

УДК 621.391

С.В. Закіров

*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ІМОВІРНОСТІ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ СИСТЕМОЮ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ

*На основі тенденцій змін характеру збройної боротьби в XXI столітті та розвитку радіоелектронних засобів збройної боротьби запропонована функціональна структура та зроблена оцінка імовірності виконання завдання системою радіоелектронної боротьби.*

**Ключові слова:** радіоелектронна боротьба, система масового обслуговування, оцінка ефективності

### Вступ

**Постановка проблеми у загальному вигляді і аналіз літератури.** Аналіз досвіду сучасних війн і збройних конфліктів дозволяє в якості однієї з найважливіших тенденцій змін характеру збройної боротьби в XXI столітті виділити зростання ролі інформаційної складової. Це пов'язано з оснащенням військ системами озброєння, які засновані на широкому використанні інформаційних технологій, а також швидкодіючими системами розвідки, зв'язку, автоматизованого управління та інше. Вирішальний внесок у завоюванні переваги в інформаційному просторі покладається на радіоелектронну боротьбу (РЕБ). У зв'язку із цим питання дослідження перспектив розвитку РЕБ, зв'язку, автоматизованого управління на основі використання сучасних інформаційних технологій є актуальними [1, 2]. Велика увага в сучасній військовій науці приділяється дослідженням мережецентричних концепцій управління військами (силами). Основною ідеєю даних концепцій є інтеграція всіх сил і засобів у єдиному інформаційному просторі, що дозволяє багаторазово збільшити ефективність їхнього бойового застосування за рахунок синергетичного ефекту. В цих умовах виникає необхідність розглянути місце сучасної структури РЕБ та оцінити її ефективність.

**Мета статті** – сформулювати загальний вигляд сучасної системи РЕБ та на основі математичної моделі оцінити її ефективність.

### Основна частина

Досвід локальних війн та збройних конфліктів другої половини XX початку XXI століть свідчить, що основні зусилля збройної боротьби спрямовані на руйнування інформаційного простору противника, каналів навігації, наведення, систем зв'язку та управління в цілому, основу яких складають радіоелектронні засоби. Вирішальний внесок у завоюванні переваги в збройній боротьбі покладається на РЕБ.

В сучасних умовах РЕБ набирає риси специфічної форми бойових дій. Сили і засоби РЕБ залучаються до вирішення завдань тактичного, оперативного-тактичного та оперативного рівнів. В цих умовах сучасні виклики спонукають до вжиття кардинальних та дієвих заходів щодо розвитку РЕБ.

На підставі прогнозу можливого розвитку воєнно-політичної обстановки у світі та навколо України, аналізу воєнних конфліктів останнього десятиліття, завдань, ресурсних можливостей держави, рівня фінансування, сучасного стану й результатів попередніх років реформування і розвитку військ, основним напрямом розвитку має бути створення цілісної системи РЕБ, оснащеною сучасною технікою та готовою до виконання завдань за ситуаціями застосування збройних сил у штатах мирного і воєнного часу [3].

Створення цілісної системи РЕБ повинно створити сприятливі умови для забезпечення функціонування збройних сил у мирний час, успішного проведення їх стратегічного розгортання та операцій (бойових дій), ефективного застосування своїх військ (сил), озброєння і військової техніки під час виконання визначених завдань, а також зниження ефективності застосування військ (сил) і зброї противника.

При створенні такої системи РЕБ мають бути враховані тенденції удосконалення та розвитку сучасних механізмів управління збройними силами, які спрямовані на інтеграцію в єдину державну автоматизовану систему управління. Удосконалення системи управління здійснюється шляхом розвитку її основних компонентів: органів управління, пунктів управління, створення елементів Єдиної автоматизованої системи управління та переоснащення системи зв'язку на цифрові засоби.

Система РЕБ – сукупність військових формувань, організаційно зведених у частини й підрозділи РЕБ, а також індивідуальних, групових засобів РЕБ, об'єднаних загальною системою управління, дії яких сплановані, узгоджені й організовані за єдиним замислом і планом, під єдиним керівництвом.

Метою створення сучасної системи РЕБ – є розвиток системи управління військовими частинами (підрозділами) РЕБ, створення автоматизованих, багатофункціональних, мобільних комплексів (станцій) радіоелектронного подавлення, здатних гарантовано дезорганізувати систему управління військами та зброєю противника, забезпечити надійний захист наземних об'єктів від високоточної зброї, набуття військовими частинами РЕБ нових оперативних можливостей.

Основними завданнями системи РЕБ є порушення управління силами та засобами повітряного нападу, протиповітряного угруповання противника, зниження ефективності застосування ним зброї, підвищення стійкості роботи своїх систем і засобів управління, обмеження можливостей противника щодо добування інформації за допомогою технічних засобів.

Під ефективністю системи РЕБ будемо розуміти ступінь відповідності результатів її функціонування завданням, що стоять перед нею. Для оцінки ефективності функціонування системи РЕБ в інтересах прийняття обґрунтованих рішень використовується система якісних та кількісних показників. В подальшому будемо вважати, що основу системи РЕБ будуть складати новітні сучасні засоби, які здатні якісно виконувати покладені на систему РЕБ завдань. Одним з важливих кількісних показників, який характеризує ефективність системи РЕБ є імовірність виконання завдання системою РЕБ. Розглянемо методику оцінки цього показника.

Функціональна структура системи РЕБ представлена на рис.1. Вона містить у собі наступні функціональні підсистеми: інформаційну підсистему, єдину автоматизовану підсистему управління; підсистему радіоелектронного подавлення (РЕП).

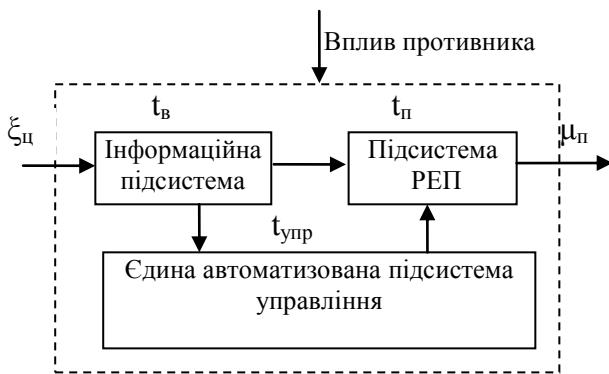


Рис. 1 Функціональна структура сучасної системи РЕБ

Кожна підсистема виконує свою функцію й передає інформацію й керуючі команди на інші підсистеми. Взаємодія зазначених підсистем у системі РЕБ визначає робочий цикл бойового застосування системи. Процес функціонування системи РЕБ являє собою, як правило, послідовний процес виконання окремих операцій, тому загальний час реакції системи РЕБ дорівнює сумі часів складових його операцій [4]:

$$t_{\Sigma} = t_{\text{в}} + t_{\text{п}} + t_{\text{упр}},$$

де  $t_{\text{в}}$  – час виявлення цілей,  $t_{\text{п}}$  – час підготовки до подавлення та подавлення цілей,  $t_{\text{упр}}$  – час видачі цільовказання. Для послідовного процесу його ритм (середня тривалість інтервалу між реакціями системи РЕБ) характеризується максимальною середньою тривалістю операції циклу:

$$\bar{t}_{\text{р}} = \max \{ \bar{t}_{\text{в}} + \bar{t}_{\text{п}} + \bar{t}_{\text{упр}} \}. \quad (1)$$

Риса позначає середній час виконання відповідної операції [10].

Операція з максимальною тривалістю циклу є

визначальною, але тільки в тому випадку, коли частина їх (операцій) виконується паралельно.

В якості узагальненої характеристики, що характеризує спроможність системи РЕБ виконувати покладені на неї завдання, використаємо інтенсивність її функціонування  $\mu_{\text{п}}$ , що обернено пропорційна величині ритму процесу й характеризує середнє число реакцій (продуктивність) системи РЕБ в одиницю часу  $\mu_{\text{п}} = \left(\bar{t}_{\text{р}}\right)^{-1}$ .

Процес застосування системи РЕБ пов'язаний з дією великої кількості випадкових факторів, тому носить імовірнісний характер. До них, насамперед, відносяться протидія противника, подавлення засобів виявлення цілей і передачі команд управління, вогневого й іншого видів поразки елементів системи РЕБ, відмови технічних засобів, помилкові дії особового складу й інші фактори. З урахуванням цього функціонування системи РЕБ являє собою деякий випадковий процес, стан якого визначається імовірнісними характеристиками. При певних допущеннях цей процес може бути змодельований марковским безперервним процесом з дискретною безліччю станів [5]. Основним допущенням, строгість якого часто викликає сумнів, є відсутність післядії в реальному процесі. Стосовно до системи РЕБ відсутність післядії означає, що імовірнісні характеристики процесу функціонування системи РЕБ визначаються тільки поточним станом системи й не залежать від минулих станів і від того, яким чином система потрапила в даний стан. Належним вибором станів системи РЕБ й інтенсивностей переходів можна забезпечити виконання цієї вимоги. У цьому випадку процес функціонування системи РЕБ можна з достатнім ступенем коректності описати системою масового обслуговування з різною дисципліною обслуговування заявок.

Вхідним потоком заявок будемо розглядати потік цілей противника с інтенсивністю  $\xi_{\text{ц}}$ . Цей потік у загальному випадку може бути неординарним і нестационарним. Однак, для багатоканальної системи РЕБ на обмеженому інтервалі часу моделювання удару (бою), цей потік може розглядатися як стаціонарний і навіть ординарний. При наявності  $n$  каналів у системи РЕБ інтенсивність подавлення складе –  $n\mu_{\text{п}}$ .

Розглянемо можливі стани системи РЕБ у довільний момент часу:

0 – всі канали “подавлення” вільні (подавлення цілей не ведеться);

1 – зайнятий один канал “подавлення” (здійснюється подавлення однієї цілі);

$n$  – зайняті всі канали “подавлення” (ведеться подавлення  $n$  цілей). У цьому випадку чергова заявка на подавлення виявленої цілі одержує відмову даної системи РЕБ.

Граф станів і можливих переходів показаний на рис. 2.

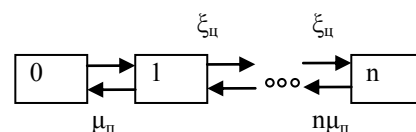


Рис. 2. Граф змін стану системи РЕБ

Користуючись теорією систем масового обслуговування, по даному графу станів можна записати рівняння динаміки імовірностей станів  $p_i(t)$ ,  $i = \overline{0, n}$  системи РЕБ у процесі функціонування:

$$\begin{aligned} p'_0(t) &= -\xi_p p_0(t) + \mu_0 p_1(t); \\ p'_1(t) &= -(\xi_p + \mu_0) p_1(t) + \xi_p p_0(t) + 2\mu_0 p_2(t); \\ p'_n(t) &= -i\mu_0 p_n(t) + \xi_p p_{n-1}(t), \end{aligned}$$

с початковими умовами  $p_0(0)=1, p_1(0)=\dots=p_n(0)=0$ , де  $p'_i(t) = \frac{dp_i(t)}{dt}$  – перша похідна імовірності  $i$ -го стану системи РЕБ. Для стаціонарного режиму функціонування ( $t \rightarrow \infty$ ) імовірності можливих станів розраховуються по відомих формулах:

$$p_0 = 1 / \left( 1 + \sum_{i=1}^n \frac{\alpha^i}{i!} \right), \quad p_i = \frac{\alpha^i}{i!} p_0, \quad (i = \overline{1, n}).$$

Параметр  $\alpha = \frac{\xi_p}{k_b \mu_0}$  характеризує наведену інтенсивність вхідного потоку цілей для системи РЕБ.

Коефіцієнт  $k_b$  характеризує зниження ефективності перешкод в залежності від висоти польоту цілей (рис. 3).

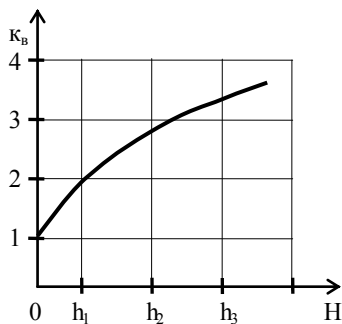


Рис. 3. Залежність коефіцієнта зниження імовірності подавлення цілей від умовної висоти її польоту

Знаючи ці імовірності, неважко визначити основні показники ефективності системи РЕБ як системи масового обслуговування. Такими показниками є: імовірність пропуску цілі –  $P_{пр} = p_n$ ; імовірність подавлення хоча б однієї цілі –  $P_{пн} = 1 - p_n$ ; продуктивність системи РЕБ –  $\rho = \xi_{ц} P_{пн}$ ; середнє число зайнятих каналів подавлення –  $\bar{n} = \alpha P_{пн}$ ; імовірність зайнятості каналу подавлення системи РЕБ –  $\bar{p}_1 = \bar{n} / n$ .

Приклад розрахунків за наведеною методикою наведений на рис. 4.

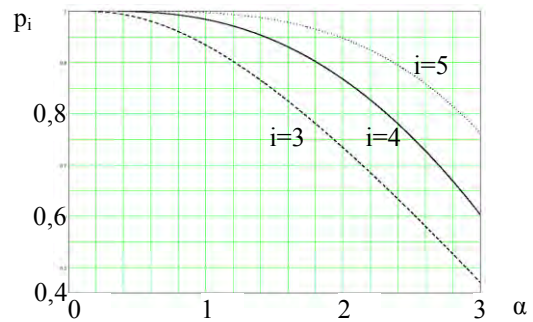


Рис. 4. Залежність імовірності виконання завдання системою РЕБ від наведеної інтенсивності вхідного потоку цілей

### Висновок

В сучасних умовах роль і значення РЕБ досягли рівня, коли успішне ведення РЕБ визначає успіх всієї операції і навіть війни в цілому. Враховуючи це, запропонована функціональна модель системи РЕБ спроможна задовільнити сучасним вимогам ведення збройної боротьби, а модель оцінки її ефективності, яка заснована на теорії масового обслуговування, є чутливою до зовнішніх умов й узагальнених характеристик запропонованої системи РЕБ. Це дає підставу для її використання при оперативній оцінці ефективності системи РЕБ з метою обґрунтування вигляду військової техніки нового покоління.

### 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. Гушер А. Военные и политические итоги четырех месяцев войны НАТО против Ливии [Електронний ресурс] // Новое Восточное обозрение. – 22.07.2011. – Режим доступу: <http://www.journal-neo.com>.
3. Черниш О.М. Перспективи розвитку радіоелектронної боротьби з урахуванням досвіду країн НАТО / О.М. Черниш, Г.В. Певцов, С.В. Пиеничних, А.Я. Яцуценко // Збірник наукових праць ОНДІ ЗС. – Х., 2005. – Вип. 1(1). – С.15–27.
4. Венцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е.С. Венцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1992. – 380 с.
5. Русанов И.П. Модель оценки эффективности боевых систем / И.П. Русанов, А.И. Буравлев // Военная мысль. – М.: 2009. – № 8. – С. 39-42.

Надійшла до редколегії 23.10.2012

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

### МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧИ СИСТЕМОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ

С.В. Закиров

На основе тенденций изменений характера вооруженной борьбы в XXI столетии и развития радиоэлектронных средств вооруженной борьбы предложена функциональная структура и выполнена оценка вероятности выполнения задачи системой радиоэлектронной.

**Ключевые слова:** радиоэлектронная борьба, система массового обслуживания, оценка эффективности

### THE PROBABILITY ESTIMATION METHOD OF RADIO ELECTRONIC FIGHT TASK PERFORMANCE

S.V. Zakirov

The article considers functional structure and probability estimation method of radio electronic fight task performance. The results based on analysis modern tendencies of radio electronic facilities.

**Keywords:** radio electronic fight, queue system, effectiveness assessment