Комплексна методика раціонального розподілу сил і засобів протиповітряної оборони для прикриття військ та об'єктів від ударів різнотипних засобів повітряного нападу (загальні положення)

Олександр Дейнега
доктор військових наук, професор
головний науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: davdoma@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2371-3252

Олексій Загорка
доктор військових наук, професор
головний науковий співробітник
Центр воєнно-стратегічних досліджень
Національного університету оборони України
03049, проспект Повітряних Сил, 28, Київ, Україна
e-mail: zahorka.an@gmail.com
ORCID: 0000-0003-1131-0904

Роман Сірченко
Кандидат військових наук
Начальник науково-дослідної лабораторії
Національний університет оборони України
03049, проспект Повітряних Сил, 28, Київ, Україна
e-mail: romansirchenko1979@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2369-9734

Анотація (Abstract). У статті наведено основні положення комплексної методики розподілення сил і засобів протиповітряної оборони для прикриття військ та об'єктів від ударів різних типів засобів повітряного нападу, яка базується на двох основних методах: прогнозування очікуваних дій засобів повітряного нападу в ударі, сутність якого полягає у послідовному розподілі конкретних засобів повітряного нападу по об'єктах удару з урахуванням їхньої важливості та ступеня переваги дії по них цього засобу повітряного нападу, що дозволяє оцінити прогнозовані втрати військ та об'єктів з метою їх використання в подальшому під час оцінювання можливостей зенітних ракетних комплексів з ураження окремих типів (класів) засобів повітряного нападу, та розподілення сил і засобів протиповітряної оборони для прикриття військ і об'єктів, сутність якого полягає в послідовному розподілі зенітних ракетних комплексів (варіантів складу зенітних ракетних комплексів) для прикриття найбільш важливих об'єктів з урахуванням очікуваних дій засобів повітряного нападу та ступеня переваги застосування окремих типів зенітних ракетних комплексів для ураження засобів повітряного нападу певних класів та типів. Сутність комплексності методики полягає у послідовному: визначенні переліку можливих об'єктів першого ракетно-авіаційного удару противника з урахуванням їхньої важливості; прогнозуванні очікуваних дій засобів повітряного нападу в ударі з урахуванням переваги їх застосування по об'єктах прикриття (на основі однойменного методу); оцінюванні можливостей зенітних ракетних комплексів з ураження окремих типів (класів) засобів повітряного нападу з урахуванням переваги застосування цих комплексів по цих типах засобів повітряного нападу; розподілі зенітних ракетних комплексів (на основі однойменного методу) з урахуванням особливостей їх застосування по окремих типах (класах) засобів повітряного

нападу для прикриття об’єктів від ударів з повітря.

Ключові слова (Keywords): засоби повітряного нападу, зенітне ракетне прикриття, оцінювання ефективності, прогнозування дій противника, протиповітряна оборона, розподіл сил і засобів.

Вступ (Introduction)

Із досвіду відбиття російської агресії випливає, що по військах і об’єктах може бути застосовано засоби повітряного нападу (ЗПН) різних типів, а саме: нестратегічні балістичні ракети (НБР) наземного базування; крилаті ракети (КР) повітряного, морського та наземного базування; ударні безпілотні літальні апарати (БЛА); пілотована авіація (ПА). При цьому слід наголосити на певній тактиці завдавання російськими авіацією повітряно-космічних сил, ракетними військами та артилерією сухопутних військ, а також надводними кораблями, підводними човнами та береговими мобільними ракетними комплексами (РК) військово-морського флоту комбінованих ударів балістичними, аеробалістичними та крилатими ракетами. Для завдавання комбінованих ракетних ударів використовували такі носії ракет:

– КР повітряного базування: Х-101, Х-55 (навчальні ракети з імітаторами ядерної БЧ), Х-555 та Х-22 – стратегічні бомбардувальники Ту-160, Ту-95 та Ту-22М3; Х-31, Х-59 – винищувачі та бомбардувальники Су-24, -30, -34, -35);

– КР морського базування “Калібр” – надводні кораблі та підводні човни Чорноморського флоту та надводні кораблі Каспійської флотилії;

– КР наземного базування – оперативно-тактичний РК “Іскандер-К”;

– протикорабельних ракет 3М-55 (П-800) “Онікс” – рухомий береговий РК “Бастіон-П”;

– протикорабельних ракет Х-35 – береговий РК “Бал”;

– НБР наземного базування – оперативно-тактичний РК “Іскандер-М” та тактичний РК “Точка-У”;

– аеробалістичних ракет повітряного базування Х-47 – літаки МіГ-31К авіаційного РК “Кинджал”;

– зенітних керованих ракет (політ яких у разі стрільби по наземних цілях здійснюється практично по балістичних траєкторіях) – пускові установки зенітних ракетних комплексів (ЗРК) С-300П та С-400.

У табл. 1 наведено деякі характеристики основних ЗПН, які було застосовано у російсько-українській війні від початку повномасштабної агресії (Животовський, 2022), (Нор, 2022), (Кацан, 2022), (Колесник, 2022), (Шкурат, 2023).

Застосування будь-якого типу ЗПН по конкретних об’єктах насамперед визначається їхньою наявністю, дальністю дії, важливістю об’єктів удару, можливостями зі знищення об’єкта, економічними та іншими міркуваннями.

У свою чергу, засоби протиповітряної оборони (ППО), які може бути залучено для прикриття об’єктів від ударів з повітря, характеризуються різними можливостями з ураження ЗПН різних типів, а також розрізняються за зонами вогню. Деякі ЗРК узагалі не може бути застосовано для знищення певних типів ЗПН (наприклад, балістичних та аеробалістичних ракет). Крім того, прикриття об’єктів від ударів ЗПН визначених типів (особливо балістичних та крилатих ракет) потребує урахування деяких особливостей побудови бойових порядків з’єднань, частин, озброєних ЗРК. У табл. 2 представлено основні характеристики зенітних засобів, які були на озброєнні Збройних Сил України на початок збройної агресії рф, а також деяких зарубіжних, які були надані країнами-партнерами.

Таким чином, під час організації прикриття військ і об’єктів від ударів різнотипних ЗПН необхідно: по-перше, здійснювати прогнозування дій окремих типів ЗПН по військах і об’єктах; по-друге, забезпечити раціональний розподіл сил і засобів ППО для прикриття військ і об’єктів з урахуванням особливостей їх застосування по окремих типах ЗПН.

Матеріали та методи (Materials and Methods)

Прогнозуванню дій ПА та КР по військах і об’єктах в авіаційному ударі присвячено немало робіт (Городнов, 1999), (Онищенко, 2011), (Романченко, 2011). Однак у них не розглядаються дії нестратегічних балістичних ракет (НБР) та ударних БЛА по військах і об’єктах, особливо у разі їх спільного застосування. Крім того, у цих працях не повною мірою враховуються характеристики об’єктів ураження під час прогнозування ударів ЗПН.

Таблиця 1. Деякі характеристики основних ЗПН, які застосовувались у російсько-українській війні

Клас (тип) засобу повітряного нападу	Дальність стрільби (пуску), км	Стартова маса, кг	Маса бойової частини, кг	Максимальна швидкість, м/с	Висота польоту (макс.), км	Точність (КВ), м	Можливість маневру
Нестратегічні балістичні ракети							
ОТР 9М723 РК “Іскандер-М”	500	3800	480	2100	50,0	5–7	+
ТР 9М79-1 РК “Точка-У”	120	2010	470	800	26,0	100	–
Аеробалістичні ракети							
АБР Х-47М2 авіаційного РК “Кинджал”	2000	3500	500	4080	50,0	3–5	+
АБР Х-22 “Буря”	550	5675	900	1550	24,0	300	–
Зенітні керовані ракети							
ЗКР 5В55 ЗРК С-300П	120	1660	130	2000	27,0	*	–
ЗКР 48Н6 ЗРК С-400	259	1830	180	2000	27,0	*	–
Крилаті ракети повітряного базування							
КР Х-555	3500	1280	410	230	6,0	20	+
КР Х-101	5000	2400	430	270	6,0	10	+
КР Х-59	290	930	320	290	50,0	5	
КР Х-31	250	715	110	1000	16,0	*	
Крилаті ракети морського базування							
КР 3М-14 “Калібр-НК, -ПЧ”	2500	1450	450	270	6,0	5	+
Крилаті ракети наземного базування							
КР 9М729 РК “Іскандер-К”	2500	1770	450	270	6,0	5	+
Протикорабельна КР 3М-55 “Онікс” берегового РК “Бастіон-П”	800	3000	300	880	14,0	3	–
Протикорабельна КР Х-35 берегового РК “Бал”	130	620	145	290	6,0	10	+

Примітка. * – даних немає.

Деякі особливості побудови оборони об’єктів від ударів КР та НБР було проаналізовано раніше (Романченко, 2011), (Торопчин, 2003), (Загорка, 1998). Але оборону об’єктів від ударів цих типів ЗПН розглянуто окремо, не враховано загальні можливості сил і засобів ППО із прикриття військ і об’єктів від ракетно-авіаційних ударів (РАУ) в операції (під час ведення бойових дій).

Таким чином, питання щодо обґрунтування порядку і методів, які доцільно використовувати для розподілу сил і засобів ППО під час організації прикриття військ і об’єктів від ударів різнотипних ЗПН, і нині залишаються актуальними. У статті запропоновано загальні

положення комплексної методики раціонального розподілу сил і засобів ППО для прикриття військ та об'єктів від ударів різнотипних ЗПН, яка базується на двох основних методах: визначення очікуваних дій ЗПН в ударі та розподілення сил і засобів ППО для прикриття військ і об'єктів.

Таблиця 2. Основні характеристики зенітних засобів

Найменування зенітного засобу	Основні характеристики комплексу (системи)						Спроможність боротьби з БР та АБР
	Максимальна дальність / висота ураження цілі, км	Максимальна швидкість цілі / ЗКР, м/с	Канальність по цілі, км	Маса ЗКР / бойової частини, кг	Кількість ракет (пострілів) в ЗРК / на ПУ, шт.	Час розгортання, хв.	
Зенітні засоби, які були на озброєнні Збройних Сил України							
ЗРК системи С-300ПТ (ПС)	75 / 27	1300 / 2000	до 6	1665 / 133	48 / 4	90 (5)	+
ЗРК системи С-300В1	75 / 25	3000 / 1200	до 6	2500 / 150	24 / 4	5	+
ЗРК "Бук-М1"	35 / 22	830 / 1100	1	690 /70	4	5	–
БМ ЗРК "Тор-М1"	12 / 6	700 / 850	1	165 / 15	8	5	–
БМ ЗРК "Оса-АКМ"	10 / 5	500 / 500	1	126 / 15	6	3	–
БМ ЗРК "Стріла-10М"	5 / 3,5	415 / 550	1	40 / 5	8	1	–
ЗРГК "Тунгуска-М"	8 / 3,5	500 / 900	1	42 / 9	8 (1904)	3	–
ЗСУ-23-4 "Шилка"	2,5 / 1,5	450 / –	1	–	(2000)	3	–
ЗУ-23	2,5 / 1,5	400 / –	1	–		0,5	–
Зенітні засоби, які були надані партнерами							
ЗРК "Петріот ПАК-2" ЗКР MIM-104 C/D	90 / 25	2200 / 1750	до 8	906	до 36 / 4	30	+
ЗРК "Петріот ПАК-3" ПР ERINT	40 / 20	3000 / 2300	до 8	316 / 24	до 144 / 16	30	+
ЗКР MIM-104 F	150 / 25	3000 / 2000	до 8	1500 / 90	до 36 / 4	30	+
ЗРК SAMP-T	100 / 20	1000 / 3М	16	445 / 15	48 / 8	15	+
ЗРК IRIS-T	40 / 20	1000 / 3М	24	87 / 11	24 / 8	10	–
ЗРК "Удосконалений Хок"	50 / 18	/ 900	1	590 / 54	18 / 3	45	–
ЗРК NASAMS	40 / 16	1000 / 1020	3	150 / 22	48 / 6	15	–
ЗРК "Кроталь"	10 / 6	500 /1250	1	73 / 13	8	3	–
ЗСУ "Гепард"	4 / 3	400	1	–	(319)	3	–

Метод прогнозування очікуваних дій засобів повітряного нападу в ударі

Оцінювання можливих дій повітряного противника є одним із важливих елементів організації ППО, що забезпечують обґрунтованість рішень, які ухвалюються під час організації прикриття військ і об'єктів від ударів з повітря, удосконалення та розвитку способів бойового застосування сил та засобів ППО.

Вихідними даними для прогнозування очікуваних дій ЗПН в ударі є: об'єкти країни та наші війська, які підлягають прикриттю від ударів з повітря, а також склад угруповання сил та засобів ППО (для всіх об'єктів, по яких можливе завдавання ударів ЗПН, визначається їхня важливість); можливий склад угруповання військ противника.

Очікувані дії противника під час застосування в ударі ЗПН різних типів пропонується передбачати на підставі *Методу прогнозування очікуваних дій ЗПН в ударі*, структурну схему якого показано на рис. 1.

Згідно із цим методом передбачається для кожного об'єкта удару, з урахуванням його важливості, визначати ступінь переваги застосування для його ураження (придушення) конкретних типів ЗПН.

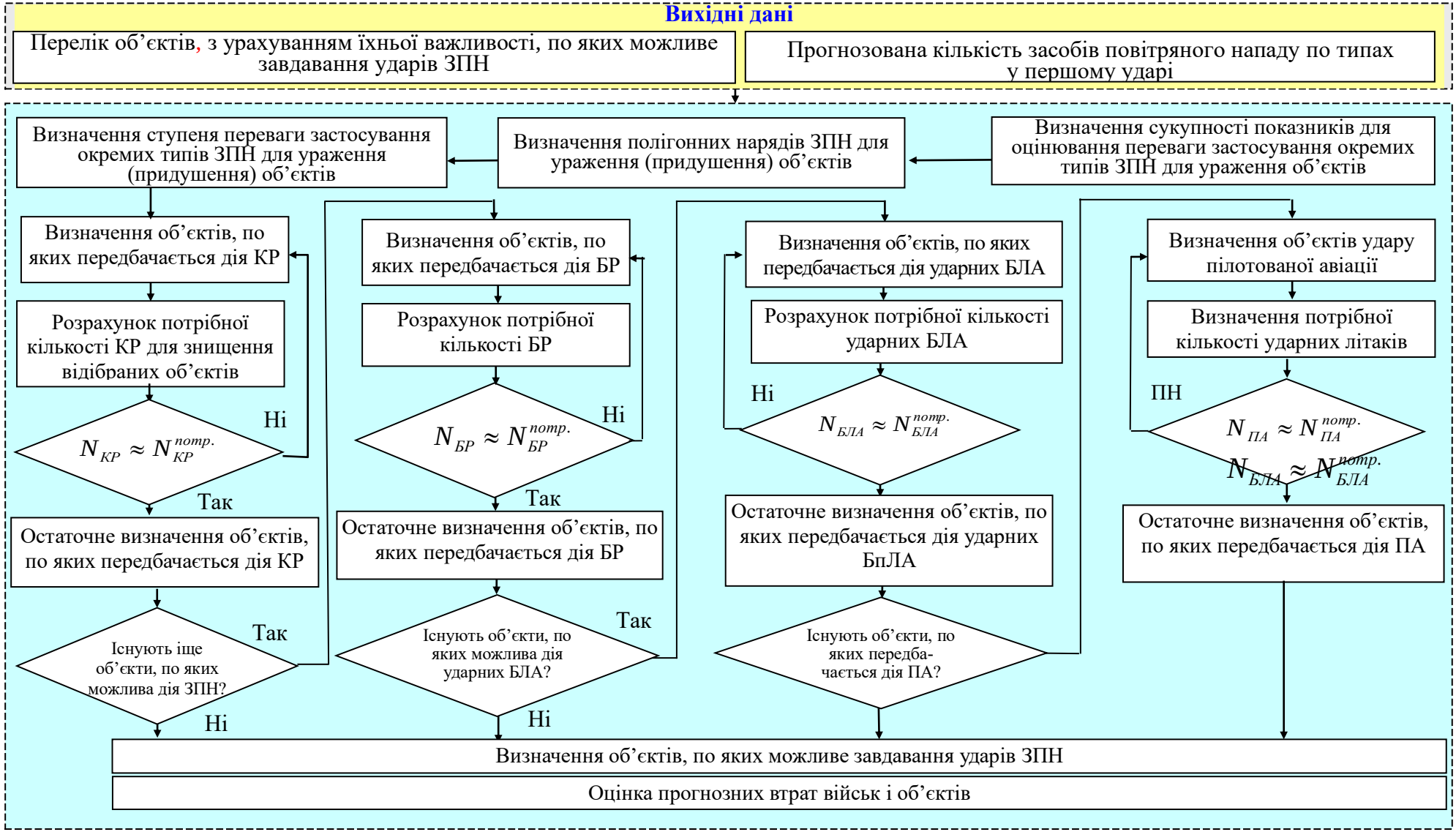


Рисунок 1. Структурна схема Методу прогнозування очікуваних дій ЗПН в ударі

Для визначення ступеня переваги може бути використано показники, які характеризують: виконання умови за потрібною дальністю дії ЗПН (визначають за топографічною картою); імовірність ураження (придушення) об'єкта у разі застосування одного ЗПН; вартість наряду ЗПН для ураження (придушення) об'єкта; ступінь прикриття об'єкта силами і засобами ППО; можливі втрати особового складу у разі застосування ЗПН; необхідність завдавання по об'єкту точкового удару; обмеження за кількістю ЗПН визначеного типу тощо.

Для визначення ступеня переваги застосування окремих типів ЗПН по кожному об'єкту можна використати методи таксономії (Плюта, 1989), обчислювальні процедури яких докладно відпрацьовано під час розв'язання інших задач.

Результати визначення ступеня переваги дій по об'єктах ЗПН визначених типів є підставою для прогнозування очікуваних дій ЗПН по військах і об'єктах.

Спочатку, беручи до уваги досвід воєнних конфліктів та прийняте оперативне шикування ЗПН в РАУ, передбачається розподілення по об'єктах удару КР. Для виконання цього завдання, як і в (Городнов, 1999), застосовується метод ітерацій.

Об'єкти ураження (придушення) для КР визначаються з урахуванням їхньої важливості та ступеня переваги дій по них цього типу ЗПН. Ітерації здійснюються до виконання рівності потрібної кількості КР для знищення (придушення) відібраних об'єктів $\left(N_{КР}^{потр.}\right)$ і кількості КР, які може бути застосовано у РАУ $\left(N_{КР}\right)$. За результатами ітерацій кількість об'єктів, по яких прогнозується дія КР, може як зменшуватися, так і збільшуватися.

Далі перевіряється наявність об'єктів, по яких не застосовувалися КР. Якщо таких об'єктів немає, остаточно визначаються об'єкти, по яких очікується дія ЗПН (у даному випадку дія тільки КР). Якщо об'єкти, по яких можливі удари ЗПН, залишилися, здійснюється перехід до їх розподілення для ураження (придушення) наступним типом ЗПН (у даному випадку – НБР) також із використанням методу ітерацій. Процедури, які використовуються під час розподілення об'єктів для ураження (придушення) різними типами ЗПН, аналогічні.

Таким чином, прогнозуються очікувані дії різнотипних ЗПН по військах і об'єктах у РАУ.

Результати визначення об'єктів, по яких очікується дія ЗПН, дозволяють оцінити прогнозовані втрати військ і об'єктів від їхніх ударів.

Математичне сподівання величини прогнозованих втрат, яких може бути завдано КР окремо об'єктам економіки та державного управління і військовим об'єктам в умовних одиницях їхньої важливості, визначається за формулою:

$$M_{КР} = \sum_{i} B_{зн.i}^{КР} P_{зн.} + \sum_{j} B_{прид.i}^{КР} P_{прид.}, \qquad (1)$$

де i, j – відповідно номери об'єкта економіки і державного управління або військового об'єкта, який передбачається знищити або придушити;

$m_{зн.}^{КР}$, $n_{зн.}^{КР}$ – відповідно кількість об'єктів, які передбачається знищити або придушити;

$B_{зн.i}^{КР}$ – коефіцієнт важливості *i-го* об'єкта;

$B_{прид.j}^{КР}$ – коефіцієнт важливості *j-го* об'єкта;

$P_{зн.}$, $P_{прид.}$ – імовірність знищення, придушення об'єкта відповідно.

Аналогічно визначаються математичні сподівання величин втрат військ і об'єктів від ударів НБР *($M_{НБР}$)*, БЛА *($M_{БЛА}$)*, ПА *($M_{ПА}$)* в умовних одиницях їхньої важливості.

Математичні сподівання величин загальних втрат об'єктів економіки та державного управління і військових об'єктів від ударів ЗПН становлять:

$$M_{д} = M^{д}_{КР} + M^{д}_{НБР} + M^{д}_{БЛА} + M^{д}_{ПА};$$
$$M_{в} = M^{в}_{КР} + M^{в}_{НБР} + M^{в}_{БЛА} + M^{в}_{ПА}. \quad (2)$$

Відповідно, математичні сподівання прогнозованих величин відносних втрат визначаються за формулами:

$$R_{д} = \frac{M_{д}}{\sum_{\nu=1}^{L} B_{\nu}};\ R_{в} = \frac{M_{в}}{\sum_{\xi=1}^{S} B_{\xi}}, \quad (3)$$

де B_{ν}, B_{ξ} – коефіцієнт важливості *ν-го* об'єкта економіки та державного управління і $_{\xi}$*-го* військового об'єкта відповідно;

L, S – кількість об'єктів економіки і державного управління та військових об'єктів відповідно, по яких можлива дія ЗПН з метою завдавання удару (визначається на першому етапі методики).

Отже, запропонований Метод прогнозування очікуваних дій ЗПН в ударі дає змогу оцінити можливі втрати військ та об'єктів від ударів з повітря з метою використання результатів такого прогнозування в подальшому під час розподілення сил і засобів ППО для прикриття найбільш важливих об'єктів та військ.

Метод розподілення сил і засобів ППО для прикриття військ та об'єктів

Розподілення сил і засобів ППО для прикриття військ і об'єктів від ударів різнотипних ЗПН є одним із важливих завдань під час організації ППО.

Для забезпечення такого розподілу з урахуванням особливостей застосування засобів ППО по окремих типах ЗПН пропонується Метод розподілення сил і засобів ППО для прикриття військ та об'єктів, структурну схему якого показано на рис. 2.

Під час розподілення сил і засобів ППО головну увагу слід приділяти забезпеченню надійної протиракетної оборони найбільш важливих об'єктів від ударів НБР. Це, насамперед, обумовлено перевагою і раптовістю їх застосування у перших ударах повітряної наступальної операції противника. Застосування КР у масованих ударах стало обов'язковою складовою всіх операцій, які проводилися США та їхніми союзниками. При цьому слід зазначити, що масоване застосування у воєнних діях дорогих КР (понад 1 млн дол. за одиницю) є обґрунтованим лише на першому етапі воєнних дій. У подальшому основне навантаження у виконанні завдань зі знищення противника має лягати на авіацію, яка застосовує високоточну зброю. Так, сучасні керовані авіаційні бомби забезпечують порівняно уражаючу дію за меншої, у 60 разів, вартості. Тому під час розподілення сил і засобів ППО для прикриття об'єктів від ударів безпілотних засобів необхідно враховувати можливість застосування по них навіть на першому етапі воєнних дій ПА.

Розподілення сил і засобів ППО залежить від багатьох факторів, які необхідно враховувати під час організації прикриття військ і об'єктів від ударів з повітря. Необхідність урахування особливостей прикриття об'єктів від ударів таких ЗПН, як НБР та КР, потребує більш ретельного підходу до побудови бойових порядків підрозділів, частин ППО, тобто способів застосування сил і засобів ППО.

Під час організації ППО військ і об'єктів слід розглядати кожний об'єкт, який визначений для прикриття.



Рисунок 2. Структурна схема Методу розподілення сил і засобів ППО для прикриття військ і об'єктів

Очевидно, що під час організації ППО кожного об'єкта необхідно оцінювати ефективність його прикриття. Для такого оцінювання неможливо використовувати моделі оцінювання ефективності функціонування системи ППО у цілому, тому що вони недостатньо повно враховують змінювання способів прикриття окремих об'єктів від ударів різнотипних ЗПН. Переважним у такому випадку є застосування часткових моделей і методик (Романченко, 2011), (Чуєв, 1965), що дозволить оптимізувати склад і способи застосування сил і засобів ППО для прикриття окремих об'єктів.

Розподілення сил і засобів ППО починається з організації прикриття найбільш важливих об'єктів, з огляду на результати прогнозування очікуваних дій ЗПН та ступені переваги застосування окремих типів ЗРК для ураження окремих типів (класів) ЗПН.

Для прикриття об'єкта формується декілька або безліч варіантів складу ЗРК. Використовуючи топографічну карту, ураховують можливість застосування для прикриття об'єкта ЗРК, які були раніше призначені для прикриття інших об'єктів.

Вибір раціонального варіанта складу ЗРК здійснюється із застосуванням сукупності показників, що характеризують: вогневі можливості складу ЗРК, які може бути реалізовано під час відбиття удару ЗПН по об'єкту; ефективність прикриття об'єкта; втрати ЗРК під час відбиття удару ЗПН; вартість складу ЗРК; витрати ракет та ін.

Для визначення раціонального складу ЗРК для прикриття об'єкта за сукупністю перелічених показників (ранжування варіантів складу ЗРК) можна використати методи таксономії (Плюта, 1989).

Процес розподілення сил і засобів ППО для прикриття об'єктів триває до використання всіх ЗРК, що можуть узяти участь у повітряній операції, або до забезпечення прикриття всіх об'єктів, що визначені.

Коли залишаються ЗРК, які не використано, здійснюється підсилення прикриття

окремих об’єктів. Так практично обґрунтовується система зенітного ракетного прикриття військ і об’єктів.

Комплексна методика раціонального розподілу сил і засобів ППО для прикриття військ та об’єктів від ударів різнотипних ЗПН

Структурну схему комплексної методики раціонального розподілу сил і засобів ППО для прикриття військ і об’єктів від ударів різнотипних ЗПН показано на рис. 3.

На ***першому етапі*** методики визначаються всі об’єкти, по яких можливе завдавання ударів ЗПН у першому РАУ повітряної наступальної операції, та здійснюється оцінювання їхньої важливості.

Якщо спиратись на досвід останніх воєнних конфліктів, то виявляється, що вони зазвичай починалися зі здійснення стороною, що їх розв’язувала, повітряної наступальної операції.

Перші удари завдавались по засобах ППО, аеродромах авіації, ракетних комплексах, пунктах управління військами, об’єктах енергетики, вузлах комунікацій та інших важливих об’єктах із застосуванням безпілотних ЗПН. При цьому не виключалось використання у перших ударах для виконання завдань повітряної наступальної операції. Це обумовлюється обмеженою кількістю безпілотних ЗПН і необхідністю виконання спеціальних завдань.

Сторона, що обороняється, може здійснювати повітряну операцію, одним із основних завдань якої є ППО військ і об’єктів. Для організації виконання цього завдання необхідно насамперед визначити перелік об’єктів, по яких можлива дія ЗПН, для виконання завдань першого ракетно-авіаційного удару.

Вважається, що на момент розв’язання воєнного конфлікту кількість ЗПН за типами відома. Прогнозування очікуваної кількості ЗПН у першому ударі здійснюється з урахуванням коефіцієнтів їхньої бойової готовності й резерву. Оперативне шикування першого РАУ, беручи до уваги застосування ЗПН в останніх воєнних конфліктах, може передбачати: ешелон КР; ешелон НБР; групи або поодинокі ударні БЛА; ешелон або групи ПА різного призначення.

На першому етапі методики визначаються всі об’єкти, по яких можливе завдавання ударів ЗПН у першому РАУ повітряної наступальної операції. Для цього використовується топографічна карта, на якій відображаються об’єкти економіки і державного управління, що можуть бути розташовані у зоні воєнних дій, а також побудова угруповання наших військ.

Для визначення коефіцієнтів важливості об’єктів економіки і державного управління та коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості військових об’єктів доцільно використовувати Метод аналізу ієрархій (MAI) (Saaty, 1985), (Самохвалов, 2007). Ієрархічні зображення задач із визначення коефіцієнтів важливості об’єктів економіки і державного управління, а також коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості військових об’єктів показано на рис. 4 (Онищенко, 2011), (Тарасов, 2015).

Важливість об’єктів оцінюється експертами за їхнім впливом на бойові дії угруповання військ (сил) і на функціонування економіки та системи управління державою. Процедуру застосування MAI детально представлено у (Saaty, 1985) і (Самохвалов, 2007).

Для виконання ***другого етапу*** методики пропонується використовувати *Метод прогнозування очікуваних дій ЗПН в ударі*, за результатами якого формується перелік об’єктів, по яких можливе завдавання ударів певних типів (класів) ЗПН, з оцінюванням прогнозованих втрат військ і об’єктів від ударів з повітря.

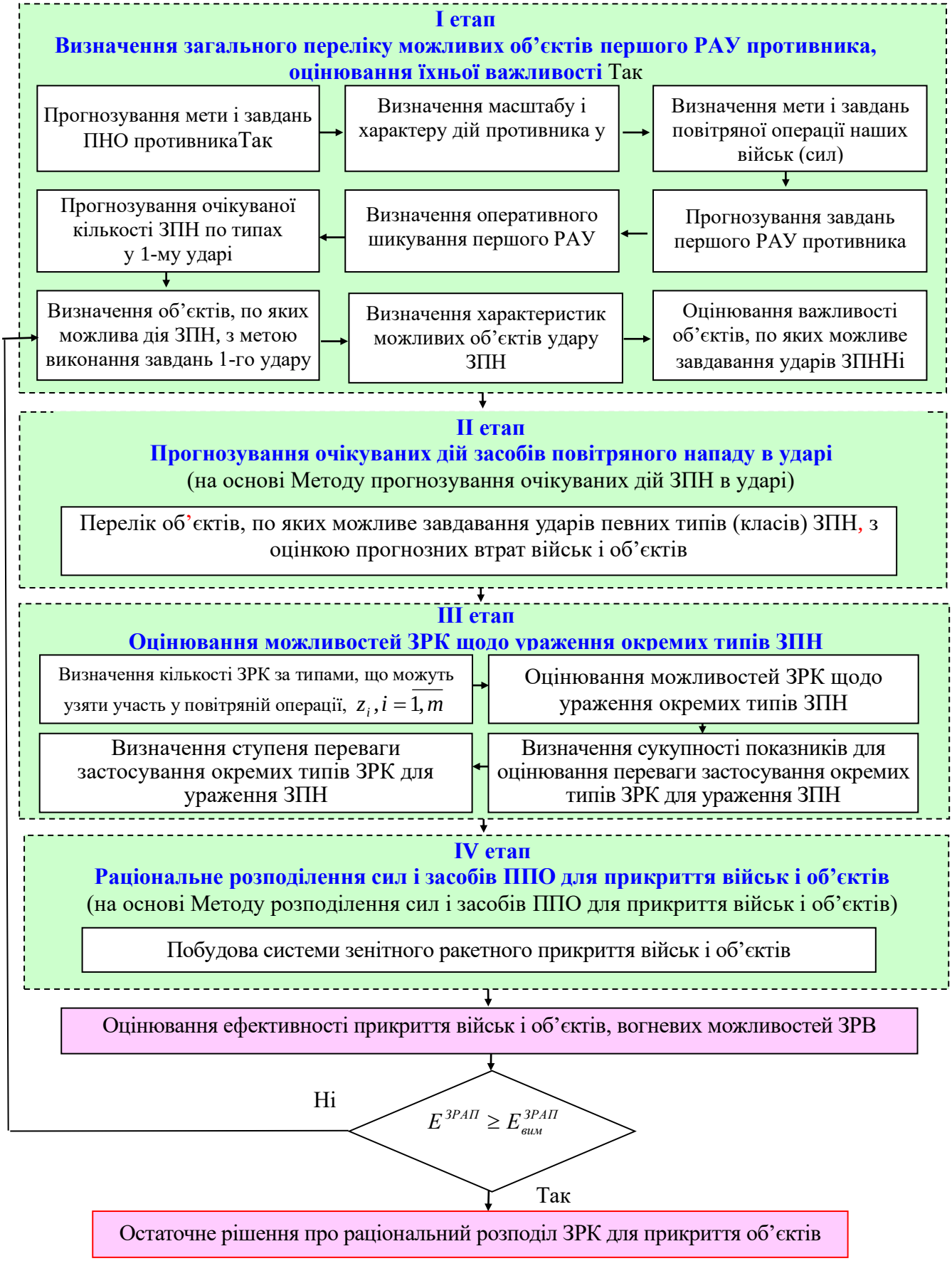


Рисунок 3. Структурна схема комплексної методики розподілення сил і засобів ППО для прикриття військ і об'єктів від ударів різнотипних ЗПН

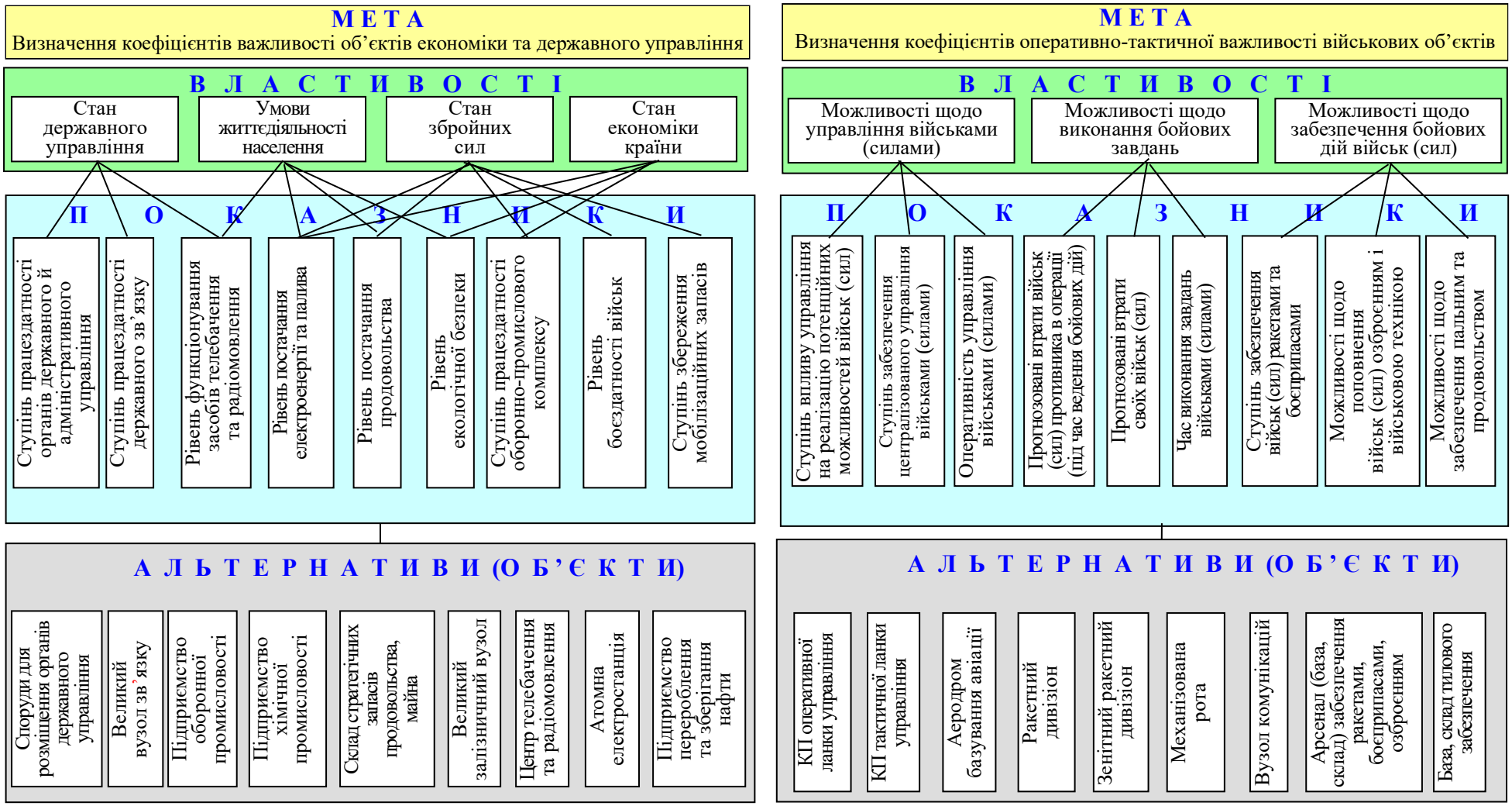


Рисунок 4. Ієрархічне зображення задачі визначення коефіцієнтів: а) важливості об'єктів економіки та державного управління (варіант); б) оперативно-тактичної важливості військових об'єктів (варіант)

Третій етап методики є підготовчим для розподілення сил і засобів ППО з метою прикриття військ і об'єктів від ударів ЗПН.

Ефективність ураження конкретних типів ЗПН зенітними комплексами визначають за результатами полігонних випробувань або з використанням відомих моделей їх функціонування та аналітичних методів (Романченко, 2011).

Для визначення ступеня переваги застосування окремого типу ЗРК для ураження певного типу ЗПН доцільно використовувати показники, які характеризують: здатність функціонування за визначеним типом ЗПН; імовірність, дальність і висоту ураження ЗПН; захищеність від завад; обмеження за кількістю ЗРК певного типу та ін.

Як і під час визначення ступеня переваги дій ЗПН по об'єкту, для оцінювання ступеня переваги дій ЗРК по ЗПН може бути застосовано метод таксономії.

Для виконання ***четвертого етапу*** методики пропонується використовувати положення раніше наведеного *Методу розподілення сил і засобів ППО для прикриття військ і об'єктів*, за результатами якого практично створюється система ЗРП військ і об'єктів.

Прогнозовану ефективність функціонування системи зенітного ракетного прикриття військ і об'єктів може бути визначено за допомогою математичних моделей або аналітичних методик (Городнов, 1999), (Романченко, 2011), (Тарасов, 2015), (Дробаха, 2004).

Якщо ефективність функціонування системи зенітного ракетного прикриття військ і об'єктів не відповідає встановленим вимогам, необхідно уточнити об'єкти та повторити розподілення сил і засобів ППО для їх прикриття.

Результати і обговорення (Results and Discussions)

Використовуючи часткові моделі і методики, можна визначити математичні сподівання кількості ЗПН (Δr_i), які може бути знищено засобами ППО зі складу нарядів (r_i), призначених для знищення (придушення) кожного *і-го* об'єкта економіки та державного управління.

Тоді ймовірність збереження *і-го* об'єкта визначають за формулою (Романченко, 2011):

$$P_{зб.i} = \left(1 - P_{li}\right)^{r_i - \Delta r_i}, \tag{4}$$

де P_{li} – імовірність знищення *і-го* об'єкта у разі застосування одного ЗПН (визначають на другому етапі методики).

Математичне сподівання величини відносних втрат об'єктів економіки та державного управління визначають за формулою:

$$R_{д} = \frac{\sum_{i=1}^{m^{д}_{зн.}} \left(1 - P_{зб.i}\right) B_i}{\sum_{l=1}^{L^{д}} B_l}, \tag{5}$$

де B_i – коефіцієнт важливості *і-го* об'єкта економіки та державного управління;

$L^{д}$ – кількість об'єктів економіки та державного управління, по яких можлива дія ЗПН (визначають на першому етапі методики);

$m^{д}_{зн.}$ – кількість об'єктів економіки та державного управління, які передбачається знищити у першому РАУ (визначають на другому етапі методики).

Імовірності збереження військових об'єктів і математичне сподівання величини відносних втрат військових об'єктів визначають за аналогічними формулами.

Визначаючи математичні сподівання Δr_i, необхідно враховувати знищення ЗПН не тільки засобами ППО, що прикривають *і-ий* об'єкт, а й іншими засобами ППО, тобто "на

прольоті”.

Для об’єктів, по яких передбачається застосування КР, БЛА, ПА, величини Δr_i приблизно може бути визначено з використанням математичної моделі або аналітичної методики оцінювання ефективності функціонування системи зенітного ракетного прикриття військ і об’єктів (Городнов, 1999). Аналогічно може визначатися величина Δr_i для об’єктів, по яких передбачається застосування БР. За допомогою методик визначають математичні сподівання кількості знищених ЗПН за типами під час відбиття ракетно-авіаційного удару $M_{КР}$, $M_{БР}$, $M_{БЛА}$, $M_{ПА}$. Імовірності знищення будь-якого ЗПН за типами зі складу удару силами і засобами визначають за формулами:

$$P_{зн.КР} = \frac{M_{КР}}{N_{КР}}; \quad P_{зн.БР} = \frac{M_{БР}}{N_{БР}}; \quad P_{зн.БЛА} = \frac{M_{БЛА}}{N_{БЛА}}; \quad P_{зн.ПА} = \frac{M_{ПА}}{N_{ПА}}, \tag{6}$$

де $N_{КР}$, $N_{БР}$, $N_{БЛА}$, $N_{ПА}$ – кількість КР, БР, БЛА і літаків, що беруть участь у РАУ.

Тоді математичне сподівання кількості знищених КР зі складу наряду КР, призначеного для знищення *і-го* об’єкта, можна визначити за формулою:

$$\Delta r_i = r_i P_{зн.КР}. \tag{7}$$

Аналогічно визначаються математичні сподівання Δr_i для об’єктів, по яких очікується застосування БЛА і ПА.

З урахуванням (7) формула (4) має вигляд:

$$P_{зб.i} = \left(1 - P_{li}\right)^{r_i\left(1-P_{зн.КР}\right)}. \tag{8}$$

Визначення математичного сподівання величини відносних втрат відрізняється від його визначення за формулою (3), тому що через математичне сподівання Δr_i ураховується функціонування системи зенітного ракетного прикриття військ і об’єктів від ударів ЗПН, яка збудована за результатами розподілення сил і засобів ППО з використанням методики, що пропонується.

Висновки (Conclusion)

Викладена методика максимально наближена до практичної діяльності органів управління, які займаються організацією прикриття військ і об’єктів від ударів з повітря. Процес розподілення сил і засобів ППО для прикриття об’єктів від ударів ЗПН базується переважно на використанні практичного досвіду фахівців. Водночас, розроблена методика дозволяє врахувати особливості застосування окремих типів ЗРК для прикриття об’єктів від ударів різних типів ЗПН, а також обґрунтувати рекомендації щодо його удосконалення, і тим самим підвищити ефективність функціонування системи зенітного ракетного прикриття військ і об’єктів.

Таким чином, для розроблення рекомендацій щодо підвищення ефективності боротьби з безпілотними ЗПН в умовах їх комплексного застосування запропоновано удосконалений методичний апарат для обґрунтування розподілу сил і засобів ППО для прикриття військ та об’єктів від ударів різнотипних ЗПН, який містить:

– метод прогнозування очікуваних дій ЗПН в ударі, сутність якого полягає у послідовному розподілі конкретних ЗПН по об’єктах удару з урахуванням їхньої важливості та ступеня переваги дії по них цього ЗПН, що дозволяє оцінити прогнозовані втрати військ та об’єктів з метою їх використання в подальшому під час оцінювання можливостей ЗРК з ураження окремих типів (класів) ЗПН;

– метод розподілення сил і засобів ППО для прикриття військ та об’єктів, сутність

якого полягає в послідовному розподілі ЗРК (варіантів складу ЗРК) для прикриття найбільш важливих об’єктів з урахуванням очікуваних дій ЗПН та ступеня переваги застосування окремих типів ЗРК для ураження ЗПН певних класів та типів;

– комплексну методику раціонального розподілу сил і засобів ППО для прикриття військ та об’єктів від ударів ЗПН різних типів (класів). Сутність методики полягає у послідовному: визначенні переліку можливих об’єктів першого РАУ противника з урахуванням їхньої важливості; прогнозуванні очікуваних дій ЗПН в ударі з урахуванням переваги їх застосування по об’єктах прикриття (на основі однойменного методу); оцінюванні можливостей ЗРК з ураження окремих типів (класів) ЗПН з урахуванням переваги застосування цих комплексів по цих типах ЗПН; розподілі ЗРК (на основі однойменного методу) з урахуванням особливостей їх застосування по окремих типах (класах) ЗПН для прикриття об’єктів від ударів з повітря.

Рекомендації (Recommendations)

Запропонована комплексна методика дає можливість розв’язувати багатокритеріальну задачу під час побудови системи зенітного ракетного прикриття визначеної кількості об’єктів і військ, а також під час обґрунтування рекомендацій щодо організації прикриття військ і об’єктів від ударів як окремих типів ЗПН (насамперед БР, КР, ударних БЛА), так і в умовах їх комплексного застосування.

Загалом методику можна використовувати як під час проведення досліджень, так і під час планування повітряної операції.

Використані джерела (References)

1. Zhyvotovskyi, R. M., Shynkaruk, O. M., Yakovlev, M. Y., & Varserov, A. S. (2022). Analysis of russian air-based cruise missiles in the war against Ukraine in 2022. *Weapons and Military Equipment, 1* (33), 82–90.
2. Nor, P. I., Demchenko, Ye. Y., & Melnyk, O. D. (2022). Samples analysis of Russian missile weapons employed in the war against Ukraine. *Weapons and Military Equipment, 3* (35), 13–18.
3. Katsan, A. M., Kanishchev, V. V., & Rastryhin, O. O. (2022). Employment analysis of Kalibr sea-based cruise missiles by the russian federation against ground targets during the war against Ukraine, conclusions and prediction for the future. *Weapons and Military Equipment, 3* (35), 46–53.
4. Kolesnyk, V. V., Pozdniakova, & O. M. (2022). Employment analysis of sea- and coastal-based missile weapons by Russia at the beginning of the war with Ukraine and assessment of the aggressor's cruise missiles stocks. *Weapons and Military Equipment, 3* (35), 21–25.
5. Shkurat, B. Zh., Hloba, O. V., Reznik, D. V., Levchenko, M. A., & Melnychenko, V. S. Prospects for improving the air defence system to counteract tactical missiles. *Air Power of Ukraine, 1* (4), 18–25.
6. Horodnov, V. P. (1999). *Methodology for predicting the groups effectiveness of air defence branches.*
7. Onishchenko, S. I., Zahorka, O. M., Koval, V. V., & Tiurin, V. V. (2011). Predicting the troops and objects’ losses from enemy air strikes. *Armament systems and military equipment, 2* (26), 2–8.
8. Romanchenko, I. S., Zahorka, O. M., Butenko, S. H., & Deineha, O. V. (2011). *Combating small low-level targets: theory and practice (assessment of capabilities, trends in the development of air defence assets).* Polissia.
9. Toropchyn, A. Y., Romanenko, I. O., Danyk, Y. G., & Pashchenko, R. E. (2003). *Air Defence Handbook.* KhMU.
10. Zahorka, O. M., & Deineha, O. V. Tactical anti-missile defence: necessity, capabilities and principles of creation. (1998). *Science and Defence, 4*, 7–13.
11. Pliuta, V. (1989). *Comparative multivariate analysis in econometric modelling* (translated

from Polish).
12. Fundamentals of Operations Research in Military Equipment. (1965). (Under the general editorship of Yu.V. Chuev [By Yu. Chuev and Others.]). https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=601524&razdel=10656.
13. Saaty, T., & Kearns, K. (1985). Analytical Planning. *The Organization of Systems.* Pergamon Press Inc.
14. Samokhvalov, Y. Y., & Naumenko, E. M. (2007). *Expert evaluation: methodological aspect.* Publishment of SUICT.
15. Tarasov, V. M., Tymoshenko, R. I., & Zahorka, O. M. (2015). *Reconnaissance-strike, reconnaissance-firing complexes (principles of construction in the implementation context of network-centric wars concept, assessment of the effectiveness of combat employment)*.
16. Drobakha, H. A., Horodnov, V. P., Yermoshyn, M. O., Smirnov, E. B., & Tkachenko, V. I. (2004). *Modelling of combat operations of air defence troops (forces) and information support of their management processes (theory, practice, history of development).* KhMU.