціль визнається дійсною в тому і тільки в тому випадку, коли виконуються дві умови, а саме:

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^l \sum_{r=1}^2 \vartheta(y_k - r) \ln \left( \frac{P_{r2}^{(k)}}{P_{r1}^{(k)}} \times \frac{P_{01}^{(k)}}{P_{02}^{(k)}} \right) \geq C_{21} \\ \sum_{k=1}^l \sum_{r=1}^2 \vartheta(y_k - r) \ln \left( \frac{P_{r2}^{(k)}}{P_{r0}^{(k)}} \times \frac{P_{00}^{(k)}}{P_{02}^{(k)}} \right) \geq C_{20} \end{cases} \quad (19)$$

Правило (19) можна представити у вигляді

$$\sum_{k=1}^l \sum_{r=1}^2 H_r^{(k)} \vartheta(Y - r_k) \geq C_{2j}, \quad (20)$$

де  $j=0,1$ .

Бачимо, що, як і у випадку простого виявлення, при розпізнаванні оптимальне правило прийняття рішення в багатоспектральній системі має вигляд вагової суми, де відносна вага  $r$ -го рішення в  $k$ -ому парціальному каналі визначається коефіцієнтом

$$H_r^{(k)} = \frac{\ln \left( \frac{P_{r2}^{(k)}}{P_{rj}^{(k)}} \times \frac{P_{0j}^{(k)}}{P_{02}^{(k)}} \right)}{\sum_{k=1}^l \sum_{r=1}^2 \ln \left( \frac{P_{r2}^{(k)}}{P_{rj}^{(k)}} \times \frac{P_{0j}^{(k)}}{P_{02}^{(k)}} \right)}. \quad (21)$$

Правило (19) допускає просту фізичну інтерпретацію – чим вище статистична надійність парціального спектрального каналу, тим більшу вагу має його рішення.

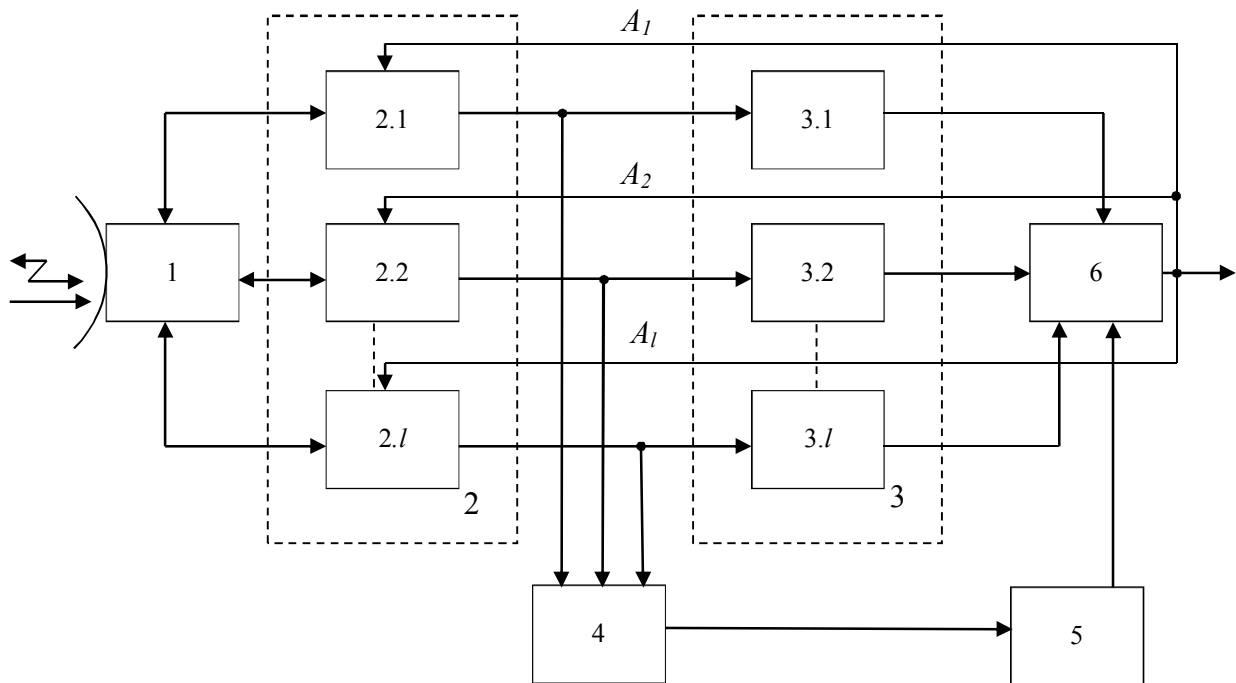


Рис. 1. Загальна структурна схема багатоспектрального приладу спостереження:

- 1 – єдиний діаграмоутворювальний блок; 2 – приймально-передавальний тракт парціального спектрального каналу;  
 3 – блок виробітки рішень парціального спектрального каналу; 4 – аналізатор завадової обстановки;  
 5 – блок вирахування каналних вагових коефіцієнтів  $h_k$ ,  $G_k$ ,  $H_r(k)$ ; 6 – блок вирахування вагових сум (8), (12), (20);  
 $A_1 \dots A_1$  – сигнали управління адаптацією приймальних трактів парціальних спектральних каналів

Реалізація алгоритмів (8), (12), (20) для фоноцільової обстановки, що динамічно змінюється приводить до загальної структури багатоспектрального приладу спостереження, який наведено на рис. 1, а його технічна реалізація наведена у патенті [9].

## Висновки

Отримано аналітичні вирази, що описують оптимальні в рамках методу максимуму правдоподібності алгоритми обробки вихідних сигналів парціальних каналів, в незалежності від частотного рознесення і типу каналу спостереження. Також синтезовано структуру багатоспектрального приладу спостереження, що реалізує запропоновані алгоритми у фоноцільовій обстановці, що динамічно змінюється.

## Список літератури

1. Авласёнок А.В. Возможность использования интегральных координаторов цели, разработанных ЦНИИТОЧМаши для войсковых зенитных комплексов / А.В. Авласёнок, Е.Г. Алексеев, Р.И. Бангальтер // Современные проблемы создания и эксплуатации радиотехнических систем: труды шестой всероссийской научно-практической конференции (с участием стран СНГ), 22-23 сентября, 2009 г. – Ульяновск, 2009. – С. 150–153.
2. Зубков А.Н. Интегрированные многоспектральные системы геомониторинга. Концепция построения / А.Н. Зубков, И.Н. Прудюс // Сб. научных тр. 3-го Международного радиоэлектронного Форума МРФ; – 2008. – Харьков. – С. 283–286.

3. Боженко В.І. Возможные методы формирования комплексных тепловизионных изображений / В.І. Боженко, Р.В. Казмірчук, В.І. Шкляревський, П.О. Кондратов // Військово-технічний збірник. – 2010. – № 3. – С. 16–21.

4. Волков В.Г. Приборы ночного видения новых поколений / В.Г. Волков // Специальная техника, 2001. – № 5. – С. 2–8.

5. Волосюк В.К. Комплексование активных и пассивных радиолокационных систем дистанционного зондирования / В.К. Волосюк, В.Ф. Кравченко // Зарубежная радиоэлектроника. – 2002. – № 2. – С. 3–23.

6. Вопросы статистической теории радиолокации / [П.А. Бакут, И.А. Большаков, Б.М. Герасимов, А.В. Курикина, В.А. Ретин, Г.П. Тартаковский]: под ред. Г.П. Тартаковского. – М.: Сов. радио, 1963. – Т. 1. – 318 с.

7. Вопросы статистической теории радиолокации / [П.А. Бакут, И.А. Большаков, Б.М. Герасимов, А.В. Курикина, В.А. Ретин, Г.П. Тартаковский]: под ред. Г.П. Тартаковского. – М.: Сов. радио, 1964. – Т. 2. – 1079 с.

8. Зубков А.Н. Системы радиовидения миллиметрового диапазона. Принципы построения / А.Н. Зубков // Радиоэлектроника. – 2005. – № 9. – С. 3–16.

9. Патент 94566 Україна, МПК G01J11/00, G01S13/00. Багатоспектральний виявляч наземних об'єктів / А.М. Зубков, І.Н. Прудіус, А.В. Д'яков, Д.О. Мимріков, С.А. Мартиненко, С.А. Щерба (Україна). – № а 2010 15836; Заявлено 10.02.2011. – Опубл. 10.05.2011. – Бюл. № 9.

**Рецензент:** доктор технічних наук, професор Ю.В. Шабатура, Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

**Оптимизация алгоритмов комплексирования многоспектральных приборов артиллерийской разведки для всех этапов наблюдения**

А.Н. Зубков, А.В. Дьяков

*Методом максимума правдоподобия получены оптимальные алгоритмы комплексирования парциальных спектральных каналов многоспектрального прибора артиллерийской разведки для всех этапов наблюдения – обнаружения цели, распознавания и оценки координат, при этом парциальные каналы рассматриваются как статистически независимые, а комплексирование проводится на уровне поканально принятых статистических решений. Синтезировано структуру многоспектрального прибора, который реализует предложенные алгоритмы.*

**Ключевые слова:** многоспектральные приборы, парциальные спектральные каналы, фоноцелевая обстановка.

**Optimization of complexing algorithms of artillery reconnaissance multispectral instruments for all stages of surveillance**

A.N. Zubkov, A.V. Dyakov

*By means of maximum likelihood method optimal algorithms of multispectral instrument partial spectral channels complexing have been received for all phases of surveillance – target detection, recognition and coordinates evaluation, with partial channels viewed as statistically independent, and complexing is conducted on the level of statistical solutions. Structure of multispectral instrument, which implements the proposed algorithms, has been synthesized.*

**Keywords:** multispectral instruments, partial spectral channel, phonotarget conditions.

УДК 623.438.2

В.В. Костюк, П.О. Русіло, В.П. Белена

*Академія сухопутних військ, Львів***ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЗАХИЩЕНОСТІ АВТОМОБІЛІВ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЛОКАЛЬНИМ БРОНЮВАННЯМ**

*Проаналізований стан захищеності та обґрунтовано пропозиції щодо підвищення рівня захищеності автомобіля багатоцільового призначення.*

**Ключові слова:** автомобільна техніка, автомобілі багатоцільового призначення, бойові дії, засоби ураження, захисні броньовані екрани, Збройні Сили України, локальний броньований захист.

**Постановка проблеми**

Аналіз бойового використання автомобілів багатоцільового призначення (АБП) в миротворчих операціях Іраку, Сьєрра-Леоне, Лівії і бойових діях Афганістану і Чечні показав, що окремі типи АБП мають низький рівень захищеності особового складу від ураження стрілецькою зброєю, осколками снарядів, мін, фугасів і не відповідають характеру завдань, які вони сьогодні вирішують.

У сучасних умовах ведення збройної боротьби, як було зазначено в [1], стан і технічна готовність АБП визначають ступінь рухомості військ, можливість маневрування силами та засобами. Враховуючи, що окремі завдання, зокрема завдання із забезпечення рухомості особового складу, озброєння та військової техніки (ОВТ), засобів бойового забезпечення, управління та зв'язку, засобів матеріально-технічного

забезпечення вирішуються в умовах активного впливу засобів ураження противника, виникає необхідність у підвищенні рівня захищеності АБП.

Забезпечити повну захищеність АБП в сучасних умовах інтенсивного розвитку засобів ураження неможливо. Вирішення даної проблеми полягає в досягненні такого рівня захищеності АБП, який би дозволив не втратити рухомість та їхню працездатність під час ураження вогневіми засобами противника.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Проведений аналіз [2] свідчить, що у військах для захисту особового складу від вогневого ураження використовується індивідуальний броньований захист і на АБП встановлюються підручні засоби: різного роду захисні екрани; ящики з піском і камінням; баки, термоси з водою і моторною оливою. Такі обставини