

УДК 623.558:358.116(045)

С.В. Новіченко, А.М. Савельєв, О.О. Паніцин

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПОВТОРНИХ ОБСТРІЛІВ ЦІЛІ ЗЕНІТНИМ РАКЕТНИМ ДИВІЗИОНОМ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ

В статті розроблений метод визначення кількості повторних обстрілів цілі зенітним ракетним дивізіоном, який на відміну від інших враховує вплив рельєфу місцевості на виявлення цілі засобами розвідки, що забезпечують бойовою інформацією, та власною станцією наведення ракет. Даний показник може бути використаний при рішенні задачі оптимізації бойового порядку зенітного ракетного полку.

Ключові слова: можливості з повторного обстрілу цілі, зона виявлення, зона поразення.

Вступ

Постановка проблеми. На сучасному етапі реформування та розвитку Збройних Сил (ЗС) України підвищення ефективності протиповітряної оборони важливих державних об'єктів (ВДО) не втрачають своєї актуальності. Зміни, які відбуваються у військово-політичній обстановці, в умовах застосування ЗС, зростаючий обсяг і складність бойових завдань обумовлюють пошук оптимальних рішень щодо розміщення сил і засобів зенітних ракетних військ (ЗРВ) Повітряних Сил (ПС) ЗС України для прикриття ВДО.

Аналіз літератури. При рішенні зазначеної задачі [1 – 3] використовують різноманітні показники, такі як кількість стрільб, математичне сподівання кількості знищених цілей, імовірність знищення всіх цілей зі складу повітряного удару до рубежу виконання ними завдань (РВЗ), тощо.

Однак ці показники залежать від тривалості повітряного удару, тому при порівнянні значень зазначених показників при різноманітних варіантах побудови бойового порядку необхідно задавати однакове їм значення.

Цього можна уникнути, якщо в якості показника використовувати кількість повторних обстрілів цілі зенітним ракетним дивізіоном (зрдн) при рішенні оптимізаційної задачі розміщення однотипних зрдн для прикриття ВДО, який не залежить від тривалості повітряного удару.

У відомих рішеннях [3] цей показник визначається без урахування впливу рельєфу місцевості на виявлення цілі як власною станцією наведення ракет зрдн так і засобами розвідки, що надають бойову інформацію.

Мета статті. Таким чином метою даного дослідження є розробка методу визначення кількості повторних обстрілів цілі зрдн з урахуванням впливу рельєфу місцевості на виявлення цілі як власною станцією наведення ракет так і засобами розвідки, що надають бойову інформацію.

Виклад основного матеріалу

Кількість повторних обстрілів цілі зрдн здійснюється при наступних допущеннях (рис. 1):

- ціль діє з визначеного напрямку φ_0 і на визначеній висоті h_0 відносно землі;
- ціль рухається зі швидкістю V_0 рівномірно і прямолінійно в напрямку центра об'єкта прикриття до досягнення нею РВЗ;
- ціль одиночна, умови застосування без здійснення маневру та постановки перешкод;
- при стрільбі зрдн, після підриву зенітних керованих ракет (ЗКР) і оцінки результатів стрільби, вважається, що ціль не знищена та здійснюється повторний обстріл цілі.

В якості вихідних даних для визначення кількості повторних обстрілів цілі зрдн в даному дослідженні приймаються:

- напрямок φ_0 , швидкість V_0 і висота h_0 дії повітряного противника;
- зона постановки бойового завдання зрдн, що для визначених φ_0 , V_0 та h_0 задається множиною інтервалів $\{r_{\dot{a}_i}^{\dot{a}\dot{a}}, r_{\dot{a}_i}^{\dot{a}\dot{a}}\}_{i=1, N_{\dot{a}\dot{a}}}$;
- зона виявлення власною станцією наведення ракет зрдн, що для визначених φ_0 , V_0 та h_0 задається множиною інтервалів $\{r_{\dot{a}_i}^{\dot{a}}, r_{\dot{a}_i}^{\dot{a}}\}_{i=1, N_{\dot{a}}}$;
- зона поразення зрдн, що для визначених φ_0 , V_0 та h_0 задається множиною інтервалів $\{r_{\dot{a}_i}^{i\dot{a}}, r_{\dot{a}_i}^{i\dot{a}}\}_{i=1, N_{i\dot{a}}}$;
- середня горизонтальна швидкість ЗКР $V_{\dot{a}\dot{c}}$;
- відстань $r_{\dot{a}\dot{c}}$ від центра об'єкта прикриття до РВЗ;
- координати зрдн $\{x_{\dot{c}}, y_{\dot{c}}\}$ в прямокутній системі координат з початком в центрі об'єкта прикриття.

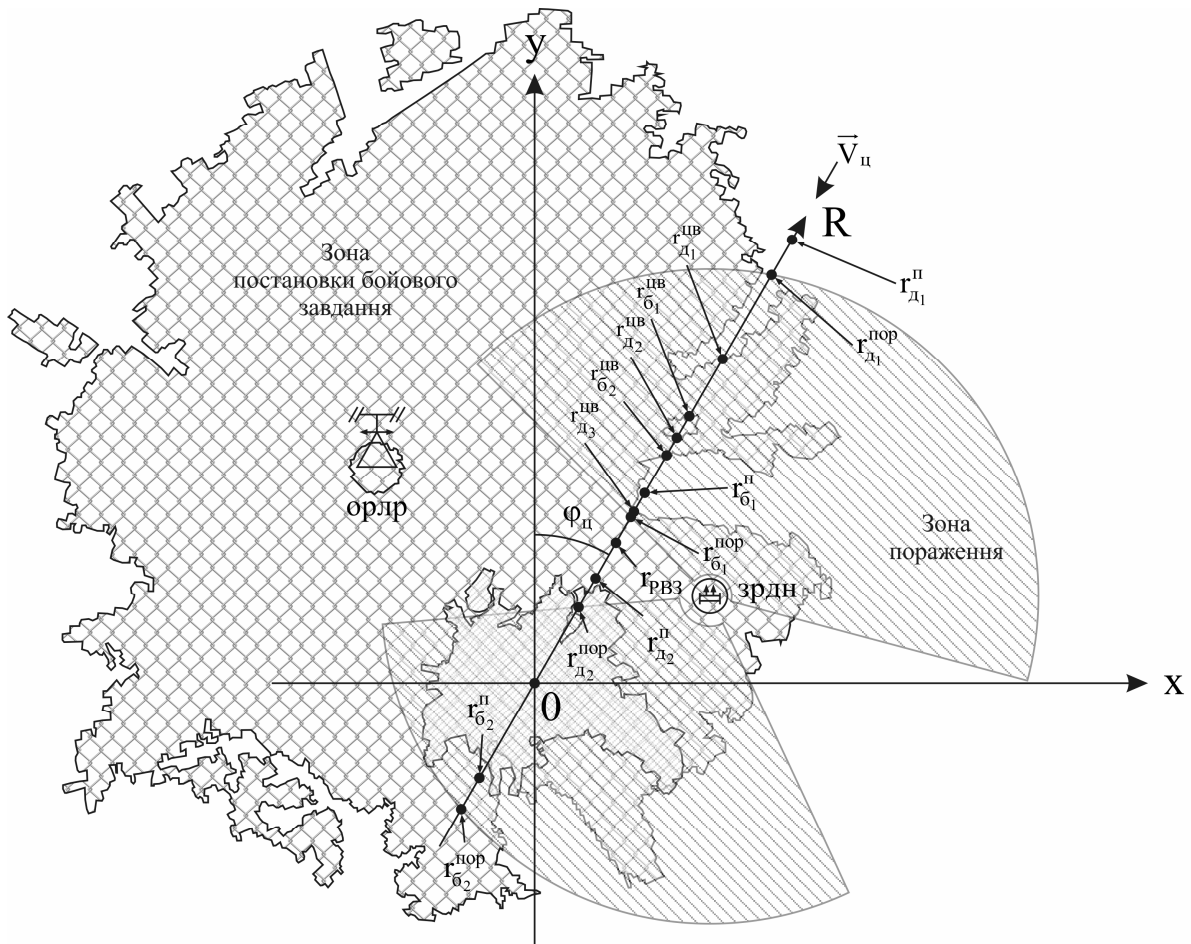


Рис. 1. Схема стрільби зрдн

Нумерація інтервалів зазначених зон $i = \overline{1, N}$ здійснюється від більших рубежів до менших.

Кількість повторних обстрілів цілі зрдн визначається як кількість проведення повних циклів стрільби зрдн по цілі, що летить до досягнення нею РВЗ. Повний цикл стрільби зрдн складається з наступних процесів [3]:

- а) відпрацювання даних цільовказання;
- б) пошук, виявлення та захоплення цілі на автоматичне супроводження;
- в) опізнавання цілі, призначення ракет, підготовка вихідних даних до стрільби, прийняття рішення на обстріл цілі та пуск ракет;
- г) політ ракет до точки зустрічі з ціллю;
- д) оцінка результатів стрільби.

Кожен з цих процесів характеризується тривалістю t_{oa} , t_{an} , t_i , t_{oc} , t_{io} , відповідно.

Повний цикл стрільби реалізується шляхом успішного завершення усіх перелічених процесів, для завершення яких пред'являються певні вимоги.

Для здійснення процесів а) та б) обов'язковою умовою є наявність можливості безперервного отримання дивізіоном цільовказання, тобто за час здійснення цих процесів цілі повинна знаходитись в одному з інтервалів $\Gamma_0 \in \{\Gamma_{a_i}^{oa}, \Gamma_{a_i}^{oa}\}_{i=1, N_{oa}}$.

Для здійснення процесу в) необхідно, щоб на його завершенні цілі знаходилась в зоні пуску, тобто $\Gamma_0 \in \{\Gamma_{a_i}^i, \Gamma_{a_i}^i\}_{i=1, N_i}$.

$$\Gamma_0 \in \{\Gamma_{a_i}^i, \Gamma_{a_i}^i\}_{i=1, N_i}$$

До того ж для реалізації процесів б), в) та г) цілі постійно впродовж всього часу їх реалізації повинна знаходитись в одному з інтервалів зони виявлення власної станції наведення ракет зрдн, тобто $\Gamma_0 \in \{\Gamma_{a_i}^a, \Gamma_{a_i}^a\}_{i=1, N_a}$.

$$\Gamma_0 \in \{\Gamma_{a_i}^a, \Gamma_{a_i}^a\}_{i=1, N_a}$$

З урахуванням зазначених вимог до реалізації складових повного циклу стрільби був розроблений алгоритм визначення кількості повторних обстрілів цілі зрдн, що зображений на рис. 2 – 4.

В даному алгоритмі поступово визначаються рубежі польоту цілі на початку та закінченні процесів а) – д) з перевітками на виконання зазначених вимог до їх реалізації, та при потребі здійснюється їх корекція.

Перший рубіж, що визначається є рубіж постановки завдання Γ_{ic} , і на самому початку визначається по дальній межі першого інтервалу зони постановки бойового завдання зрдн.

Другим рубіжем є рубіж відпрацювання зрдн даних цільовказання Γ_{oa} , який визначається в блоці 2, та коректується в блоках 11 та 23.

Відстань $d_{\text{оа}}$ визначається таким чином:

$$d_{\text{оа}} = V_{\text{о}} \cdot t_{\text{оа}}, \quad (1)$$

де $t_{\text{оа}}$ – нормативний час відпрацювання зрдн даних цілевказання.

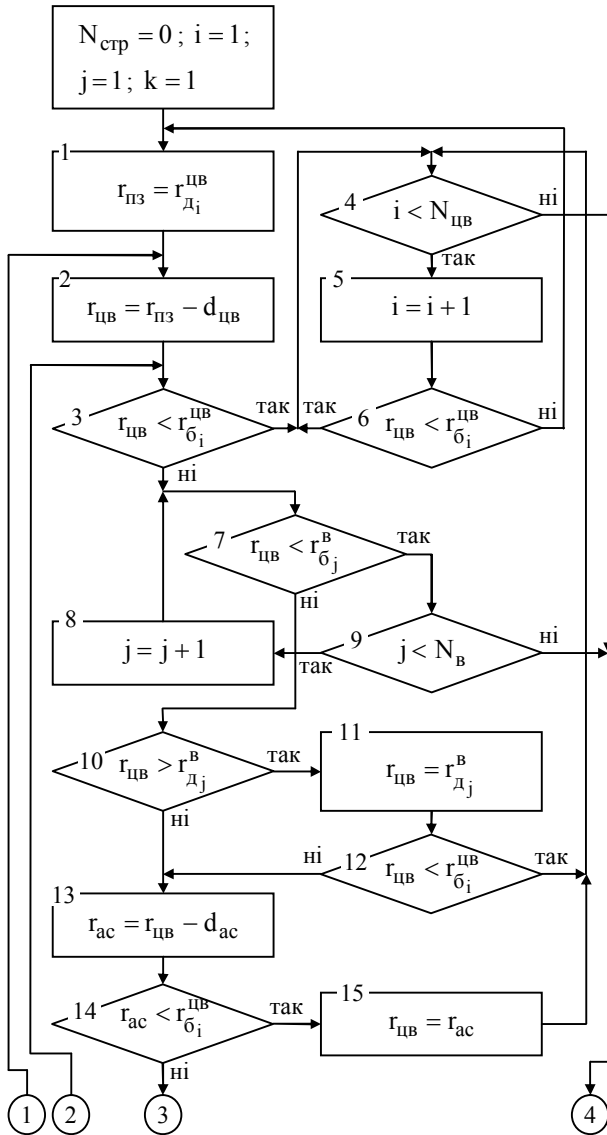


Рис. 2. Алгоритм визначення кількості повторних обстрілів цілі зрдн (перша частина)

Третім рубежем є рубіж захоплення цілі на автоматичне супроводження $r_{\text{ан}}$, який розраховується в блоці 13, де відстань $d_{\text{ан}}$ визначається таким чином:

$$d_{\text{ан}} = V_{\text{о}} \cdot t_{\text{ан}}, \quad (2)$$

де $t_{\text{ан}}$ – нормативний час пошуку, виявлення та захоплення одиночної цілі без перешкод на автоматичне супроводження.

Четвертим рубежем є рубіж пуску ЗКР $r_{\text{і}}$, який розраховується в блоці 17 та коректується в

блоці 28. Відстань $d_{\text{і}}$ визначається таким чином:

$$d_{\text{і}} = V_{\text{о}} \cdot t_{\text{і}}, \quad (3)$$

де $t_{\text{і}}$ – нормативний час опізнавання цілі, призначення ракет, підготовки вихідних даних до стрільби, прийняття рішення на обстріл цілі та пуску ракет.

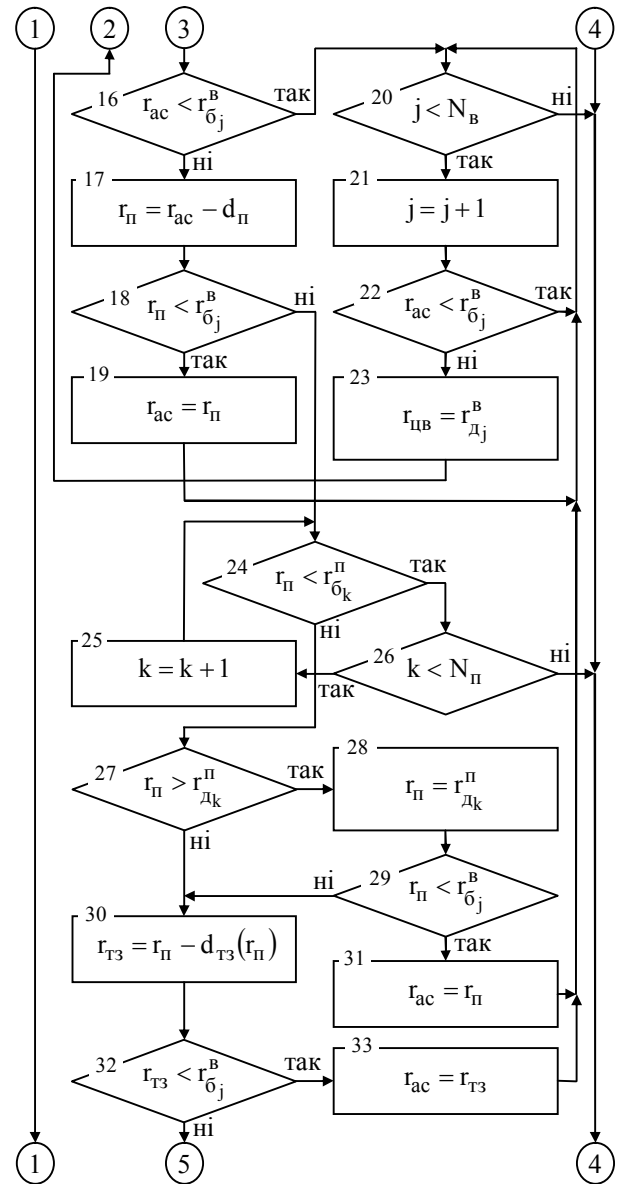


Рис. 3. Алгоритм визначення кількості повторних обстрілів цілі зрдн (друга частина)

П'ятим рубежем є рубіж зустрічі ЗКР з ціллю $r_{\text{оц}}$, який розраховується в блоці 30, де відстань $d_{\text{оц}}(r_{\text{і}})$ визначається таким чином (рис. 5):

$$d_{\text{оц}}(r_{\text{і}}) = V_{\text{о}} \cdot t_{\text{д}}(r_{\text{і}}), \quad (4)$$

де $t_{\text{д}}(r_{\text{і}})$ – час польоту ЗКР до точки зустрічі при умові що її пуск був здійснений при знаходженні цілі на рубежі $r_{\text{і}}$.

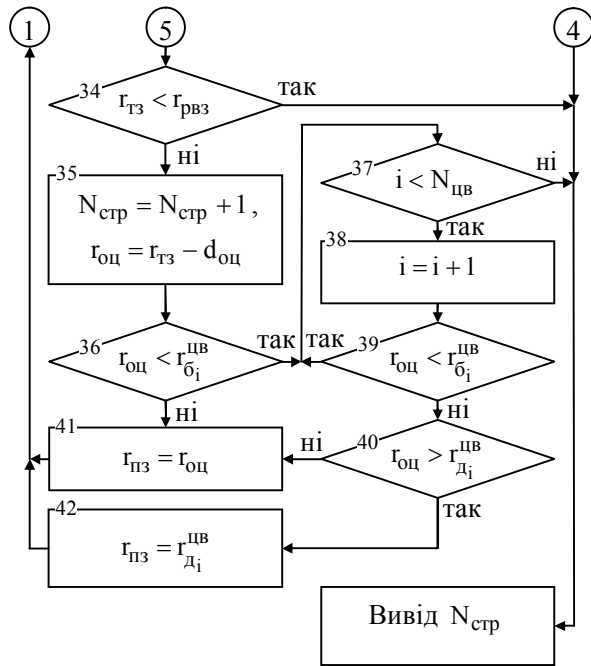


Рис. 4. Алгоритм визначення кількості повторних обстрілів цілі зрдн (третя частина)

Час польоту ЗКР до точки зустрічі $t_0(r_i)$ визначається в результаті рішення квадратного рівняння наступним чином:

$$t_0(r_i) = \begin{cases} t_1, & \text{і } \delta \text{ } t_1 \leq t_2, t_1 \geq 0, t_2 \geq 0, D \geq 0; \\ t_1, & \text{і } \delta \text{ } t_1 \geq 0, t_2 < 0, D \geq 0; \\ t_2, & \text{і } \delta \text{ } t_2 < t_1, t_1 > 0, t_2 \geq 0, D \geq 0; \\ t_2, & \text{і } \delta \text{ } t_2 \geq 0, t_1 < 0, D \geq 0; \\ \infty, & \text{і } \delta \text{ } t_1 < 0, t_2 < 0; \\ \infty, & \text{і } \delta \text{ } D < 0, \end{cases} \quad (5)$$

де $D = b^2 - 4 \cdot a \cdot c$, $t_1 = \frac{-b + \sqrt{D}}{2 \cdot a}$, $t_2 = \frac{-b - \sqrt{D}}{2 \cdot a}$, при $D \geq 0$ – дискримінант та корені квадратного рівняння виду:

$$a \cdot t^2 + b \cdot t + c = 0, \quad (6)$$

де a, b, c – коефіцієнти рівняння, що визначаються наступним чином:

$$\begin{cases} a = v_0^2 - v_p^2; \\ b = 2 \cdot v_0 \times \\ \quad \times ((x_c - x_i) \cdot \sin(\varphi_0) + (y_c - y_i) \cdot \cos(\varphi_0)); \\ c = (x_c - x_i)^2 + (y_c - y_i)^2, \end{cases} \quad (7)$$

де x_i, y_i – координати цілі в момент пуску ЗКР, що визначаються таким чином:

$$\begin{cases} x_i = r_i \cdot \sin(\varphi_0); \\ y_i = r_i \cdot \cos(\varphi_0). \end{cases} \quad (8)$$

В блоці 34 здійснюється перевірка належності рубежу зустрічі ЗКР з ціллю $r_{св}$ множині, що обме-

жена РВЗ, і якщо зустріч ЗКР з ціллю відбулась до РВЗ, то здійснюється інкремент кількості повторних обстрілів цілі зрдн.

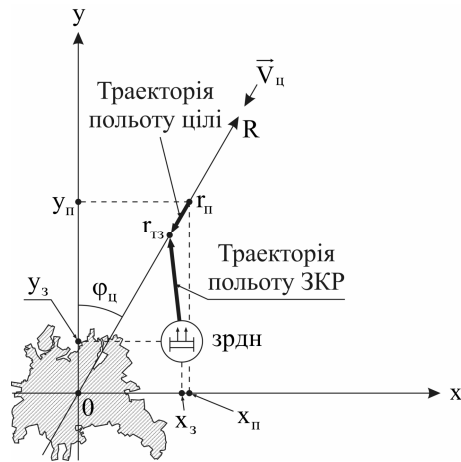


Рис. 5. Визначення рубежу зустрічі ЗКР з ціллю

Останнім рубежом є рубіж оцінки результатів стрільби $r_{і0}$, який розраховується в блоці 35, де відстань $d_{і0}$ визначається наступним чином:

$$d_{і0} = V_0 \cdot t_{і0}, \quad (9)$$

де $t_{і0}$ – нормативний час оцінки результатів стрільби.

Необхідно відмітити, що якщо рубіж оцінки результатів стрільби знаходиться у зоні видачі бойової інформації $r_{і0} \in \{r_{аі}^{оа}, r_{аі}^{оа}\}_{i=1, N_{оа}}$, то цей рубіж одночасно є рубежом постановки бойового завдання наступного циклу стрільби $r_{іс} = r_{і0}$, а в іншому випадку рубежом постановки бойового завдання наступного циклу стрільби є найближча межа інтервалу зони постановки бойового завдання зрдн в напрямку руху цілі.

Для реалізації процесу опізнання цілі, призначення ракет, підготовки вихідних даних до стрільби, прийняття рішення на обстріл цілі та пуску ракет необхідно мати зону пуску зрдн по цілі що рухається зі швидкістю V_0 , на висоті h_0 та з напрямку φ_0 відносно центра об'єкту прикриття.

Зону пуску зрдн $\{r_{аі}^i, r_{аі}^i\}_{i=1, N_i}$ по цілі що рухається зі швидкістю V_0 , на висоті h_0 та з напрямку φ_0 відносно центра об'єкту прикриття можна отримати з зони поразення $\{r_{аі}^{i\delta}, r_{аі}^{i\delta}\}_{i=1, N_{i\delta}}$ наступним чином (рис. 6):

$$r^i = r^{i\delta} + V_0 \cdot t_0^{сс}, \quad (10)$$

де $t_0^{сс}$ – час польоту ЗКР до точки зустрічі з ціллю, що знаходиться на відповідній межі зони поразен-

ня, а величини r^i , $r^{i\delta}$ визначаються в залежності від співвідношення:

$$r^i = \begin{cases} r_{a_i}^i, & \text{ї } \delta \text{ } r^{i\delta} = r_{a_i}^{i\delta}, & i \in \overline{1, N_i}; \\ r_{a_i}^i, & \text{ї } \delta \text{ } r^{i\delta} = r_{a_i}^{i\delta}, & i \in \overline{1, N_i}, \end{cases} \quad (11)$$

де $N_i = N_{i\delta}$.

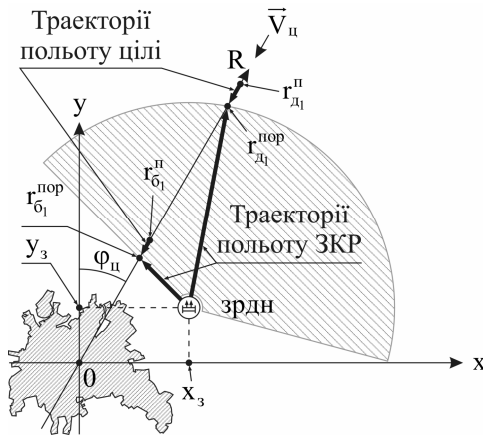


Рис. 6. Визначення зони пуску зрдн

Час t_{δ}^{oc} польоту ЗКР до меж зони поразення визначається наступним чином:

$$t_{\delta}^{oc} = \frac{\sqrt{(x_{\delta} - x_{oc})^2 + (y_{\delta} - y_{oc})^2}}{V_{\delta}}, \quad (12)$$

де x_{oc} , y_{oc} – координати точки зустрічі ЗКР з ціллю, що визначаються таким чином:

$$\begin{cases} x_{oc} = r^{i\delta} \cdot \sin(\phi_{\delta}); \\ y_{oc} = r^{i\delta} \cdot \cos(\phi_{\delta}). \end{cases} \quad (13)$$

Завершується виконання алгоритму тоді, коли завершується перебір інтервалів однієї з зон, що

розглядаються (зони постановки бойового завдання, зони виявлення цілі власною станцією наведення ракет та зони поразення зрдн), або коли розрахований рубіж зустрічі ЗКР з ціллю виявиться ближчим до об'єкту прикриття ніж РВЗ.

Висновки

Таким чином, в даній статті був розроблений метод визначення кількості повторних обстрілів цілі зенітним ракетним дивізіоном, який на відміну від інших враховує впливу рельєфу місцевості на виявлення цілі власною станцією наведення ракет і засобами розвідки, що надають бойову інформацію. До того ж в розробленому методі використовується визначення не середнього циклу стрільби а реалізованого, що в сукупності дозволяє отримувати більш точні оцінки вибраного показника.

Практична значимість розробленого методу полягає в його використанні при рішенні задачі оптимального розподілу сил і засобів зенітного ракетного полку для створення системи зенітного ракетного прикриття важливого державного об'єкту.

Список літератури

1. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торпчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пащенко та ін. – К.: МО України; Х: ХВУ, 2003. – 368 с.
2. Справочник офіцера протиповітряної оборони / Г.В. Зимин, С.К. Бурмистров, Б.М. Букин и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Воениздат, 1987. – 512 с.
3. Неупокоев Ф.К. Протиповітряний бой / Ф.К. Неупокоев. – М.: Воениздат, 1989. – 262 с.

Надійшла до редколегії 12.07.2013

Рецензент: канд. техн. наук, ст. наук співр. О.В. Коломійцев, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ПОВТОРНЫХ ОБСТРЕЛОВ ЦЕЛИ ЗЕНИТНЫМ РАКЕТНЫМ ДИВИЗИОНОМ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

С.В. Новиченко, А.Н. Савельев, О.А. Паницин

В статье разработан метод определения количества повторных обстрелов цели зенитным ракетным дивизионом, который в отличие от других учитывает влияние рельефа местности на обнаружение цели средствами разведки, обеспечивающими боевой информацией и собственной станцией наведения ракет. Данный показатель может быть использован при решении задачи оптимизации боевого порядка зенитного ракетного полка.

Ключевые слова: возможности повторного обстрела цели, зона выявления, зона поражения.

METHOD OF DETERMINING THE AMOUNT OF THE REPEATED FIRES OF TARGET AN ANTI-AIRCRAFT MISSILE BATTALION TAKING INTO ACCOUNT INFLUENCE OF RELIEF

S.V. Novichenko, A.M. Savelyev, O.O. Panitsyn

The method for determining of number of the repeated attacks of target by anti-aircraft missile battalions, which, unlike the other methods accounts the relief influence on target detection by surveillance radar and own missile guidance station was developed in this article. This parameter can be used to solve the optimization problem of anti-aircraft missile regiment order.

Keywords: possibilities of the repeated fire of purpose, area of exposure, area of defeat.