

## ПОКАЗНИКИ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕСУ ОЦІНКИ СТУПЕНЮ ПОШКОДЖЕННЯ ОЗБРОЄННЯ З ТОЧКИ ЗОРУ РАЦІОНАЛІЗАЦІЇ ВІДНОВЛЕННЯ СИСТЕМИ ВОГНЮ УГРУПОВУВАННЯ ЗРВ

к.т.н. О.Д. Флоров, к.т.н. О.І. Харченко, А.М. Стефан  
(подав д.в.н., проф. І.О. Кириченко)

*В статті розглядаються нові показники, які характеризують процес отримання попередньої оцінки ступеню пошкодження озброєння з точки зору впливу цього процесу на відновлення системи вогню угруповування ЗРВ.*

**Постановка завдання.** Після нанесення ударів по бойовим порядкам зенітних ракетних підрозділів і частин засобами повітряного нападу противника командирам усіх рівнів необхідно вирішувати відразу декілька взаємозалежних завдань, головними серед яких можна вважати управління бойовими діями збережених, а потім і відновлених сил та відновлення боєздатності ушкодженого озброєння. Очевидно, що ступінь раціональності вирішення цих завдань в суттєвій мірі буде залежити від повноти інформації про стан озброєння після удару противника. У свою чергу, інформація про стан озброєння ґрунтується на попередніх оцінках ступеню пошкодження елементів озброєння (ЕО), причому, в залежності від кількості та характеру отриманих ушкоджень (або їх відсутності), термін визначення стану ЕО може суттєво відрізнитися. Ситуація ускладнюється скорочення інтервалів між ударами, що призводить до необхідності скорочення часу на відновлення порушеної системи вогню, а тим самим до скорочення часу на збір інформації про стан озброєння (на попередніх оцінках ступеню пошкодження ЕО).

В [1, 2] у якості одного з можливих підходів щодо підвищення оперативності отримання попередньої оцінки ступеню пошкодження ЕО був запропонований підхід, що пов'язаний з частковою автоматизацією цього процесу. Він дозволяє суттєво скоротити час, необхідний для попередньої оцінки ступеню пошкодження ЕО і тим самим скорочує час, який потрібний на відновлення ушкодженого озброєння. Представляється доцільним визначення динаміки зростання вогневих можливостей угруповування ЗРВ за рахунок скорочення часу на попередню оцінку ступеня пошкодження ЕО. Очевидно, що чисельне значення скорочення часу на попередню

оцінку ступеня пошкодження ЕО відповіді на поставлене питання не дає, тому потрібно скористатися більш складними показниками.

**Аналіз літератури.** Питання відновлення системи вогню угруповань ЗРВ і відновлення боєздатності ушкодженого озброєння розглядається у наукових роботах багатьох вчених, наприклад, цим питанням присвячені роботи д.т.н. О.П. Ковтуненко, д.в.н. І.О. Кириченко, д.в.н. О.М. Шмакова, д.т.н. Самусенко, к.в.н. М.М. Романюка і багатьох інших.

В цих роботах можна виділити три основних підходи до відновлення пошкодженого озброєння і відновлення системи вогню ППО. В першому підході вважається, що втрати отриманні ЕО відомі, а процес відновлення озброєння починається з ремонту і перекомплектації пошкодженого озброєння. При другому підході перелік пошкоджених ЕО визначається за допомогою імітування, і на основі прогнозованих пошкоджень планується відновлення озброєння. При третьому підході пропонується відновлювати систему вогню угруповування ЗРВ за рахунок маневру неушкодженими ЗРК, а відновлення ушкоджених ЗРК здійснювати паралельно з маневром.

Для кожного з підходів характерні свої показники ефективності системи відновлення озброєння (СВО) і системи вогню угруповання ЗРВ. Але всі вони не враховують час на оцінку ступеню пошкодження озброєння і військової техніки (ОВТ).

Разом з тим, в роботі [3] показано, що час на дефектацію пошкодженого озброєння, що має елементну базу третього покоління, може займати до 10% від усього часу відновлювального ремонту, а це, в свою чергу може складати до 6 годин, що порівняно з часом на відновлювання окремих комплексів методом агрегатної перекомплектації і здійснення маневру зрідн з метою відновлення системи вогню. Показники ефективності СВО, які використовуються в цих роботах, не дозволяють оцінити вклад системи управління взагалі і роботу СВО при отриманні попередньої оцінки ступеню пошкодження ЕО.

**Мета статті.** Метою статті є введення показників ефективності СВО на першому етапі її функціонування – отриманні попередньої оцінки ступеню пошкодження ЕО зрідн угруповання (частини) ЗРВ, коли командуванню не відомі наявні втрати й ушкодження, які б давали можливість оцінювати процес отримання попередньої оцінки пошкодження ЕО. При цьому є доцільним оцінювати процес отримання попередньої оцінки пошкодження з точки зору його оперативності (наскільки швидко буде отримана оцінка, або яка імовірність того, що час, який буде затрачений на отримання оцінки, буде не більший, ніж потрібний) і з точки зору його достовірності (наскільки отримана оцінка буде достовірною

(точною) і як наслідок, наскільки їй може довіряти командир при прийнятті рішення).

Саме такий підхід запропонований в [4] для оцінки процесу відновлення системи вогню угруповання ЗРВ. В ній пропонується оперативність відновлення системи вогню угруповування (O) оцінювати як імовірність того, що час, який потрібен для відновлення системи вогню угруповування ЗРВ, буде більшим від наявного часу

$$O = \text{Ймов}\{\tau_{\text{потр}} \geq \tau_{\text{наявн}}\}, \quad (1)$$

де  $\tau_{\text{потр}}$  – час який потрібний для виконання комплексу операцій по відновленню системи вогню угруповання ЗРВ;  $\tau_{\text{наявн}}$  – час який є у наявності для виконання комплексу операцій по відновленню системи вогню угруповування ЗРВ.

За аналогією, оперативність отримання попередньої оцінки пошкодження можна представити як імовірність того, що час, який потрібен для цієї оцінки, буде більшим від наявного, або

$$O^{\text{п.о.}} = \text{Ймов}\{\tau_{\text{потр}}^{\text{п.о.}} \geq \tau_{\text{наявн}}^{\text{п.о.}}\}, \quad (2)$$

де  $\tau_{\text{потр}}^{\text{п.о.}}$  – час, який потрібний для отримання попередньої оцінки пошкодження ОВТ угруповання ЗРВ;  $\tau_{\text{наявн}}^{\text{п.о.}}$  – час, який є у наявності для отримання попередньої оцінки пошкодження ОВТ угруповання ЗРВ.

У свою чергу достовірність попередньої оцінки пошкодження ОВТ можна оцінювати значенням ентропії. Однак в [4] збір інформації про стан ОВТ пропонується проводити поетапно. На першому визначаються ЕО, які після нанесення удару противника залишилися боєздатними, на другому – визначаються пошкодження в небоєздатних ЕО, і на третьому – пошкоджені елементи. В ході цього процесу ентропія поступово зменшується.

Відновлення систему вогню угруповання в [4] пропонується здійснювати також поетапно, за рахунок відповідного маневру. На першому етапі здійснюється маневр неушкодженими ЗРК, на другому – за рахунок маневру елементами пошкоджених ЗРК і на третьому – за рахунок перекомплектації ЕО. Такий підхід здається виправданим тому, що проведення повної дефектації озброєння займає достатньо великий час, а час готовність угруповання до відбиття чергового нальоту є обмеженим. Разом з тим, може okazатися так, що навіть ушкоджений ЕО може виявитися боєздатним на момент початку чергового нальоту противника (наприклад за рахунок перекомплектації), і тоді систему вогню угруповання ЗРВ доцільно будувати з урахуванням цього ЗРК. Саме це буде можливо якщо впровадити пропозиції, що обговорювалися в [1, 2]. Тоді стан кожного ЕО можна визначати як

$$C^* = C[M], \quad (3)$$

де  $M = \begin{pmatrix} M_1 \\ \dots \\ M_i \\ \dots \\ M_u \end{pmatrix}$  – матриця, що задає стан шаф (набір блоків), окремо роз-

ташованих блоків, вузлів і агрегатів ЕО;  $i = 1 \dots I$  – порядковий номер окремо розташованого блока, вузла, агрегату ЕО;  $I$  – кількість шаф, окремо розташованих блоків, вузлів і агрегатів ЕО.

Кожна шафа, окремо розташований блок, вузол і агрегат може складатися з автономних блоків. Якщо позначити їх кількість в кожній з шаф як  $J_i$  то кожний з елементів матриці  $M$  також представляється матрицею

$$M_i = \begin{pmatrix} M_{i,1} \\ \dots \\ M_{i,j} \\ \dots \\ M_{i,J_i} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

де  $j = 1 \dots J_i$  – порядковий номер автономного блоку  $i$ -ої шафи, окремо розташованого блока, вузла, агрегату ЕО;  $J_i$  – кількість автономних блоків в  $i$ -й шафі, окремо розташованому блоці, вузлу і агрегату ЕО.

У свою чергу, кожний автономний блок може складатися з чарунок або так званих типових елементів заміни (ТЕЗ). Тоді можна записати

$$M_{i,j} = \begin{pmatrix} m_{i,j,1} \\ \dots \\ m_{i,j,n} \\ \dots \\ m_{i,j,N_{i,j}} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

де  $n = 1 \dots N_{i,j}$  – порядковий номер ТЕЗ;  $N_{i,j}$  – кількість чарунок в  $j$ -му окремо розташованому блоці  $i$ -ої шафи вузлі, агрегаті ЕО.

Підсумовуючи, можна зробити висновок, що стан кожного ЕО визначається трьохмірною матрицею  $C^*$  з елементами  $m_{i,j,s}$ , які визначаються як

$$m_{i,j,n} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } s\text{-й ТЕЗ } j\text{-го автономного блоку } i\text{-ої шафи,} \\ & \text{окремо розташованого блоку, вузла, агрегату не вражений;} \\ 1, & \text{якщо } s\text{-й ТЕЗ } j\text{-го автономного блоку } i\text{-ої шафи,} \\ & \text{окремо розташованого блоку, вузла, агрегату вражений.} \end{cases} \quad (6)$$

Якщо стан ЕО визначається з точністю до ушкодженості або неушкодженості автономного блоку, то матриця  $C^*$  буде двомірною з елементами

$$M_{i,j} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } j\text{-ий автономний блок } i\text{-ої шафи, окремо} \\ & \text{розташованого блоку, вузла, агрегату не вражений;} \\ 1, & \text{якщо } j\text{-ий автономний блок } i\text{-ої шафи, окремо} \\ & \text{розташованого блоку, вузла, агрегату вражений.} \end{cases} \quad (7)$$

Якщо стан ЕО визначається з точністю до ушкодженості або неушкодженості шафи, окремо розташованого блоку, вузла і агрегату, то матриця  $C^*$  буде вектор-матрицею з елементами

$$M_i = \begin{cases} 0, & \text{якщо шафа, окремо розташований блок,} \\ & \text{вузел, агрегат не вражений;} \\ 1, & \text{якщо шафа, окремо розташований блок,} \\ & \text{вузел, агрегат вражений.} \end{cases} \quad (8)$$

Ентропія стану ЕО визначається повнотою інформації про ушкодження чарунок ЕО. Її значення може бути визначене як

$$H^{п.о.} = - \sum_{l=1}^I \sum_{j=1}^{J_l} \sum_{n=1}^{N_{i,j}} p_{i,j,n} \log p_{i,j,n}, \quad (9)$$

де  $p_{i,j,n}$  – імовірність ураження  $n$ -го ТЕЗ  $j$ -го автономного блоку  $i$ -ої шафи, окремо розташованого блоку, вузла, агрегату ЕО.

Очевидно, що до початку дефектації ЕО значення ентропії його стану буде максимальним. У ході визначення ушкоджених ТЕЗ ЕО воно буде зменшуватися, поки не досягне свого мінімального значення  $H^{п.о.} = 0$  на момент часу, коли буде визначено повні переліки ушкоджених і неушкоджених ТЕЗ ЕО. Причому ця подія достовірно відбудеться незалежно від способу, яким буде визначатися перелік пошкоджень ЕО, традиційним, або запропонованим у [1, 2]. Але у другому випадку можна говорити про суттєве зростання швидкості зменшення ентропії стану ЕО, або про суттєве зменшення часу досягнення необхідного значення ентропії стану для прийняття рішення (якщо таке може бути встановлено).

Введені показники, а саме оперативність отримання попередньої оцінки стану ЕО ( $O^{п.о.}$ ) і ентропія стану ЕО ( $H^{п.о.}$ ), характеризують процес отримання попередньої оцінки ступеню пошкодження ЕО, але у явному вигляді не показують впливу цього процесу на відновлення системи вогню угруповання ЗРВ.

Розглянемо сіткову модель відновлення угруповання ЗРВ перед нанесенням чергового удару повітряного противника. ідея якої запропонована в [

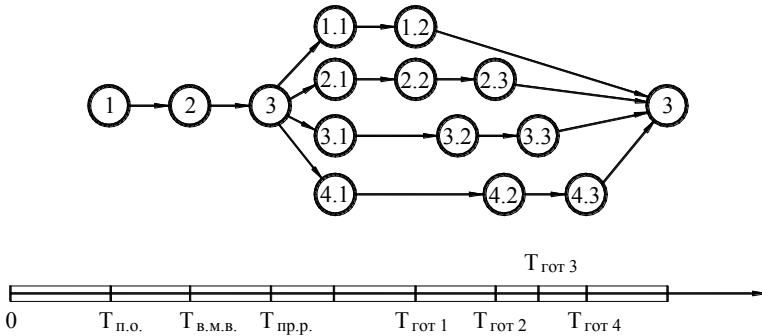


Рис. 1. Сіткова модель відновлення угруповання ЗРВ

На рис. 1 введені такі позначення: **1** – отримання автоматизованим способом переліку пошкоджених ТЕЗ і попередньої оцінки щодо стану ЕО зрдн; **2** – визначення можливості відновлення пошкодженого озброєння заміною ЕО, заміною блоків, агрегатів, вузлів і заміною пошкоджених ТЕЗ; **3** – прийняття рішення на відновлення системи вогню; **1.1** – маневр боєздатними підрозділами; **1.2** – проведення контролю функціонування (КФ) на новій позиції; **2.1** – маневр неушкодженими ЕО на відновлювальні зрдн; **2.2** – проведення сумісник перевірок з ЕО, які замінені; **2.3** – проведення КФ з новими ЕО на новій позиції; **3.1** – маневр непошкодженими блоками, агрегатами і вузлами на відновлювальні зрдн; **3.2** – заміна пошкоджених блоків, агрегатів на непошкоджені і наладка ЗРК; **3.3** – проведення КФ після заміни блоків на новій позиції; **4.1** – маневр непошкодженими ТЕЗ на відновлю-вальні зрдн; **4.2** – відновлення ЗРК способом перекомплектації пошкоджених ТЕЗ і його наладка; **4.3** – проведення КФ після заміни ТЕЗ на новій позиції.

Тоді час, необхідний на готовність угруповання до відбиття чергового нальоту у разі відновлення системи вогню тільки за рахунок маневру неушкодженими ЗРК, буде визначатися як

$$T_{\text{гот}}^1 = T_{\text{п.о.}} + T_{\text{в.м.в.}} + T_{\text{пр.р.}} + T_{\text{манЗРК}} + T_{\text{кф}}^1, \quad (10)$$

де  $T_{\text{п.о.}}$  – час отримання попередньої оцінки ступеню пошкодження ЕО

угруповання ЗРВ;  $T_{в.м.в.}$  – час на визначення можливості відновлення пошкоджених ЗРК заміною ЕО, заміною блоків, агрегатів, вузлів і заміною пошкоджених ТЕЗ;  $T_{пр.р}$  – час, необхідний для прийняття рішення командирами усіх рівнів щодо відновлення порушеної системи вогню;  $T_{ман.ЗРК}$  – час, необхідний для виконання маневру неушкодженими ЗРК на нову позицію;  $T_{кф}^1$  – час необхідний на проведення КФ.

У разі відновлення системи вогню за рахунок маневру неушкодженими ЗРК і рахунок маневру ЕО час необхідний на готовність угруповування до відбиття чергового нальоту буде визначатися як

$$T_{гот}^2 = T_{п.о.} + T_{в.м.в.} + T_{пр.р} + T_{ман.ЗРК} + T_{ЕО} + T_{кф}^2, \quad (11)$$

де  $T_{ЕО}$  – час на проведення сумісник перевірок з ЕО які замінені;  $T_{кф}^2$  – час необхідний для проведення сумісник перевірок з ЕО які замінені.

У разі відновлення системи вогню за рахунок маневру неушкодженими ЗРК, маневру ЕО і маневру непошкодженими блоками, агрегатами і вузлами час необхідний на готовність угруповування до відбиття чергового нальоту буде визначатися як

$$T_{гот}^3 = T_{п.о.} + T_{в.м.в.} + T_{пр.р} + T_{ман.ЗРК} + T_{з.бл} + T_{кф}^3, \quad (12)$$

де  $T_{з.бл}$  – час на заміну пошкоджених блоків, агрегатів на непошкоджені і наладка ЗРК;  $T_{кф}^3$  – час необхідний для проведення КФ після заміни блоків на новій позиції.

І якщо відновлення системи вогню здійснюється за рахунок усіх видів маневру час необхідний на готовність угруповування до відбиття чергового нальоту буде визначатися як

$$T_{гот}^4 = T_{п.о.} + T_{в.м.в.} + T_{пр.р} + T_{ман.ЗРК} + T_{з.ТЕЗ} + T_{кф}^4, \quad (13)$$

де  $T_{з.ТЕЗ}$  – час відновлення ЗРК способом перекомплектації пошкоджених ТЕЗ і його наладка;  $T_{кф}^4$  – час необхідний для проведення КФ після заміни ТЕЗ на новій позиції.

У загальному випадку час необхідний на готовність угруповування до відбиття чергового нальоту буде визначатися як

$$T_{\text{гот}} = \begin{cases} T_{\text{гот}}^1, & \text{якщо } T_{\text{гот}}^1 \leq T_{\text{потр}} < T_{\text{гот}}^2; \\ T_{\text{гот}}^2, & \text{якщо } T_{\text{гот}}^2 \leq T_{\text{потр}} < T_{\text{гот}}^3; \\ T_{\text{гот}}^3, & \text{якщо } T_{\text{гот}}^3 \leq T_{\text{потр}} < T_{\text{гот}}^4; \\ T_{\text{гот}}^4, & \text{якщо } T_{\text{гот}}^4 \leq T_{\text{потр}}, \end{cases} \quad (14)$$

де  $T_{\text{потр}}$  – час, який потрібний для готовності угруповування до відбиття чергового нальоту повітряного противника.

**Висновки.** Аналізуючи останнє співвідношення, можна зробити такі висновки:

1. Якщо  $T_{\text{гот}}^1 > T_{\text{потр}}$ , то угруповання взагалі неспроможне за відведений час відновити систему вогню і потрібно приймати додаткові заходи.

2. Найбільш вагомими складовими часу на готовність угруповування до відбиття чергового удару є час на визначення переліку пошкоджених ТЕЗ, блоків, вузлів і агрегатів ЕО; маневр ЕО на нову позицію; переконфигурація пошкоджених ЕО неушкодженими блоками, вузлами, агрегатами і ТЕЗ.

3. У разі впровадження засобів автоматизації, які запропоновані в [1, 2], буде суттєво скорочений час на визначення переліку пошкоджених ТЕЗ, блоків, вузлів і агрегатів ЕО, що у свою чергу дозволить суттєво скоротити час на визначення можливості відновлення пошкодженого озброєння заміною ЕО, заміною блоків, агрегатів, вузлів і заміною пошкоджених ТЕЗ і обґрунтоване прийняття рішення на відновлення системи вогню угруповування.

4. Значення показників відновленої системи вогню угруповування і вигравш який дозволяє отримати заходи, які пропонуються в [1, 2] можна зробити за допомогою співвідношень, наведених у [4].

## ЛІТЕРАТУРА

1. Флоров О.Д., Штефан А.М. Автоматизоване визначення координат пробоїн для визначення ступеня пошкодження елементів озброєння // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 7(35). – С. 216 – 220.
2. Флоров О.Д., Штефан А.М. Підвищення точності і достовірності автоматизованого визначення ступеню пошкодження елементів озброєння // Збірник наукових праць. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 5(52). – С. 25 – 27.
3. Медведев Ю.М. Специальное техническое обеспечение зенитных ракетных войск. – Х.: ВИРТА ПВО, 1985.– 224 с.
4. Романюк М.М. Визначення та обґрунтування показника ефективності варіанту відновлення боєздатності збр // Труды академії НАО України. – К.: НАОУ. – 2003. – Вип.45.– С. 17 – 21.



Надійшла 12.10.2004

**ФЛОРОВ Олександр Дмитрович**, канд. техн. наук, заступник начальника кафедри  
У 1993 році закінчив ВРТА ім. Л.А. Говорова. Область наукових інтересів – відновлення пошкодженого озброєння, спеціальне технічне забезпечення військ.

**ХАРЧЕНКО Олександр Іванович**, канд. техн. наук, доцент кафедри ХВУ. У 1985 році закінчив Мінське ВІЗРУ ППО. Область наукових інтересів – удосконалення озброєння та військової техніки, відновлення пошкодженого озброєння, спеціальне технічне забезпечення військ.

**ШТЕФАН Андрій Миколайович**, начальник групи – старший інструктор НТК кафедри ХВУ. Область наукових інтересів – відновлення пошкодженого озброєння, спеціальне технічне забезпечення військ.

---