

УДК 355:621.4

Юрій Іванович Козаков,
Валентин Петрович Ягода

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ВОГНЕМ ПІДРОЗДІЛІВ ТА ЧАСТИН ППО СВ

При визначенні бойових можливостей частин та підрозділів протиповітряної оборони Сухопутних військ (ППО СВ) необхідно урахувати види цілерозподілу, які реалізуються на пунктах управління в процесах управління вогнем підпорядкованих цільових каналів (ЦК) під час відбиття ударів повітряного противника по об'єктам прикриття. Існуюча нормативно-правова база визначає кілька видів цілерозподілу, які суттєво відрізняються за ефективністю при їх реалізації. Але дотепер визначення вогневих можливостей проводиться без комплексного урахування впливу процесів управління вогнем за виключенням окремих моделей оцінки ефективності угруповань ППО [1, 2]. Та в них цей взаємозв'язок надається в неявному вигляді.

Вогневі можливості визначаються середньою очікуваною кількістю знищених повітряних цілей за наліт засобів нападу повітряного противника (ЗНПП) або використанням встановленого запасу зенітних ракет (боєприпасів). Вони залежать від імовірності поразки повітряної цілі, параметрів зони поразки, кількості цілей, які обстрілюються одночасно, параметрів їх лету та циклу стрільби зенітних ракетних (артилерійських) комплексів (ЗРК, ЗАК), часу перезаряджання [2]. Це положення в явному вигляді залежить тільки від характеристик управління зброєю, при якому не ураховується можливе стихійне зосередження вогню при відсутності управління вогнем з пунктів управління.

Метою цієї публікації є спрощена методика порядку визначення вогневих можливостей угруповання ППО СВ з урахування комплексного підходу до процесів управління та ведення вогню цільовими каналами при реалізації бойових задач цільовими каналами з урахуванням управління вогнем. Основу методики складає визначення параметрів потоків інформаційного обміну

між органами управління та сукупністю підпорядкованих вогневих засобів, які виконують вогневі задачі. При цьому враховуються відповідність кількості поставлених вогневих задач з пункту управління вогнем та можливою кількістю їх реалізації цільовими каналами в одиницю часу. Такий підхід визначає повну централізацію з пунктів управління засобами ППО цілерозподілу та визначення порядку знищення повітряних цілей.

Структурно модель приведена на рис. 1. Вихідна інформація до органу управління вогнем від засобів розвідки повітряного противника надходить як інформація оповіщення та від органу управління старшого начальника як інформація цілевказівок. Формально модель функціонування такої системи зводиться до дворівневої структури взаємозв'язаних систем масового обслуговування з відмовами [3]. Прийняття умови функціонування системи масового обслуговування з відмовами прийнято з урахуванням "стратегії обережних ризиків", якою передбачається, що за інших умов (СМО з очікування та чергами) функціонують в менш напружених режимах. Коли система ефективна як СМО з відмовами (функціонує в екстремальних умовах дефіциту часу), то для інших умов функціонування вона тим більш буде ефективною.

Середня очікуєма кількість знищених повітряних цілей визначається за формулою

$$\bar{N}_{\text{зни}} = \min \left(\frac{m_j \bar{T}_n R_{n,j}^*}{M[t_{\text{ч,cmp},j}]}; \frac{R_{n,j}^* C_{\sum(i)}}{C_{n,j}}; \lambda_{\text{oe}} \bar{T}_n \right)$$

де m_j — кількість цільових каналів j -го типу, що входять в угруповання ППО СВ; \bar{T}_n — математичне очікування тривалості нападу засобів повітряного нападу противника (ЗПН);

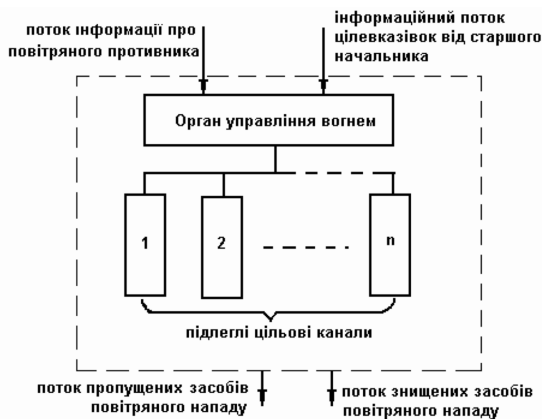


Рис. 1

$R_{n,j}$ — значення імовірності ураження повітряної цілі цільовим каналом j -го типу пуском n зенітних ракет;

$M[t_{y,cmr,j}]$ — математичне сподівання часу циклу стрільби цільових каналів j -го типу;

$C_{\sum(j)}$ — загальний запас зенітних ракет (артилерійських боєприпасів) угруповання ППО СВ;

C_j — середня (встановлена) витрата зенітних ракет (боєприпасів) на стрільбу j -го цільового каналу по вибраній або призначеній повітряній цілі;

λ_{oe} — вогнева продуктивність угруповання ППО СВ.

Як відомо, вогнева продуктивність λ_{oe} — загальна кількість виконання вогневих задач в одиницю часу всіма цільовими каналами угруповання визначається як

$$\lambda_{oe} = \frac{\sum_{(j)} N_j}{M[t_{y,cmr,j}]}$$

Але повна реалізація вогневих можливостей з урахуванням процесів управління вогнем можлива тільки в тих випадках, коли кількість одночасно поставлених вогневих задач з органу управління вогнем адекватне кількості одночасних можливих реалізацій (виконання вогневих задач) в цільових каналах, тобто

$$\lambda_{oy} \equiv \lambda_{oe},$$

де λ_{oy} — продуктивність органу управління вогнем (кількість вогневих задач, які може поставити орган управління підлеглим ЦК в одиницю часу).

Якщо прийняти, що на вході системи функціонує потік повітряних цілей щільністю $\lambda_{зпнн}$, то імовірність $P_{обр\ оу}$ своєчасного прийняття рішення органом управління на знищення цілі складе

$$P_{обр\ оу} = \frac{1}{1 + \alpha}$$

$$\alpha = \frac{\lambda_{зпнн}}{M[T_{oy}]}$$

де $M[T_{oy}]$ — математичне очікування часу обробки даних відносно повітряної цілі органом управління (прийняття рішення на знищення цілі).

Загальна продуктивність органу управління буде очікуваною як

$$\lambda_{oy} = \lambda_{зпнн} P_{обр\ оу}$$

Цей потік буде впливати на функціонування багатоканальної СМО з відмовами, якою є сукупність вогневих одиниць. Імовірність реалізації вогневих задач угрупованням ЦК складе

$$P_{обр\ ое} = 1 - \frac{\alpha_j^{m_j}}{m_j!};$$

$$\sum_{i=0}^{m_j} \frac{\alpha_j^i}{i!}$$

$$\alpha_j = \frac{\lambda_{зпнн}}{M[t_{y,cmr,j}]}$$

де α_j — відносне середнє число цілей, що надходять за час обробки однієї (обстріл) цілі до цільових каналів j -го типу.

Потік обстріляних ЗПНН визначається як

$$\lambda_{обстр,j} = \lambda_{зпнн} P_{обр\ ое},$$

а кількість цілей для визначення ефективності управління вогнем буде

$$l = \lambda_{обстр,j} \bar{T}_n$$

При цьому, якщо продуктивність системи управління вогнем відповідає узагальненій продуктивності підпорядкованих цільових каналів, то маємо централізований ціле розподіл. Якщо продуктивність системи управління вогнем не відповідає визначеній умові, то маємо інші види цілерозподілу, які за ефективністю мають значно менші результати. Значення ефективності видів цілерозподілу реалізованих системою ЦК при цих умовах може бути визначеним за формулами:

$$M_{y1} = \begin{cases} m_j R_1^* & \text{при } m_j \leq l \\ l R_1^* & \text{при } m_j > l \end{cases}$$

$$M_{y2} = \begin{cases} m_j R_1^* & \text{при } m_j \leq l \\ (l-s)(1-(1-R_1^*)^k) + \\ + s(1-(1-R_1^*)^{k+1}) & \text{при } m_j > l \end{cases}$$

$$M_{сур} = l(1-(1-P_n R_1^*))(1-(1-R_1^*/l)^{m_s})$$

де M_{y1} , M_{y2} , $M_{дур}$, $M_{сур}$ — відповідно математичне очікування кількості знищених по-

вітряних цілей при централізованому першого або другого типу, децентралізованому чи змішаному типах цілерозподілів;

m_j — загальне число цільових каналів j -го типу в складі угруповання, з яких частина каналів веде вогонь при централізованому цілерозподілу з КП, а частина децентралізовано (автономно) — $m_j = m_{ц} + m_{д}$;

$l = s+k$ — кількість повітряних цілей, по яким прийняте рішення на знищення. При цьому може статися, що по s цілям вже поставлена задача, а по $k, k+1, \dots$ в залежності від наявності вільних цільових каналів можуть додатково ставитись бойові задачі при $m_j > l$;

R_1^* — умовна імовірність ураження цілі цільовим каналом однією ракетою;

P_n — імовірність того, що ціль буде уражена цільовим каналом по цілевказівці з КП (ПУ).

Централізований цілерозподіл може передбачати призначення для знищення цілі одного цільового каналу (цілерозподіл першого виду) або призначення додатково для знищення цілі одного із вільних від виконання бойових задач цільових каналів (цілерозподіл другого типу), тобто передбачається певне зосередження вогню для надійного знищення цілі.

Порівняльний аналіз ефективності знищення цілей при переході від децентралізованого до централізованого цілерозподілу з КП (ПУ) ППО [1] становить

$$\Delta E(\%) = \frac{M_{ц} - M_{дцр}}{M_{дцр}} \cdot 100 = \frac{R_1^*}{1 - e^{-R_1^*}} \approx e^{-R_1^*}$$

При $R_1^* = 1$ відносний приріст ефективності тільки при переході від децентралізованого цілерозподілу (автономних дій цільових каналів) до централізованого з КП (ПУ) становить $\Delta E = 36,9\%$, тобто це максимальне значення впливу управління вогнем на загальні вогневі можливості цільових каналів угруповання ППО СВ. Але це ідеальні умови знищення повітряних цілей без обмежень.

Таким чином, при оцінці ефективності можуть бути три випадки відношень між продуктивністю системи ЦК та продуктивністю органу управління, що суттєво вплине на можливості реалізації вогневих можливостей угруповання ППО. Повна відповідність продуктивності органу управління

продуктивності сукупності підлеглих ЦК є найкращим варіантом функціонування системи вогню засобів ППО. За всякої невідповідності цього відношення необхідно проводити певні зміни в структуру або функціональні можливості системи. Якщо продуктивність органу управління вогнем значно перевищує продуктивність сукупності ЦК, то необхідно змінювати структурне підпорядкування (організаційно-штатну структуру) таким чином, щоб кількість підлеглих ЦК дозволяла одночасно реалізувати вогневі задачі поставлені органом управління. Якщо продуктивність органу управління значно менша від продуктивності сукупності ЦК, то необхідно скорочувати витрати часу на прийняття рішення на знищення цілей на органі управління. Шляхами реалізації цього підходу мають бути впровадження автоматизованих систем управління.

Проведені розрахунки відносно встановлення параметрів інформаційних потоків, що циркулюють в системі управління вогнем засобів ППО, показують повну їх невідповідність відносно продуктивності складових системи. Виключення складає тільки зенітний ракетний дивізіон "Бук". Розрахунково встановлено, що витрати часу на прийняття рішення на пунктах управління вогнем мають бути на порядок меншими від загальних витрат підпорядкованої їм сукупності ЦК.

Висновок. Запропонований підхід до визначення параметрів потоків інформації, що циркулює в системі управління вогнем засобів ППО СВ дозволяє чітко встановити вимоги структурного та функціонального характеру на етапах розробки технічного завдання на створення комплексів ППО і враховуватись на етапах створення формувань підрозділів і частин ППО СВ будь-якого рівня.

Література

1. Семенов Г.В. Управление огнем войск противовоздушной обороны Сухопутных войск : учебник / Г.В. Семенов. — К. : ВА ПВО СВ, 1978. — С. 360.
2. Пушкорюс С.К. Управление огнем войск ПВО СВ : учебник / С.К. Пушкорюс. — К. : ВА ПВО СВ, 1989. — С. 556.
3. Новиков О.А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания / О.А. Новиков, С.И. Петухов. — М. : Изд-во "Советское радио", 1969. — С. 400.

В статье рассмотрены условия, обеспечивающие информационный обмен между органами управления и исполнения зенитных комплексов противовоздушной обороны и позволяющие наилучшим образом реализовать их огневые возможности.

Ключевые слова: управление огнем, целевой канал, эффективность, производительность.

Key words: fire-control, target channel, effectiveness, productivity.