

Олексій Миколайович Загорка (доктор військових наук, професор)

Сергій Васильович Поліщук (кандидат військових наук)

Ірина Олексіївна Загорка

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ ПОВІТРЯНОГО ПРОТИВНИКА

Ефективність протиповітряної оборони військ і об'єктів суттєво залежить від функціонування системи розвідки повітряного противника. Своєчасність видачі інформації про засоби повітряного нападу противника зенітним ракетним дивізіонам є визначальним для їх надійного ураження. Невизначеність дій засобів повітряного нападу, а саме висот їх застосування і напрямків удару по військах і об'єктах, обумовлює необхідність при організації розвідки розглядати декілька варіантів побудови просторової структури системи розвідки повітряного противника з метою її оптимізації.

У статті запропоновано методику визначення раціональної просторової структури системи розвідки повітряного противника, в якій за критерій оптимізації прийнято ефективність функціонування системи розвідки повітряного противника, що оцінюється математичним сподіванням відносної величини кількості засобів повітряного нападу зі складу удару, що виявлені і по яким своєчасно видана інформація зенітним ракетним дивізіонам.

Ефективність функціонування системи розвідки повітряного противника визначається як добуток імовірності виявлення цілей системи розвідки повітряного противника та імовірності своєчасної видачі інформації по них зенітним ракетним дивізіонам. Імовірність виявлення цілі системи розвідки повітряного противника визначається із урахуванням коефіцієнта перекриття радіолокаційного поля, імовірності своєчасної видачі інформації зенітним ракетним дивізіонам із використанням нормальної функції розподілу Лапласа. При оцінюванні ефективності функціонування системи розвідки повітряного противника ураховуються можливі діапазони висот застосування засобів повітряного нападу і напрямки їх ударів по військах і об'єктах. Розподіл засобів повітряного нападу за діапазонами висот застосування здійснюється за евристичним методом. Коефіцієнти важливості (небезпечності) напрямків ударів засобів повітряного нападу визначаються із використанням експертного методу ранжування.

Варіанти просторової структури системи розвідки повітряного противника відрізняються розташуванням позицій радіолокаційних станцій на місцевості. Раціональним вважається варіант просторової структури, якому відповідає максимум ефективності функціонування системи розвідки повітряного противника.

Порядок використання розробленої методики визначення раціональної просторової структури системи розвідки повітряного противника показаний на прикладі. Методика може використовуватись під час організації розвідки повітряного противника органами управління радіотехнічних військ.

***Ключові слова:** система розвідки, повітряний противник, просторова структура, критерій ефективності функціонування.*

Вступ

Постановка проблеми. З досвіду воєнних конфліктів минулого випливає, що основна роль у виконанні бойових завдань належить засобам повітряного нападу (ЗПН). Тому для країни, яка може зазнати нападу агресора, важливим є забезпечення надійного прикриття військ і об'єктів від їх ударів.

Ефективність протиповітряної оборони (ППО) військ і об'єктів від ударів ЗПН багато в чому залежить від функціонування системи розвідки повітряного противника (СРПП), а саме від її можливостей щодо виявлення повітряних цілей і своєчасності видачі інформації про них активним засобам ППО.

Відомо, що основою СРПП є радіолокаційні засоби розвідки, розташування позицій яких на місцевості створює радіолокаційне поле (РЛП) з

потрібними параметрами. Тому оптимізація просторової структури СРПП є актуальним науковим і практичним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням питань побудови та оцінювання ефективності функціонування СРПП присвячено чимало праць.

Так, у праці [1] наведена система показників радіолокаційної розвідки та методичні положення щодо їх розрахунку, розглянуті принципи формування РЛП, приведений алгоритм імітації дій радіотехнічних військ (РТВ) та розрахунку ефективності їх застосування. Ефективність застосування РТВ оцінюється за відносною кількістю виявлених ЗПН з удару. При цьому не враховується своєчасність видачі інформації активним засобам ППО.

Методика визначення імовірності виявлення

повітряних цілей угрупованням РТВ наведена у праці [2]. При розрахунку імовірності виявлення цілей урахується рівень перешкод, рельєф місцевості, площа ефективної поверхні розсіювання цілей.

У монографії [3] розглянута імітаційна статистична модель функціонування СРПП. Модель дозволяє оцінювати математичні сподівання кількості цілей, що виявлені із імовірністю, не меншою ніж задана, кількості цілей, по яких своєчасно видано оповіщення, кількості цілей, по яких своєчасно видана бойова інформація активним засобам ППО. У моделі під час формування маршрутів польоту цілей використовується метод випадкового змінювання напрямків їх польоту у зоні радіолокаційної розвідки.

Відповідно до задачі оптимізації просторової структури системи розвідки, що наведена у праці [4], розглядається декілька варіантів розташування позицій радіоелектронних засобів, які повинні забезпечувати кругове виявлення повітряних цілей з різних напрямків з потрібною дальністю. Оптимальним вважається варіант розташування позицій радіоелектронних засобів, якщо забезпечується кругове виявлення повітряних цілей з максимально можливою кратністю перекриття зон виявлення радіоелектронних засобів за напрямками ударів повітряного противника. При великій кількості варіантів розташування позицій засобів розвідки пропонується під час оптимізації просторової структури системи розвідки використовувати метод, який заснований на ранговому підході до рішення задач цілочислового лінійного програмування з бульовими змінними. Таким чином задача оптимізації просторової структури системи розвідки у праці [4] розв'язується за максимумом кратності перекриття зон виявлення повітряних цілей радіоелектронних засобів за напрямками ударів повітряного противника при забезпеченні дальності виявлення повітряних цілей не нижче потрібної.

Однак, під час побудови СРПП відповідно до її призначення потрібно урахувати ефективність її функціонування, яка у рівній ступені залежить від можливостей виявлення повітряних цілей і можливостей щодо своєчасної видачі інформації по них активним засобам ППО. Тому при побудові системи радіолокаційної розвідки для оптимізації її просторової структури доцільно рівнозначно використовувати ці показники. Для оцінювання показників, за якими визначаються критерії, доцільно використовувати методичні підходи, що наведені у працях [1 – 3].

Мета статті полягає у розробці методики визначення раціональної просторової структури системи радіолокаційної розвідки повітряного простору.

Виклад основного матеріалу дослідження

Взагалі під системою розвідки розуміється сукупність функціонально взаємозалежних різномірних за структурою та принципами функціонування сил і засобів розвідки, діяльність яких спрямована на виконання завдання добування,

обробки та передачі споживачам розвідувальної інформації [4]. Система розвідки повітряного противника створюється РТВ. Матеріальною основою виконання бойових завдань, що стоять перед РТВ ППО є РЛП [5].

Радіолокаційне поле – область повітряного простору, в межах якого радіолокаційними засобами підрозділів радіотехнічної частини забезпечується виявлення, супроводження і визначення тактичних характеристик повітряних цілей і своїх літаків з імовірністю на менше заданої.

Розміщення на місцевості радіолокаційних станцій (РЛС), які створюють РЛП, визначає просторову структуру СРПП. Вибір позицій РЛС здійснюється з урахуванням умов місцевості та забезпечення інформацією активних засобів ППО. Для кожної РЛС під час формування РЛП може розглядатися декілька позицій, які у сукупності утворюють варіанти просторової структури СРПП.

При оптимізації просторової структури СРПП необхідно урахувати можливі напрямки ударів ЗПН по військах і об'єктах, що прикриваються силами ППО, та висоти їх застосування. Ефективність функціонування СРПП оцінюється математичним сподіванням (M) відносної величини кількості ЗПН, які виявлені СРПП і по яким своєчасно видана інформація (оповіщення, бойова) активним засобам ППО. При завданні удару ЗПН з k -го напрямку ($k = \overline{1, K}$) і їх застосуванні у r -му діапазоні висот ($r = \overline{1, R}$) для j -го варіанта просторової структури СРПП ($j = \overline{1, m}$) математичне сподівання M_{jrk} визначається за формулою

$$M_{jrk} = P_{jr}^B P_{jrk}^{CB}, \quad (1)$$

де P_{jr}^B – імовірність виявлення ЗПН СРПП;

P_{jrk}^{CB} – імовірність своєчасної видачі інформації про ЗПН активним засобам ППО.

Імовірність P_{jr}^B визначається за відомою формулою [1 – 3]

$$P_{jr}^B = 1 - 0,5^{K_{пjr}}, \quad (2)$$

де $K_{пjr}$ – коефіцієнт перекриття РЛП для j -го варіанта просторової структури СРПП і застосуванні ЗПН у r -му діапазоні висот.

У формулі (2) прийнято, що імовірність виявлення повітряної цілі РЛС дорівнює 0,5.

Коефіцієнт $K_{пjr}$ відповідно до праці [3] пропонується визначати за формулою

$$K_{пjr} = 1 + \frac{S_{пер,jr}}{S_{зар,jr}}; j = \overline{1, m}; r = \overline{1, R}, \quad (3)$$

де $S_{пер,jr}$ – сумарна площа ділянок взаємного перекриття зон виявлення РЛС;

$S_{зар,jr}$ – загальна площа РЛП для j -го варіанта просторової структури СРПП і застосуванні ЗПН у r -му діапазоні висот.

Зазвичай при проведенні оперативного-тактичних розрахунків за характеристики зони виявлення РЛС

приймають ЕПР цілі, яка дорівнює 1 м^2 , імовірність виявлення цілі – $0,5$. У ТТХ РЛС дальність виявлення цілей приводиться для імовірності $0,5$.

Для перерахунку дальності виявлення цілей ($D_{вр}$) зазвичай використовується формула

$$D_{вр} = D_{в0,5г} \prod_{l=1}^4 K_l, \quad (4)$$

де K_1 – коефіцієнт стиснення зони виявлення з урахуванням рівня перешкод;

K_2 – коефіцієнт стиснення зони виявлення, який враховує рельєф місцевості;

K_3 – коефіцієнт змінювання дальності виявлення з урахуванням ЕПР цілі;

K_4 – коефіцієнт перерахунку дальності виявлення для заданого значення імовірності виявлення цілі.

Визначення коефіцієнтів докладно наведено у працях [1, 3] і не потребує подальшого розгляду.

Для оцінювання імовірності P_{jrk}^{CB} , насамперед, необхідно визначити потрібну дальність виявлення цілі для забезпечення своєчасної видачі інформації активним засобом ППО.

Ця задача розв'язується у параметричній

системі координат (рис.1).

З урахуванням праць [1, 3] потрібна курсова дальність виявлення цілі визначається за формулою

$$S_{jrk}^{в.потр} = \sqrt{D_{ург}^2 - P_{здрк}^2 - \Delta S_{jk} + V_{ц}(t_3 + t_{зап} + t_{бр} + T_{цг})}, \quad (5)$$

де $D_{ург}$ – дальність до дальньої межі зони ураження зрдн у $г$ -му діапазоні висот;

$P_{здрк}$ – параметр польоту цілі при $к$ -му напрямку удару ЗПН;

ΔS_{jk} – відстань між РЛС і зрдн у $ж$ -му варіанті просторової структури СРПП при дії ЗПН з $к$ -го напрямку;

$V_{ц}$ – швидкість польоту ЗПН;

t_3 – час затримки видачі даних про ціль від РЛС;

$t_{зап}$ – час запізнювання приймання даних про ціль у пункті призначення;

$t_{бр}$ – час переведення зрдн у готовність до бойового застосування;

$T_{цг}$ – цикл стрільби зрдн для $г$ -го діапазону висоти.

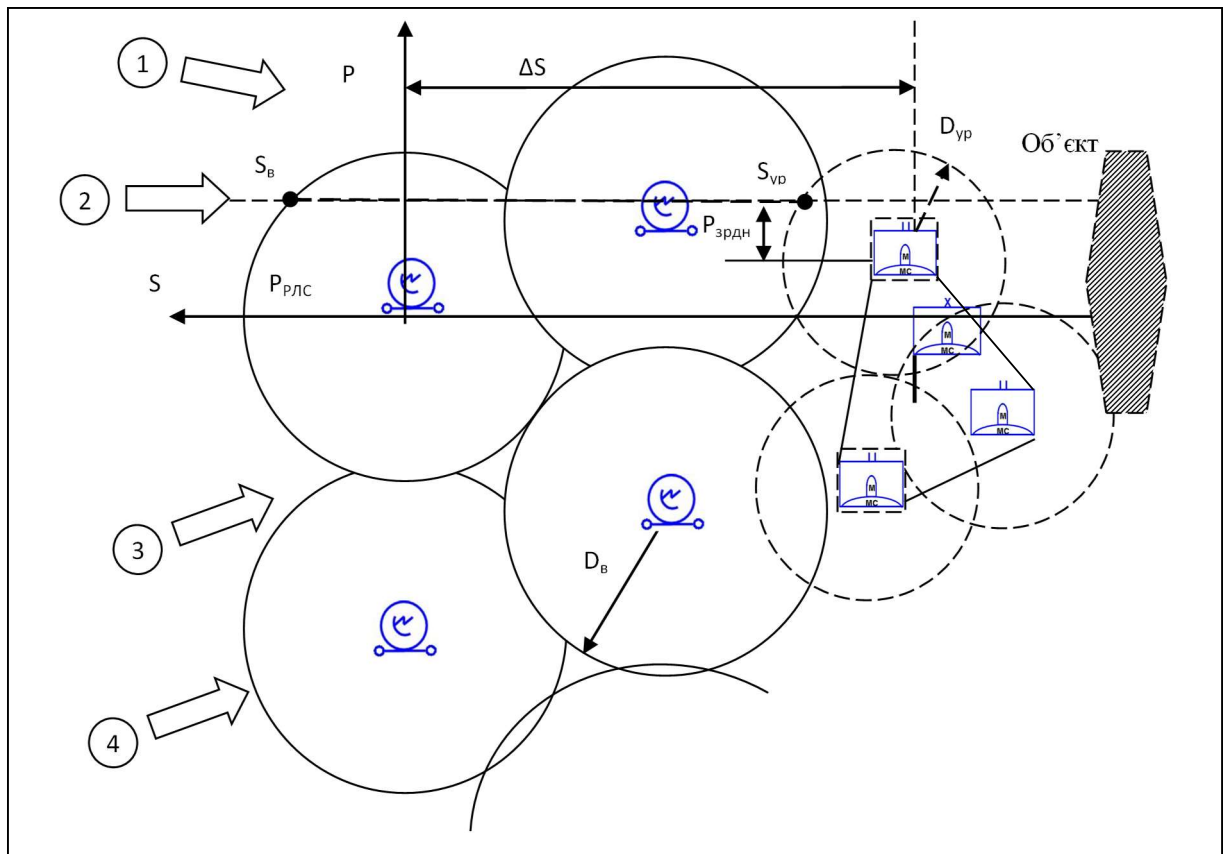


Рис 1. До розрахунку потрібної дальності видачі розвідувальної інформації

Під час проведення полігонних випробувань [6] за результатами обльоту РЛС літаками на різних висотах визначаються функції розподілу дальностей виявлення цілей, які перераховуються для умов застосування РЛС з використанням коефіцієнтів K_1 . Далі функції розподілу

дальностей виявлення цілей приводяться до параметричної системи координат і визначаються середні значення m_{sjrk} і середні квадратичні відхилення σ_{sjrk} дальностей виявлення цілей.

Імовірність своєчасної видачі інформації по

ЗПН активним засобом ППО (P_{jrk}^{CB}) визначається за формулою

$$P_{jrk}^{CB} = \Phi^* \left(\frac{m_{sjrk} - S_{jrk}^{B, \text{потр}}}{\sigma_{sjrk}} \right), \quad (6)$$

де Φ^* – нормальна функція розподілу.

Для визначення дальностей виявлення цілей РЛС і дальностей їх ураження ЗРК можливі висоти застосування ЗПН від H_{\min} до H_{\max} розбиваються на R діапазонів. Задаються нижня межа $H_{нr}$ і верхня межа $H_{вр}$ діапазону висот, а також коефіцієнти, які характеризують розподіл ЗПН за діапазонами висот $K_{ЗПНr}$, $\sum K_{ЗПНr} = 1$, $r = \overline{1, R}$. Дальності виявлення цілей РЛС і дальності їх ураження ЗРК відповідно ТТХ визначаються для висот

$$H_r = \frac{H_{нr} + H_{вр}}{2}. \quad (7)$$

Під час побудови СРПП аналізується можливість завдання ударів ЗПН по військах і об'єктах з декількох напрямків і оцінюється їх важливість (небезпечність). Для цього можуть використовуватися методи експертного оцінювання, зокрема метод ранжирування [7]. Під ранжируванням розуміється процедура встановлення відносної значущості переваги об'єктів (у нашому випадку напрямків удару ЗПН) на підставі їх упорядкування.

Ранг – це показник, який характеризує порядкове місце об'єкта (напрямку удару) у групі інших об'єктів (направків удару). Напрямку удару, який найбільш небезпечний, надається перший ранг, а який найменш небезпечний – останній ранг.

Експерт має розташувати напрямки удару у порядку їх небезпечності і приписати кожному числу натурального ряду: 1, 2, ..., n. Після надання експертом рангів напрямкам удару визначаються коефіцієнти (C_{kv}), які характеризують перевагу їх застосування при завданні удару по військах і об'єктах, за формулою [7]

$$C_{kv} = 1 - \frac{z_{kv} - 1}{K}; k = \overline{1, K}; v = \overline{1, L}, \quad (8)$$

де z_{kv} – ранг, який надав V -й експерт k -му напрямку;

L – кількість експертів.

Потім значення коефіцієнтів C_{kv} нормуються

$$b_{kv} = \frac{C_{kv}}{\sum_k C_{kv}}; \sum_k b_{kv} = 1; k = \overline{1, K}. \quad (9)$$

Коли компетентність експертів вважається однаковою, важливість (небезпечність) напрямку удару визначається за формулою

$$B_k = \frac{1}{L} \sum_v b_{kv}, v = \overline{1, L}. \quad (10)$$

Коли компетентність V -го експерта оцінюється коефіцієнтом ξ_v , то

$$B_k = \sum_v \xi_v b_{kv}, \sum_v \xi_v = 1. \quad (11)$$

Для оцінювання вірогідності експертної оцінки використовується коефіцієнт конкордації [7, 8].

Оптимізація просторової структури СРПП здійснюється за варіантами її побудови, які відрізняються розміщенням позицій РЛС на місцевості. При цьому ураховуються прогнозовані висоти польоту ЗПН і напрямки завдання ударів противника по військах і об'єктах. За критерій оптимізації прийнята ефективність функціонування СРПП, яка оцінюється математичним сподіванням відносної величини кількості ЗПН зі складу удару, що виявленні і по яким своєчасно видана інформація активним засобом ППО. Рациональна просторова структура СРПП відповідно (1) визначається за максимумом ефективності функціонування з використанням виразу

$$\max_j M_j = \sum_r \left(K_{ЗПНr} P_{jr}^B \sum_k B_k P_{jrk}^{CB} \right), j = \overline{1, m}. \quad (12)$$

При цьому ефективність функціонування раціонального варіанта просторової структури СРПП M_j^* повинна бути не менше заданої $M_{зад}$.

При визначенні варіантів просторової структури СРПП необхідно враховувати потрібну ширину по фронту і глибину району відповідальності угруповання РТВ.

Структурна схема методики оптимізації просторової структури СРПП наведено на рис. 2. Відповідно до наведеної методики при ефективності функціонування СРПП нижче заданої $M_{зад}$ здійснюється уточнення варіантів її просторової структури (розташування позицій РЛС на місцевості) і розрахунки повторюються.

Як приклад, розглянуто визначення просторової структури СРПП, для створення РЛП якої використовується шість РЛС типу 5Н87. Прикриття об'єкта від ударів ЗПН здійснюється зенітною ракетною бригадою С-300П у складі трьох зрдн. Місцевість пагориста, виявлення повітряних цілей здійснюється в умовах перешкод середньої інтенсивності.

При оптимізації просторової структури СРПП аналізується дія ЗПН із чотирьох можливих напрямків ($K=4$) і п'ять діапазонів висот їх застосування ($R=5$). Розглядається п'ять варіантів просторової структури СРПП ($m=5$).

З урахуванням праць [5, 9] у табл. 1 наведені дальності виявлення цілей РЛС $D_{в.0.5r}$ відповідно до ТТХ, розраховані дальності виявлення цілей РЛС $D_{вр}$ і дальності їх ураження зрдн $D_{урr}$ для R діапазонів висот.

При розрахунках прийнято: швидкість цілі 300 м/с; часові характеристики $t_3 = 60$ с, $t_{зап} = 30$ с, $t_{бр} = 30$ с., час циклу стрільби зрдн розраховується відповідно до дальностей ураження цілі зрдн і складає 60 – 230 с.

Коефіцієнти перекриття РЛП $K_{пjr}$ і імовірності виявлення цілей СРПП P_{jr}^B для варіантів

просторової структури приведені у табл. 2.

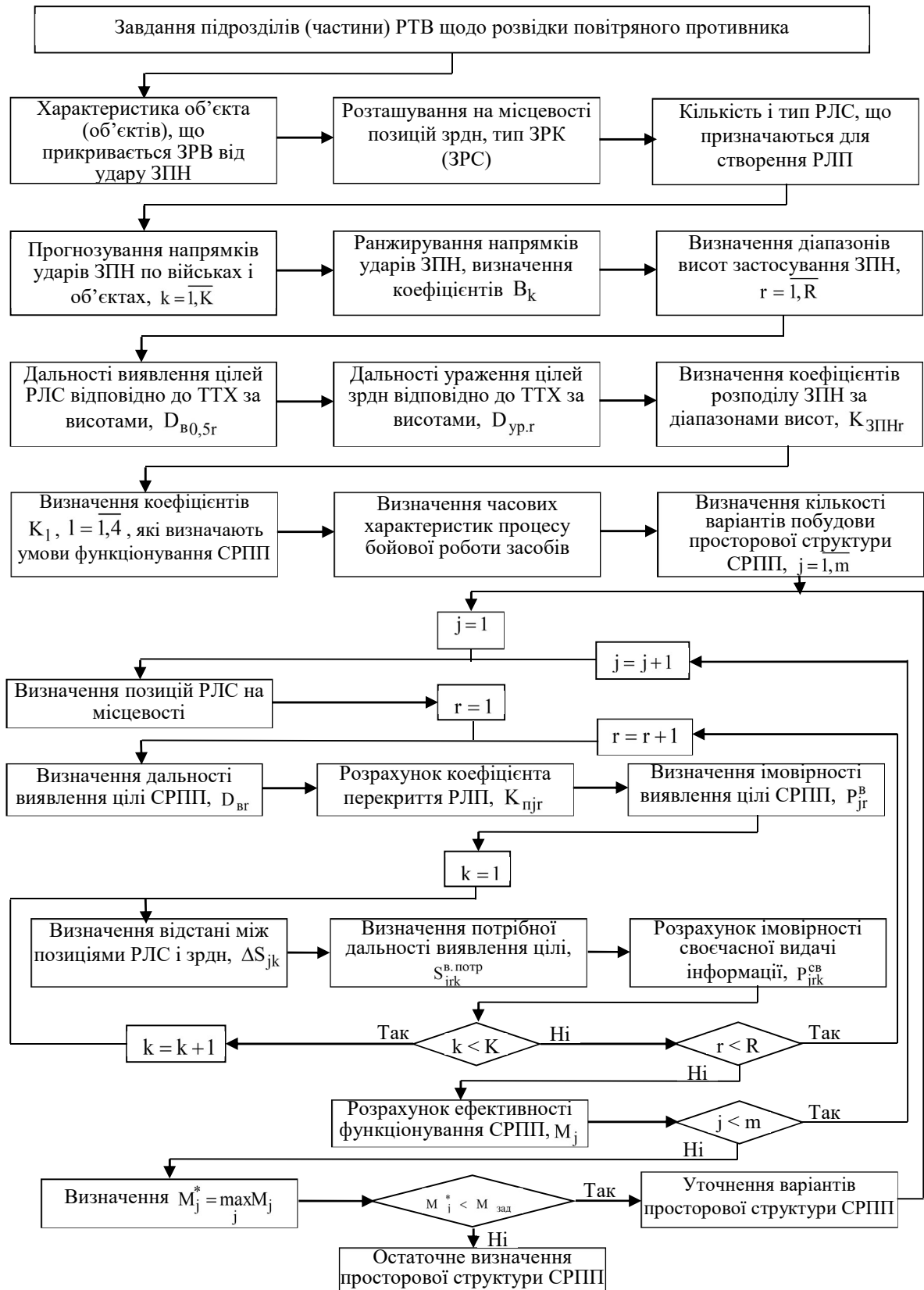


Рис. 2. Структурна схема методикі оптимізації просторової структури СРПП

Позиції РЛС, які відповідають варіантам просторової структури СРПП, позначаються на топографічній карті місцевості. Для розрахунку потрібних дальностей виявлення цілей у параметричній системі координат $S_{jrk}^{в.потр}$

визначаються відстані між позиціями РЛС і зрдн ΔS_{jk} і курсові параметри цілей $P_{РЛС,jk}$, $P_{зрдн,jk}$ для кожного прогнозованого напрямку удару.

Результати розрахунків імовірностей своєчасної видачі інформації по ЗПН активним засобам ППО

для першого варіанта просторової структури СРПП

P_{1rk}^{CB} наведені у табл. 3.

Таблиця 1

Дальності виявлення цілей РЛС і їх ураження зрдн

Номер діапазону висот, г	Висота польоту цілі, H_r , км	Дальність виявлення цілі РЛС $D_{в.0.5г}$, км	Коефіцієнти		Дальність виявлення цілі РЛС $D_{в.г}$, км	Дальність ураження цілі зрдн, $D_{ур.г}$, км	Коефіцієнт розподілу висот $K_{зПНг}$
			K_1	K_2			
1	0,3	65	0,8	0,7	36,4	20	0,15
2	2,0	140	0,8	0,8	89,6	55	0,40
3	4,0	185	0,8	0,8	118,4	65	0,25
4	6,0	240	0,8	1,0	192,0	70	0,15
5	10,0	300	0,8	1,0	240,0	75	0,05

Таблиця 2

Коефіцієнти перекриття РЛП та імовірності виявлення цілей СРПП

Показники	Варіанти просторової структури СРПП, j														
	1					2					3				
	Висота H_r , км					Висота H_r , км					Висота H_r , км				
	0,3	2,0	4,0	6,0	10,0	0,3	2,0	4,0	6,0	10,0	0,3	2,0	4,0	6,0	10,0
$K_{пјг}$	1,05	1,62	1,95	2,42	2,63	1,20	1,70	2,10	2,55	2,70	1,28	1,74	2,18	2,64	2,85
$P_{јг}^B$	0,52	0,67	0,74	0,81	0,84	0,56	0,69	0,77	0,83	0,85	0,59	0,70	0,78	0,84	0,86

Показники	Варіанти просторової структури СРПП, j									
	4					5				
	Висота H_r , км					Висота H_r , км				
	0,3	2,0	4,0	6,0	10,0	0,3	2,0	4,0	6,0	10,0
$K_{пјг}$	1,15	1,65	2,00	2,52	2,69	1,32	1,78	2,25	2,76	2,91
$P_{јг}^B$	0,55	0,68	0,75	0,83	0,84	0,60	0,71	0,79	0,85	0,87

Таблиця 3

Результати розрахунків імовірностей своєчасної видачі інформації по засоби повітряного нападу активним засобам ППО

Висота польоту ЗПН, H_r , км	Номер напрямку удару, k	Курсові параметри		Відстань між РЛС і зрдн, ΔS_{jk} , км	Потрібна дальність виявлення цілі, $S_{јгk}^{в.потр}$, км	Числові характеристики дальності виявлення цілі		Імовірність своєчасної видачі інформації, $P_{јгk}^{CB}$
		$P_{РЛС.јк}$, км	$P_{зрдн.јк}$, км			m_{sjrk} , км	σ_{sjrk} , км	
0,3	1	15	0	35	39,0	35,0	5	0,21
	2	30	10	50	21,3	20,5	5	0,44
	3	25	15	45	22,2	26,5	5	0,80
	4	0	12	40	30,0	36,4	5	0,90
2,0	1	15	0	35	86,0	88,5	7	0,64
	2	30	10	50	70,0	84,5	7	0,98
	3	25	15	45	74,0	86,0	7	0,95
	4	0	12	40	70,5	89,6	7	0,99
4,0	1	15	0	35	99,0	117,0	9	0,98
	2	30	10	50	83,0	114,0	9	0,99
	3	25	15	45	87,3	115,0	9	0,99
	4	0	12	40	92,8	118,4	9	0,99
6,0	1	15	0	35	107,0	190,0	10	0,99
	2	30	10	50	91,3	189,9	10	0,99
	3	25	15	45	95,4	190,4	10	0,99
	4	0	12	40	100,9	192,0	10	0,99
10,0	1	15	0	35	115	239,5	10	0,99
	2	30	10	50	99,3	238,1	10	0,99
	3	25	15	45	103,5	238,7	10	0,99
	4	0	12	40	109,0	240	10	0,99

Імовірність своєчасної видачі СРПП інформації активним засобам ППО по цілях, які здійснюють політ на великих висотах, практично дорівнює 1,0, тому що дальність виявлення цілей СРПП значно

перевищує потрібні дальності для забезпечення обстрілу цілей на дальній межі зони ураження зрдн.

Коефіцієнт важливості (небезпечності) напрямків ударів ЗПН визначені із використанням методу ранжирування і дорівнюють:

$$B_1 = 0,1; B_2 = 0,4; B_3 = 0,3; B_4 = 0,2.$$

Ефективність функціонування СРПП для першого варіанта просторової структури, яка розрахована за даними табл. 2, 3, $M_1 = 0,613$.

Аналогічно розрахована за формулою (12) ефективність функціонування СРПП для решти варіантів її просторової структури. Результати розрахунків наведені на рис. 3.

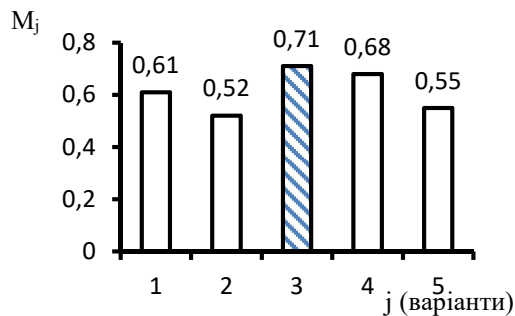


Рис. 3. Ефективність функціонування СРПП для різних варіантів її просторової структури

Література

1. Городнов В.П. Моделювання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку): Монографія / Городнов В.П., Дробаха Г.А., Єрмошин М.О., Смірнов С.Б. – Харків: ХВУ, 2004. – 410 с. **2. Городнов В.П.** Методика прогноза ефективності групувань родов войск ПВО.– Х.: ХВУ, 1999.–32 с. **3. Романченко І.С.** Теорія і практика боротьби з малорозмірними низьколітніми цілями (оцінка можливостей, тенденції розвитку засобів протиповітряної оборони: монографія / І.С. Романченко, О.М. Загорка, С.Г. Бутенко, О.В. Дейнега. –Житомир: “Полісся”, 2011. – 344 с. **4. Ярош С.П.** Теоретичні основи побудови та застосування розвідувально-управляючих інформаційних систем протиповітряної оборони: монографія /

На основі аналізу рис. 3, раціональним є третій варіант просторової структури СРПП, якщо задана ефективність функціонування СРПП $M_{зад} = 0,7$.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Розроблено методика оптимізації просторової структури СРПП на підставі максимізації ефективності її функціонування з урахуванням можливих висот застосування ЗПН і напрямків їх ударів по військах і об'єктах.

Ефективність функціонування СРПП визначається як добуток імовірності виявлення цілей СРПП та імовірності своєчасної видачі інформації по них зрдн.

Порядок використання методика показано на прикладі визначення просторової структури СРПП, яка містить РЛС одного типу. У подальшому доцільно у методиці передбачити використання при створенні РЛП РЛС різних типів (малих і великих висот).

Методика може використовуватися органами військового управління при організації розвідки повітряного противника.

С. Ярош; за заг. ред. І.О. Кириченка. – Х.: ХУПС, 2012. – 512 с. **5. Торопчин А.Я.** Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пашенко та ін. – К: МО України; Х.: ХВУ, 2003. – 368 с. **6. Дубас В.Н.,** Иванов В.А., Пуятин В.Г. Полигонные испытания радиолокационных станций слежения на стадии их разработки. – К.: Институт новых физических и прикладных проблем, 1993. – 132 с. **7. Денисов А.А.,** Колесников Д.Н. Теория больших систем управления: Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 288 с. **8. Бешелев С.Д.,** Гурвич Ф.Г. Экспертные оценки. – М.: “Наука”, 1973. – 160 с. **9. Ганин С.М.,** Карпенко А.В., Жизневский В.И., Федотов Г.В. Зенитная ракетная система С-300 / Под ред. А.Г. Магрицкого. – Санкт-Петербург: “Гангут”, Невский бастион, вып. 3, 1977. – 72 с.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ ВОЗДУШНОГО ПРОТИВНИКА

Алексей Николаевич Загорка (доктор военных наук, профессор)

Сергей Васильевич Полищук (кандидат военных наук)

Ирина Алексеевна Загорка

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

Эффективность противовоздушной обороны войск и объектов существенно зависит от функционирования системы разведки воздушного противника. Своевременность выдачи информации о средствах воздушного нападения противника зенитным ракетным дивизионам является определяющим для их надежного поражения. Неопределенность действий средств воздушного нападения, а именно высот их применения и направлений удара по войскам и объектам, обуславливает необходимость при организации разведки рассматривать несколько вариантов построения пространственной структуры системы разведки воздушного противника с целью ее оптимизации.

В статье предложена методика определения рациональной пространственной структуры системы разведки воздушного противника, в которой в качестве критерия оптимизации принято эффективность функционирования системы разведки воздушного противника, которая оценивается математическим ожиданием относительной величины количества средств воздушного нападения из состава удара, которые обнаружены и по которым своевременно выдана информация зенитным ракетным дивизионам.

Эффективность функционирования системы разведки воздушного противника определяется как произведение вероятности обнаружения целей системой разведки воздушного противника и вероятности своевременной выдачи информации по ним зенитным ракетным дивизионам. Вероятность обнаружения цели системой разведки воздушного противника определяется с учетом коэффициента перекрытия радиолокационного поля, вероятности своевременной выдачи информации зенитным

ракетным дивизионам с использованием нормальной функции распределения Лапласа. При оценивании эффективности функционирования системы разведки воздушного противника учитываются возможные диапазоны высот применения средств воздушного нападения и направления их ударов по войскам и объектам. Распределение средств воздушного нападения по диапазонам высот применения осуществляется с помощью эвристического метода. Коэффициенты важности (опасности) направлений ударов средств воздушного нападения определяются с использованием экспертного метода ранжирования.

Варианты пространственной структуры системы разведки воздушного противника отличаются расположением позиций радиолокационных станций на местности. Рациональным считается вариант пространственной структуры, которому соответствует максимум эффективности функционирования системы разведки воздушного противника.

Порядок использования разработанной методики определения рациональной пространственной структуры системы разведки воздушного противника показан на примере. Методика может использоваться при организации разведки воздушного противника органами управления радиотехнических войск.

Ключевые слова: система разведки, воздушный противник, пространственная структура, критерий эффективности функционирования.

METHOD OF DETERMINING THE RATIONAL SPATIAL STRUCTURE OF THE RADIO SURVEILLANCE SYSTEM OF THE AIR ENEMY

Oleksii Zahorka (Doctor of Military Sciences, Professor)

Serhii Polishchuk (Candidate of Military Sciences)

Iryna Zahorka

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine

The effectiveness of air defense troops and facilities depends significantly on the functioning of the enemy's reconnaissance system. The timeliness of the issuance of information on enemy air attack means to anti-aircraft missile divisions is crucial for their reliable defeat. Uncertainty of air attack means, namely the height of their use and directions of attack on troops and objects, necessitates the need to consider several options for building the spatial structure of the enemy's reconnaissance system in order to optimize it.

The article proposes a method for determining the rational spatial structure of the enemy reconnaissance system, in which the optimization criterion is the effectiveness of the enemy reconnaissance system, which is estimated by the mathematical expectation of the relative number of air attack means from the strike, detected and timely information divisions.

The effectiveness of the enemy's reconnaissance system is defined as the product of the probability of identifying the objectives of the enemy's reconnaissance system and the probability of timely issuance of information on them to anti-aircraft missile divisions. The probability of detecting the target of the enemy air reconnaissance system is determined taking into account the overlap of the radar field, the probability of timely delivery of information to anti-aircraft missile divisions using the normal Laplace distribution function. When assessing the effectiveness of the enemy air reconnaissance system, the possible ranges of heights of the use of air attack means and the directions of their strikes on troops and objects are taken into account. The distribution of air attack means by altitude ranges is carried out by the heuristic method. Coefficients of importance (danger) of directions of blows of means of air attack are defined with use of an expert method of ranking.

Variants of the spatial structure of the enemy reconnaissance system differ in the location of radar stations on the ground. A variant of the spatial structure is considered rational, which corresponds to the maximum efficiency of the enemy's reconnaissance system.

The procedure for using the developed method of determining the rational spatial structure of the enemy air reconnaissance system is shown by example. The technique can be used during the organization of reconnaissance of the enemy air by the control bodies of radio troops.

Keywords: reconnaissance system, air enemy, spatial structure, criterion of efficiency of functioning.

References

1. **Gorodnov V.P.** Modeling of combat operations of troops (forces) of air defense and information support of their management processes (theory, practice, history of development): Monograph / Gorodnov V.P., Drobaha G.A., Yermoshin M.O., Smimov E.B. – Kharkiv: KhVU, 2004. - 410 p. 2. **Gorodnov V.P.** Methods for forecasting the effectiveness of groups of air defense forces. – Kh.: KhVU, 1999. – 32 p. 3. **Romanchenko I.S.** Theory and practice of combating small-scale low-level targets (assessment of opportunities, trends in the development of air defense: a monograph / I.S. Romanchenko, O.M. Zagorka, S.G. Butenko, O.V. Deinega. – Zhytomyr: "Polissya", 2011. – 344 pp. 4. **Yarosh S.P.** Theoretical bases of construction and application of reconnaissance and control information systems of

air defense: monograph / S.P. Yarosh, edited by I.O. Kirichenko. KhUPS, 2012. – 512 pp. 5. **Toropchyn A.Y.** Handbook of air defense / A.Y. Toropchyn, I.O. Romanenko, Y.G. Danyk, R.E. Pashchenko, etc. – K: MO KhVU, 2003 – 368 pp. 6. **Dubas V.N., Ivanov V.A., Putyatin V.G.** Field tests of radar tracking stations at the stage of their development – K.: Institute of New Physical and applied problems, 1993. – 132 pp. 7. **Denisov A.A., Kolesnikov D.N.** Theory of large control systems: A textbook for universities – L.: Energoizdat, 1982. – 288 pp. 8. **Beshlev S.D., Gurvich F.G.** Expert assessments – M.: "Science", 1973. – 160 p. 9. **Ganin S.M., Karpenko A.V., Zhiznevsky V.I., Fedotov G.V.** Anti-aircraft missile system S-300 / Ed. A.G. Magritsky. – St. Petersburg: "Gangut", Nevsky Bastion, vol. 3, 1977. – 72 p.