

УДК 621.391

С.В. Закіров, А.О. Феклістов

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ВИЗНАЧЕННЯ СИСТЕМИ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

На основі аналізу сучасних тенденцій розвитку радіоелектронної боротьби проведена класифікація критеріїв та показників оцінки ефективності заходів щодо дезорганізації управління військами та зброєю противника.

Ключові слова: радіоелектронна боротьба, оцінка ефективності, дезорганізація управління.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Досвід сучасних локальних війн та збройних конфліктів свідчить, що хід і результати бойових дій залежать в значній мірі від якості управління військами і зброєю. У зв'язку з цим радіоелектронна боротьба (РЕБ), направлена на дезорганізацію управління противника і забезпечення стійкого управління своїми військами і бойовими засобами, стає невід'ємною складовою бойових дій будь-якого масштабу. Таким чином оцінка впливу заходів РЕБ при дезорганізації управління військами та зброєю противника є актуальною задачею.

Досвід ведення бойових дій і навчань з використанням комплексів і засобів РЕБ, показав, що їхня ефективність істотно залежить від досконалості і організації тактики використання засобів РЕБ у ході операції [1]. При цьому для оцінки ефективності заходів щодо дезорганізації управління в різних ланках і різних умовах обстановки використовуються різноманітні критерії та показники. На даний час існує достатня кількість джерел, в яких розглянути питання оцінки ефективності РЕБ. Але в цих публікаціях розглянути лише окремі сторінки проблеми, чітко не визначені умови використання критеріїв та показників особливо при дезорганізації системи управління військами та зброєю противника. Більша частина питань, що розглядаються, стосується засобів РЕБ. Менше уваги приділяється оперативним та тактичним питанням оцінки ефективності радіоелектронної боротьби.

Ефективність заходів РЕБ при дезорганізації управління військами та зброєю противника, що виявляється через зниження якості функціонування систем управління, може оцінюватися різними критеріями. Тому виникає задача визначення класифікації критеріїв ефективності та можливості їх використання при плануванні заходів по дезорганізації управління військами та зброєю противника.

Метою статті є узагальнення критеріїв та показників оцінки ефективності РЕБ при дезорганізації управління військами та зброєю противника, надан-

ня рекомендацій щодо їх використання при плануванні бойових дій.

Викладення матеріалів досліджень

Ефективність засобів РЕБ оцінюють за чотирима основними критеріями: інформаційний, енергетичний, тактичний і економічний [2].

Інформаційний критерій використовується для порівняльної оцінки якості перешкод. Він дозволяє визначити ефективність перешкоди і її стійкість до мір перешкодостійкості.

Ефективність перешкод за цим критерієм звичайно оцінюється в порівнянні з білим шумом. Найбільш повно маскуючі властивості перешкодового сигналу $x(t)$ описуються багатомірною ентропією [3]

$$H_n(x) = - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} P_n(x_1, \dots, x_n) \log_2 P_n(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_n, \quad (1)$$

де $H_n(x)$ – багатомірна ентропія перешкодового сигналу; $P_n(x_1, \dots, x_n)$ – багатомірна щільність імовірності перешкодового сигналу.

Ефективність перешкоди, що створюється, оцінюється співвідношенням

$$K_{\text{еп}} = \frac{H_n}{H_{\text{нб.ш}}} = \frac{H_1}{\log_2 \sqrt{2\pi e P_{\text{б.ш}}}}, \quad (2)$$

де $H_{\text{нб.ш}} = 2T\Delta f_{\text{max}} \log_2 \sqrt{2\pi e P_{\text{б.ш}}} = 2T\Delta f_{\text{max}} H_{\text{б.ш}}$; $H_{\text{нб.ш}}$ – багатомірна ентропія білого шуму; H_1 – одномірна ентропія реального шуму; $P_{\text{б.ш}}$ – потужність білого шуму тривалістю T і обмеженого шириною спектра Δf_{max} . При оцінці маскуючих властивостей перешкоди може бути використане відношення ентропійної потужності P_e реального шуму до його середньої потужності $P_{\text{п}}$

$$K_{\text{емп}} = P_e / P_{\text{п}}. \quad (3)$$

Ентропійною потужністю P_e реального шуму називається потужність білого шуму, ентропія якого дорівнює ентропії реального шуму $H_1(x)$.

Ентропійна потужність визначається виразом

$$P_{\text{б.ш}} = \frac{1}{2\pi e} e^{2N_1/1,44}, \quad (4)$$

де N_1 – одномірна ентропія реального шуму, що у даному випадку дорівнює ентропії білого шуму.

Властивості перешкоди залежать також від ступеня рівномірності її спектра, що може бути оцінена спектральним коефіцієнтом якості ($K_{\text{як.с}}$)

$$K_{\text{як.с}} = \frac{S_{\Pi}(\Delta f_{\Pi})}{S_{\Pi, \text{max}}}, \quad (5)$$

де $S_{\Pi}(\Delta f_{\Pi})$ – значення спектральної щільності перешкоди при $f = \Delta f_{\Pi}$; $\Delta f_{\Pi} = \int_0^{\infty} S_{\Pi}(f) df / S_{\Pi, \text{max}}$ – еквівалентна ширина спектра перешкоди; $S_{\Pi, \text{max}}$ – максимальне значення спектральної щільності перешкоди.

При оцінці імітуючих властивостей перешкоди застосовується різниця умовних ентропій випадкових параметрів, що імітуються, корисного сигналу і відповідних параметрів перешкодового сигналу. Найкраща імітація досягається при рівності нулю цієї різниці.

Енергетичний критерій застосовується для порівняння енергетичних можливостей перешкодових сигналів щодо подавлення заданого радіоелектронного засобу. Для порівняння застосовується коефіцієнт подавлення $K_{\Pi} = (P_{\Pi, \text{вх}} / P_{\text{с.вх}})_{\text{мін}}$, який визначає мінімальне відношення потужностей P_{Π} і $P_{\text{с}}$ перешкоди і сигналу на вході приймача, що подавляється, у межах його смуги пропускання, при якому настає заданий ступінь подавлення радіоелектронного засобу. Кількісно ступінь подавлення характеризується зниженням імовірності виконання своїх функцій радіоелектронного засобу, що подавляється. Значення K_{Π} залежить від виду перешкоди, способу обробки сигналів у радіоелектронному засобі та інших факторів.

Енергетичний критерій відрізняється від інформаційного тим, що він вимагає знання конкретних характеристик радіоелектронного засобу, що подавляється, і засобів РЕБ.

Тактичний критерій призначений для оцінки повноти виконання задачі засобом РЕБ та дозволяє реалізувати порівняння різних засобів і способів РЕБ. Найбільш повною кількісною характеристикою тактичного критерію є імовірність виконання конкретної задачі. Іншими показниками тактичної ефективності засобів РЕБ можуть бути: збільшення помилок визначення місцеположення цілей, збільшення часу виявлення об'єкта на фоні перешкод.

Економічний критерій служить для порівняльної оцінки засобів РЕБ за відношенням їх вартості до ефективності. Він використовується при створенні і застосуванні засобів РЕБ. Оптимізація засобів РЕБ за економічним критерієм полягає у визначенні оптимальних параметрів перешкодових сигналів, потужності передавача перешкод, діаграми спрямованості та ін-

ших характеристик апаратури засобів РЕБ при наявності ряду обмежень за масою, об'ємом і вартістю.

При застосуванні засобів РЕБ за допомогою економічного критерію оцінюється відносна доцільність застосування засобів РЕБ і вогневої поразки для вирішення однієї і тієї ж задачі. Для оцінки ефективності РЕБ необхідно мати мінімум три взаємозв'язані рівні критеріїв якості функціонування систем управління противника: бойові, інформаційно-бойові та інформаційні критерії.

Бойові критерії дозволяють враховувати вплив заходів РЕБ на результати бойових дій військ.

Інформаційно-бойові критерії дозволяють оцінювати вплив заходів РЕБ на ефективність роботи систем управління противника.

Інформаційні критерії дозволяють оцінювати погіршення можливостей окремих радіоелектронних засобів противника по добуванню і передачі інформації за рахунок заходів РЕБ.

З бойових критеріїв, що характеризують вплив РЕБ на кінцевий результат бойових дій, найбільше розповсюдження отримали такі критерії, як коефіцієнт нанесення (запобігання) збитку, коефіцієнт зменшення (збільшення) бойових потенціалів, коефіцієнт приросту (зниження) імовірності виконання бойової задачі. Коефіцієнт нанесення (запобігання) збитку дозволяє оцінювати, який додатковий збиток може бути заподіяний противнику (якому збитку для наших військ може запобігти) в результаті дії сил і засобів радіоелектронної боротьби на систему управління військами і зброєю противника. Визначення цього коефіцієнта звичайно засновано на допущенні, що результативність бойового застосування засобів поразки противника функціонально залежить від ефективності роботи їх систем управління.

Визначення коефіцієнта зменшення (збільшення) бойових потенціалів засновано на передумові, згідно якої в загальній структурі бойового потенціалу певна частка (наприклад, 20 – 25%) відводиться системі управління. Тому цілеспрямована дія на систему управління військами і зброєю противника приведе до зниження його бойового потенціалу в межах вказаної частки, а отже, і до зменшення втрат наших військ, що рівносильне відповідному збільшенню їх бойового потенціалу.

Коефіцієнт приросту (зниження) імовірності виконання бойової задачі дозволяє врахувати вплив ступеня дезорганізації системи управління противника на своєчасність і якість виконання бойової задачі військами і бойовими засобами. Іншим шляхом, який дозволяє, не вдаючись до оцінок впливу РЕБ на результати бойових дій, кількісно обґрунтувати рішення по дезорганізації управління військами і зброєю противника, є визначення так званих інформаційно-бойових критеріїв ефективності.

Оскільки основними об'єктами РЕБ є радіоелектронні системи розвідки і зв'язку, які визначають техні-

чну базу системи управління військами противника, якість управління в будь-якій ланці можна поставити в однозначну залежність від стану зв'язку з вищестоящими і підлеглими органами управління і наявності розвідданих про противника, тобто від стану системи розвідки. Якість функціонування системи управління і її можливості можуть оцінюватися пропускнуною спроможністю при прийомі, обробці і передачі інформації, часом передачі команд і розпоряджень, тривалістю циклу управління, точністю роботи системи і іншими характеристиками, залежними від призначення системи.

При дезорганізації управління військами і бойовими засобами противника зниження якості і можливостей цієї системи може привести до спізень в нанесенні ударів і дій військ, невчасному введенню резервів, других ешелонів або до запізненого здійснення маневру силами і засобами. Це, у свою чергу, сприятиме зміні співвідношення сил і засобів на користь наших військ. Найбільше розповсюдження отримав такий інформаційно-бойовий критерій, як збільшення тривалості загального циклу роботи системи управління противника за рахунок проведення заходів щодо її дезорганізації. Чисельне значення цього показника може виражатися в абсолютних чи відносних величинах. Абсолютна величина може бути оцінена за допомогою виразу:

$$\Delta T_{зцу} = T_{зцу} - T_{цу}, \quad (6)$$

де $\Delta T_{зцу}$ – абсолютна величина затримки циклу управління; $T_{зцу}$ – час циклу управління із затримкою за рахунок заходів щодо дезорганізації управління; $T_{цу}$ – час циклу управління в звичайних умовах.

Відносна величина затримки циклу управління визначається наступним образом:

$$\delta_{зцу} = T_{зцу} / T_{цу}, \quad (7)$$

де $\delta_{зцу}$ – відносна величина затримки циклу управління. Вказаний критерій в явному вигляді відображає ефект дії сил і засобів РЕБ на систему управління через затримку інформації в системах розвідки і зв'язку. Величина часу затримки повідомлень в системах розвідки і зв'язку показує, якого інформацій-

ного збитку в розвідувальних відомостях або в бойових розпорядженнях завданий до даного моменту часу пункту управління противника, на якому повинно бути ухвалено рішення на дії підлеглих військ і бойових засобів по новій обстановці, що склалася.

Затримка повідомлень в лінії, напрями або системі радіозв'язку і затримка у виявленні цілей засобами розвідки, які отримані за рахунок заходів РЕБ і характеризують інформаційні втрати в елементах системи зв'язку і розвідки противника, є інформаційними критеріями ефективності.

Висновок

Розглянуті критерії та показники дозволяють оцінити погіршення якості управління військами та зброєю противника за рахунок дезорганізації роботи його радіоелектронних систем і засобів, визначити ефективність запланованих заходів щодо РЕБ відповідно до задач військ.

Вказані критерії мають оперативно-тактичний сенс і можуть використовуватися для оцінки ефективності заходів щодо дезорганізації управління військами та зброєю противника в різних ланках і різних умовах обстановки при плануванні та проведенні операцій. Методики визначення чисельних значень вказаних критеріїв ефективності, як правило, відрізняються достатньо великою складністю [12]. Для їх знаходження необхідно мати моделі бойових дій і повинно проводитися в рамках окремих досліджень.

Список літератури

1. Дробаха Г.А. Развитие тактики действий засобів повітряного нападу в локальних конфліктах XXI століття / Г.А. Дробаха, С.М. Піскунов, І. М. Тихонов // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 1. – С. 6–10.
2. Вакин С.А. Основы радиоэлектронной борьбы. Ч. 1 / С.А. Вакин, Л.Н. Шустов – М.: Сов. радио, 2001. – 434 с.
3. Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, – 1992. – 386 с.

Надійшла до редколегії 30.10.2013

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.М. Сотніков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИСТЕМЫ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

С.В. Закиров, А.А. Феклистов

На основе анализа современных тенденций развития радиоэлектронной борьбы проведена классификация критериев и показателей оценки эффективности мероприятий по дезорганизации управления войсками и оружием противника.

Ключевые слова: радиоэлектронная борьба, оценка эффективности дезорганизации управления.

DETERMINATION OF SYSTEM OF CRITERIA OF ESTIMATION OF EFFICIENCY OF FACILITIES OF RADIO ELECTRONIC FIGHT IS IN MODERN TERMS

S.V. Zakirov, A.A. Feklistov

On the basis of analysis of modern progress of radio electronic fight trends classification of criteria and indexes of estimation of efficiency of measures is conducted on disorganization of management troops and weapon of opponent.

Keywords: radio electronic fight, effectiveness assessment, management disorganization.