

УДК 355.457



В. Ю. Мазур

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ВИСВІТЛЕННЯ НАДВОДНОЇ ОБСТАНОВКИ

Розглянуто методологічні основи оцінки ефективності функціонування елементів системи висвітлення надводної обстановки як у повсякденних умовах, так і під час її ускладнення. Запропоновано методику розрахунку кількості радіолокаційних станцій для моніторингу за надводною обстановкою на ділянці відповідальності органу охорони державного кордону (відділу прикордонної служби).

Ключові слова: система висвітлення надводної обстановки, виключна (морська) економічна зона, радіолокаційна станція, пост технічного спостереження, ефективність, критерій.

Постановка проблеми. Згідно із Законом України “Про Державний кордон України” (ст. 8) – Режим державного кордону України – порядок перетинання державного кордону України, плавання і перебування українських та іноземних невійськових суден і військових кораблів у територіальному морі та внутрішніх водах України, заходження іноземних невійськових суден і військових кораблів у внутрішні води і порти України та перебування у них, утримання державного кордону України, проведення різних робіт, промислової та іншої діяльності на державному кордоні [1].

Більша частина цієї статті має пряме відношення до морського кордону, згідно з чим на Державну прикордонну службу України покладаються певні обов’язки з контролю за дотриманням вимог законодавства з прикордонних питань.

Крім того, необхідно враховувати вимоги статей 9, 13–18 [1].

Відповідно до Державної цільової правоохоронної програми “Облаштування та реконструкція державного кордону” на період до 2020 року [2, 3] визначено необхідність здійснення низки взаємопов’язаних заходів, спрямованих на відновлення, облаштування та реконструкцію державного кордону, зокрема щодо створення державної інтегрованої інформаційної системи висвітлення надводної і підводної обстановки в акваторії Чорного й Азовського морів та басейнах річок Дніпро і

Дунай для своєчасного виявлення загроз та реагування на них.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Попереднє вивчення інформаційних джерел дозволило встановити недостатність дослідження питання щодо функціонування елементів системи висвітлення надводної обстановки прикордонного відомства України.

Для успішного виконання поставленого завдання розглянуто методологічні основи оцінки ефективності функціонування елементів системи висвітлення надводної обстановки.

У Державній прикордонній службі України питаннями висвітлення надводної обстановки на морській ділянці державного кордону займалися такі вчені, як О. М. Шинкарук, В. О. Назаренко, І. С. Катеринчук, О. В. Боровик, В. Ю. Мазур, С. М. Дем’янюк, Б. В. Євдохович, Є. В. Прокопенко, І. І. Чесановський, Р. В. Рачок.

Метою статті є розгляд методологічних основ оцінки ефективності функціонування елементів системи висвітлення надводної обстановки.

Виклад основного матеріалу. Згідно зі ст. 75 [4] до побудови охорони державного кордону на ділянці прикордонного загону входить система збирання, добування та оброблення даних обстановки. На морській ділянці найважливішим елементом системи збирання, добування та оброблення даних обстановки є система висвітлення надводної обстановки (СВНО) [4]. СВНО – це

упорядковані у просторі охорони кордону відповідні елементи, які здійснюють збирання, добування, оброблення, передачу даних про надводну обстановку, сили і засоби їх забезпечення та управління. Основним елементом СВНО є система спостереження. Оптимальність СВНО визначається за критерієм “ефективність – вартість”.

Усі зразки ТЗС у системі спостереження повинні бути функціонально пов’язані таким чином, щоб їх переваги підсумовувалися, а недоліки компенсувалися, зводилися до мінімуму.

На жаль, сьогодні існують помилкові погляди стосовно радіолокаційного спостереження однотипними радіолокаційними станціями (РЛС) в умовах остаточної невизначеності, який саме клас (тип) цілей необхідно гарантовано виявляти. Для їх виявлення можливе застосування РЛС *см* та *мм* діапазону хвиль як стаціонарних, так і рухомих.

Створення суцільного поля спостереження РЛС *мм* діапазону як найбільш ефективних для всіх типів об’єктів у сучасних умовах – завдання досить складне, тому більш реалістичним буде для вирішення завдань контролю за дотриманням режиму кордону створити суцільне поле спостереження РЛС *см* діапазону електромагнітних хвиль (рисунок).

Якщо на будь-якій ділянці створювати суцільне поле спостереження, то необхідним є взаємне перекриття зон спостереження окремих ПТС, яке визначається коефіцієнтами перекриття (К). Ш, Б, і К зв’язані між собою таким відношенням:

$$K = \sqrt{1 - \frac{A^2}{R^2}}; \quad (0 < A < R); \quad (1)$$

$$Ш = Б = 2RK. \quad (2)$$

Знаючи величину бази або ширину зони, можна легко знайти середню кількість ПТС заданого типу (N) для створення суцільного поля спостереження на ділянці відповідальності регіонального управління, органу (підрозділу) охорони державного кордону протяжністю (L):

$$N = L/Б. \quad (3)$$

Площу максимальної зони спостереження можна підрахувати таким чином:

1) для кругового режиму огляду РЛС

$$S = \pi R_{\max}^2; \quad (4)$$

2) для секторного режиму огляду РЛС

$$S = \pi R_{\max}^2 \cdot \frac{1}{360}; \quad (5)$$

3) для рухомого засобу

$$S = 2RV_n T + \pi R^2, \quad (6)$$

де T – час спостереження, год;

V_n – швидкість засобу спостереження, км/год;

R – дійсна дальність виявлення об’єкта РЛС, км.

Приклад:

РЛС “Наяда-5” здатна виявити середню ціль з $P = 0,8$ на відстані 16 миль [5].

РЛС катера проекту 1400 з тією ж самою ймовірністю може виявити середню ціль на відстані 12 миль.

Корисна робоча площа для РЛС “Наяда-5” секторна, у бік моря.

Швидкість катера – 18 вузлів (33,34 км/год), час пошуку – 3 год.

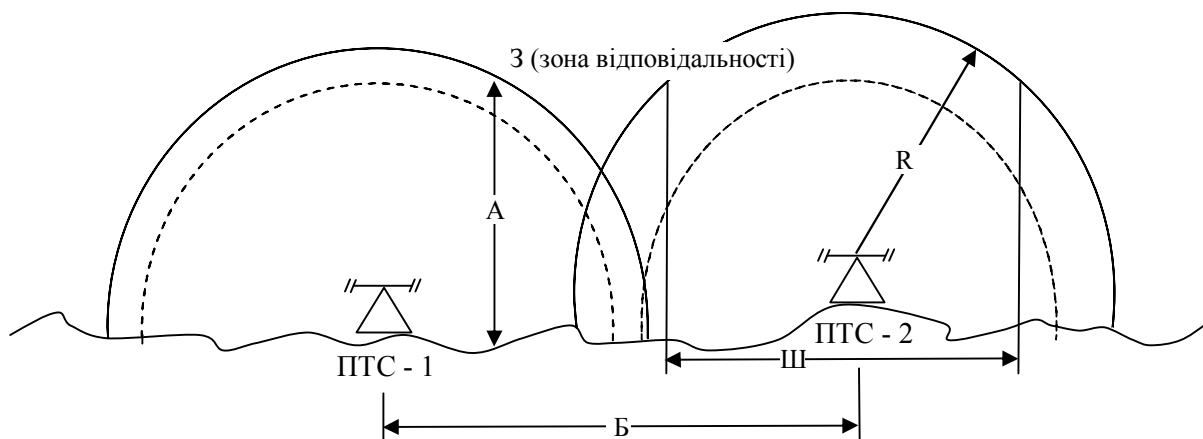


Схема побудови суцільного поля спостереження:

Ш – ширина зони спостереження; Б – (база) відстань між окремими постами технічного спостереження (ПТС); А – глибина поля спостереження; З – зона відповідальності (обмежується лінією берега, лініями передачі цілей по флангах і дугою, проведеною радіусом виявлення даного класу цілей)

Підставивши дані, отримаємо:

$$S = 3,14 \cdot 29,632^2 \cdot 180 \div 360 = 93 \text{ км}^2;$$

$$S = 2 \cdot 22,224 \cdot 33,34 \cdot 3 + 3,14 \cdot 22,224^2 = 143,9 \approx 144 \text{ км}^2.$$

Із проведених розрахунків видно, що можливості рухомого засобу спостереження навіть за менших можливостей ТЗС значно вищі, і вони суттєво збільшуватимуться у разі збільшення швидкості та часу пошуку.

Знаючи площу зони спостереження, доцільно буде підрахувати ефективність як стаціонарного, так і рухомого засобу спостереження.

Ефективність – це ступінь пристосованості системи спостереження до виконання заданих функцій у конкретних умовах протягом необхідного часу. Вона є кількісною мірою ступеня вирішення поставлених перед системою спостереження задач [6].

Наведені вище розрахунки доцільно використовувати як у повсякденних умовах, так і при ускладненні обстановки, зважаючи на висновки з оцінювання погодних умов, часу доби і пори року, тому що ці чинники безпосередньо впливають на якість роботи елементів системи спостереження.

Можливості виявлення об'єкта однією РЛС, яка працює на місці:

$$P_{\Pi} = 1 - e^{-\frac{R(R-d)}{2 \cdot S \cdot V \cdot t}}, \quad (7)$$

де P_{Π} – імовірність виявлення об'єкта;

R – найбільший радіус спостереження РЛС, км;

d – мінімальне віддалення об'єкта від РЛС, км.

Можливості виявлення об'єкта рухомими засобами спостереження (катер, корабель):

$$P = 1 - e^{-\gamma}, \quad \gamma = \frac{2RVt}{S}, \quad (8)$$

де P – імовірність виявлення об'єкта;

e – основа натуральних логарифмів;

R – дійсна дальність виявлення об'єкта РЛС, км;

V – швидкість руху засобу розвідки, км/год;

t – час пошуку, год;

S – площа району спеціальних заходів, км².

Якщо у районі необхідно виявити декілька об'єктів, то математичне сподівання (середня кількість) виявлених об'єктів можна обчислити за формулою

$$M = NP, \quad (9)$$

де M – середня кількість виявлених об'єктів;

N – загальна кількість об'єктів у районі спеціальних заходів;

P – імовірність виявлення об'єкта.

Приклад: необхідно виявити ціль у районі $S = 100 \text{ км}^2$ у зоні спостереження РЛС “Наяда-5”. Максимальна дальність спостереження РЛС

“Наяда-5” – 64 милі (118,5 км) [5]. Максимальна дальність виявлення середньої цілі – 16 миль (29,6 км). У цьому ж районі пошук здійснює катер морської охорони (КАМО) проекту 1400, обладнаний РЛС “Печора” з максимальною дальністю спостереження 48 миль (88,9 км). Середня ціль може бути виявлена ним на відстані 12 миль (22,2 км). Час пошуку – 3 год зі швидкістю 16 вузлів (29,6 км/год).

Підставивши дані, отримаємо:

$$1) P_{\Pi} = 1 - e^{-\frac{118,5(118,5-29,6)}{2 \cdot 100 \cdot 29,6}} = 0,7;$$

$$2) P = 1 - e^{-\gamma} = 0,9, \quad \gamma = \frac{2 \cdot 22,2 \cdot 29,6 \cdot 3}{100}.$$

Із розрахунків видно, що ефективність катера, навіть з менш потужною РЛС, як рухомого засобу вища, ніж стаціонарної берегової РЛС. Тому для виконання пошукових завдань доцільніше використовувати можливості кораблів (катерів), а ще більшою є ефективність повітряного засобу спостереження (літака, вертольота).

Знаючи можливість одного засобу спостереження, можна підрахувати їх ефективність у комплексі через імовірність:

$$P_{\Pi} = 1(1 - P_1)^{\Pi}, \quad (10)$$

де P_{Π} – імовірність виявлення цілей групою однотипних засобів;

P_1 – імовірність виявлення цілей одним засобом спостереження;

Π – кількість задіяних засобів.

Слід відмітити, що можливості того чи іншого засобу спостереження підраховуються для кожної цілі – надмалої морської цілі (НМЦ); малої морської цілі (ММЦ); середньої морської цілі (СМЦ); великої морської цілі (ВМЦ); надвеликої морської цілі (НВМЦ) – окремо. Створення необхідної кількості постів технічного спостереження на узбережжі моря за заданої ймовірності того чи іншого класу цілей можна подати таким чином:

$$\Pi = \frac{\log(1 - P_{\Pi})}{\log(1 - P_1)}, \quad (11)$$

де P_{Π} – імовірність виявлення цілі;

P_1 – імовірність виявлення цілі одним засобом спостереження.

При веденні спостереження різноманітними засобами – як рухомими, так і стаціонарними, їх ефективність можна визначити так:

$$P_{\Pi} = 1 - (1 - P_1) * (1 - P_2) * \dots * (1 - P_i), \quad (12)$$

де P_{Π} – ступінь виконання завдання;

P_1, P_2, \dots, P_i – ефективність засобів, які залучені до виконання завдання.

Приклад: на ділянці відділу прикордонної служби діють три засоби спостереження: 1 ПТС, 1 п/н ПС, 1 катер у русі. Їх ефективність з виявлення МЦ дорівнює для ПТС = 0,6; для п/н = 0,4; для катера = 0,7, тобто

$$P_n = 1 - (1 - 0,4) * (1 - 0,6) * (1 - 0,7) = 1 - 0,6 * 0,4 * 0,3 \approx 0,92.$$

Імовірність виявлення ММЦ трьома засобами спостереження близька до одиниці. За заданої ймовірності для раціонального та ефективного використання рухомих засобів спостереження, а особливо під час ведення спеціальних заходів щодо пошуку правопорушників і рятувальних операцій, слід зупинитися на відповідних підрахунках.

1. Час на виконання завдання:

$$t = \frac{S_{\text{н}}(1 - P_{\text{зд}})}{2RV} \quad (13)$$

2. Кількість рухомих засобів спостереження для виконання завдання:

$$n = \frac{S_{\text{н}}(1 - P_{\text{зд}})}{2RVt} \quad (14)$$

3. Площа району пошуку одним засобом:

$$S = \frac{2RVt}{I_{\text{н}}(1 - P_{\text{зд}})} \quad (15)$$

Критерій ефективності – чисельний показник, за величиною якого можна судити про ефективність (корисність) зброї та спеціальної техніки [6].

За критерій ефективності елемента СВНО (окремого засобу спостереження) можна прийняти відносно середню площу контрольованої поверхні суші чи моря з урахуванням імовірності справної роботи засобів висвітлення обстановки.

Цей критерій виражається такою формулою:

$$E_1 = \frac{S_1^j * P_1^j(t) * P_n^j(t)}{S} \quad (16)$$

де S_1^j – контрольована площа одним засобом по конкретному об'єкту спостереження (імовірна зона);

P_1^j – імовірність виявлення одного об'єкта у разі його знаходження у зоні дії одного засобу спостереження;

$P_n^j(t)$ – імовірність безвідмовної (справної) роботи одного засобу спостереження за час t ;

S – повна площа району, який необхідно контролювати (охороняти).

Для всієї системи спостереження на ділянці регіонального управління (органу охорони державного кордону):

$$E_n = \frac{1}{S} * P_n(t) * \sum_{j=1}^N S_1^j * P_1^j(t), \quad (17)$$

де $P_n(t)$ – імовірність безвідмовної роботи всієї системи;

N – кількість елементів системи.

Наведений критерій є комплексним, оскільки містить у собі цілу низку показників якості, а тому залежить від багатьох чинників.

Отже, яка б досконала техніка не використовувалася в системі спостереження, її ефективність постійно буде змінюватися під впливом великої кількості об'єктивних і суб'єктивних чинників. Це ще раз свідчить про необхідність комплексного застосування елементів СВНО.

Вихідною базою для комплексного застосування всіх засобів спостереження слугує система єдиної оцінки ефективності ТЗС. У цьому розумінні ймовірнісні показники виявлення об'єкта в зоні спостереження ТЗС відповідають їй повністю. На цій основі можна отримати й критерії для оцінювання ефективності комплексного застосування ТЗС:

$$E_n = 1 - P_1/P_k \quad (18)$$

де P_1 – середня ймовірність виявлення об'єкта найбільш ефективним ТЗС, який входить у комплекс, у даній зоні протягом доби;

P_k – середня ймовірність при комплексному застосуванні ТЗС у тій же самій зоні протягом доби.

Висновки

Таким чином, комплексне використання можливостей кожного елемента системи висвітлення надводної обстановки, компенсація недоліків одного елемента можливостями іншого, не заважати, а доповнювати спроможність іншого – усе це забезпечить підвищення ефективності СВНО у цілому.

Напрямом подальшого дослідження будуть можливості успішного функціонування інформаційного, технічного, ресурсного видів забезпечення системи висвітлення надводної обстановки.

Список використаних джерел

1. Про державний кордон України : Закон України [Текст] // Відомості Верховної Ради України. – 1991. – № 2. – С. 5 ; [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1777-12>. – Назва з екрана.

2. Про схвалення Концепції Державної цільової правоохоронної програми “Облаштування та реконструкція державного

кордону” на період до 2020 року [Текст] : Постанова Кабінету Міністрів України від 11 листопада 2015 р. № 1179-р.

3. Про затвердження плану першочергових заходів з облаштування державного кордону вздовж берегової лінії та забезпечення охорони територіального моря України в межах Донецької, Запорізької, Херсонської та Миколаївської областей [Текст] : Постанова Кабінету Міністрів України від 13 жовтня 2015 р. № 1068-р.

4. Статут Державної прикордонної служби з охорони державного кордону України. Частина I. Прикордонний загін (проект) [Текст]. – Хмельницький : НАДПСУ, 2004. – 101 с.

5. Навігаційна РЛС “Наяда-5” (будова та експлуатація). – Хмельницький : НАПВУ, 1998

6. Дмитриев, В. А. Основы применения технических средств наблюдения пограничных войск [Текст] / В. А. Дмитриев. – Москва, 1991.

Стаття надійшла до редакції 15.12.2017 р.

Рецензент – доктор військових наук, доцент Д. А. Купрієнко, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький, Україна

УДК 355.457

В. Ю. Мазур

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ НАДВОДНОЙ ОБСТАНОВКИ

Рассмотрены методологические основы оценки эффективности функционирования элементов системы освещения надводной обстановки как в повседневных условиях, так и во время ее усложнения. Предложена методика расчета количества радиолокационных станций для мониторинга надводной обстановки на участке ответственности органа охраны государственной границы (отдела пограничной службы).

Ключевые слова: система освещения надводной обстановки, исключительная (морская) экономическая зона, радиолокационная станция, пост технического наблюдения, эффективность, критерий.

UDC 355.457

V. Yu. Mazur

EFFICIENCY EVALUATION OF THE ELEMENTS FUNCTIONING OF THE SURFACE ENVIRONMENT MONITORING SYSTEM

The article deals with the methodological basis for efficiency evaluation of the elements functioning of the surface environment monitoring system both in everyday conditions and during its complication. The method of calculating the number of radar stations for monitoring the surface conditions at the area of responsibility of the State Border Guard Unit (Border Guard Division) has been proposed.

Keywords: surface environment monitoring system, exclusive (marine) economic zone, radar station, technical observation post, efficiency, criterion.

Мазур Валентин Юрійович – кандидат військових наук, доцент, докторант Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького