

**АКАДЕМІЯ ВОЄННО-ПОЛІТИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ЦЕНТР ВОЄННОЇ СТРАТЕГІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

Залужний В. Ф., Загорка О. М., Коваль В. В., Лисецький Ю. М.

**МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ
ЗАСТОСУВАННЯ СИЛ ТА ЗАСОБІВ
ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ
В СУЧАСНИХ УМОВАХ ВЕДЕННЯ
ЗБРОЙНОЇ БОРОТЬБИ**

Монографія



Київ 2026

*Рекомендовано до друку
Вченою радою Академії воєнно-політичних наук України
(протокол № 3 від 06.02.2026 р.)*

Автори:

Залужний В. Ф. – доктор філософії;

Загорка О. М. – доктор військових наук, професор;

Коваль В. В. – кандидат військових наук, старший науковий співробітник;

Лисецький Ю. М. – доктор технічних наук, доцент.

Рецензенти:

Кириленко В. А. – доктор військових наук, професор, професор кафедри
Воєнної академії імені Євгенія Березняка, Заслужений діяч науки та техніки України;

Коцюрuba В. І. – доктор технічних наук, професор, заступник начальника
штабу Командування Сил підтримки Збройних Сил України, Заслужений винахідник
України.

За загальною редакцією В. Ф. Залужного

**3-24 Методологічні основи застосування сил та засобів протиповітряної
оборони в сучасних умовах ведення збройної боротьби: монографія /**
Залужний В. Ф., Загорка О. М., Коваль В. В., Лисецький Ю. М.; за заг. ред.
В. Ф. Залужного. – Київ : Видавець Бихун В. Ю., 2026. 224 с.

ISBN 978-617-8553-03-6

Монографія присвячена проблемі застосування сил та засобів протиповітряної оборони в сучасних умовах ведення збройної боротьби. У роботі досліджено сили та засоби протиповітряної оборони й методологічні основи їхнього застосування. Математичним підґрунтям дослідження процесів аналізу й синтезу сил та засобів протиповітряної оборони стали методи теорії ймовірності, багатокритеріального аналізу, математичного моделювання, алгебраїчної топології. Основу монографії становлять наукові розробки авторів та їхні публікації у фахових вітчизняних та іноземних виданнях.

Матеріали монографії будуть корисними для офіцерів органів військового управління, науковців, викладачів вищих навчальних закладів, ад'юнктів, докторантів та фахівців, діяльність яких пов'язана з протиповітряною обороною.

© Залужний В. Ф., Загорка О. М.,

Коваль В. В., Лисецький Ю. М., 2026

ISBN 978-617-8553-03-6

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ГЛОСАРІЙ.....	7
ВСТУП.....	15
РОЗДІЛ 1	
ПРОГНОЗУВАННЯ ДІЙ ПОВІТРЯНОГО ПРОТИВНИКА В ОПЕРАЦІЯХ (БОЙОВИХ ДІЯХ).....	17
1.1. Прогнозування орієнтовної кількості крилатих ракет у повітряних ударах противника.....	17
1.2. Прогнозування співвідношення сил і засобів протидіючих сторін у ході повітряної операції.....	22
1.3. Прогнозування втрат військ та об'єктів від авіаційних ударів противника.....	32
РОЗДІЛ 2	
ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИЛ І ЗАСОБІВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ.....	43
2.1. Сукупність показників для оцінювання ефективності застосування сил і засобів протиповітряної оборони в операції (бойових діях).....	43
2.2. Сукупність показників для оцінювання ефективності комплексного вогневого ураження противника в повітряній операції.....	54
2.3. Розподіл сил та визначення послідовності завдання ракетно-авіаційних ударів у повітряній операції.....	57
2.4. Оборона населених пунктів від ударів балістичних ракет оперативно-тактичного і тактичного призначення.....	65

РОЗДІЛ 3

ЗАВОЮВАННЯ ПЕРЕВАГИ (ПАНУВАННЯ) В ПОВІТРІ В ОПЕРАЦІЯХ (БОЙОВИХ ДІЯХ).....	78
3.1. Трансформація поглядів на завоювання переваги (панування) в повітрі.....	78
3.2. Визначення раціонального варіанта дій авіації під час завоювання переваги в повітрі в операції (бойових діях).....	94
3.3. Визначення раціональних нарядів ракетних військ та ударної авіації для ураження об'єктів противника.....	100

РОЗДІЛ 4

СИНТЕЗ СИСТЕМ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	112
4.1. Методика визначення ймовірності відсічі державою збройної агресії.....	112
4.2. Визначення збалансованого складу Збройних Сил для ведення повітряної операції.....	124
4.3. Структурний синтез систем військового призначення з використанням методів багатокритеріального аналізу.....	134
4.4. Синтез системи управління Повітряних Сил.....	145

РОЗДІЛ 5

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЙ СИЛ І ЗАСОБІВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ.....	151
5.1. Вибір доцільного варіанта (способу) маскуванню військових об'єктів від технічних засобів повітряної розвідки противника.....	151
5.2. Вибір раціонального маршруту маневру з'єднань та частин зенітних ракетних військ.....	157
5.3. Застосування аерозольних утворень для прикриття об'єктів від ударів крилатих ракет з оптико-електронними системами наведення...	162

РОЗДІЛ 6

ПОДАЛЬШИЙ РОЗВИТОК СИЛ ТА ЗАСОБІВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ	169
6.1. Тенденції розвитку системи управління військами та зброєю.....	169
6.2. Розвиток мережецентричних технологій ведення збройної боротьби.....	179

6.3. Розвиток космічних технологій у сучасних операціях (бойових діях).....	188
6.4. Енергозабезпечення систем організаційного управління силами та засобами в сучасних операціях (бойових діях).....	192
6.5. Кіберзахист організаційних систем управління силами та засобами в технологічних війнах нового покоління.....	196
ВИСНОВКИ	201
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	202
ДОДАТОК. КЛЮЧОВІ ЗАГРОЗИ	210

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АА	– армійська авіація
АЗУ	– авіаційні засоби ураження
БпАК	– безпілотний авіаційний комплекс
БпЛА (БЛА)	– безпілотний літальний апарат
БР ОТП і ТП	– балістичні ракети оперативного-тактичного і тактичного призначення
ВА	– винищувальна авіація
ВМС	– Військово-Морські Сили
ЗКР	– зенітні керовані ракети
ЗПН	– засоби повітряного нападу
ЗРВ	– зенітні ракетні війська
ЗРК	– зенітний ракетний комплекс
ЗС України	– Збройні Сили України
КАБ	– керована авіаційна бомба
КР (КрР)	– крилаті ракети
МАІ	– метод аналізу ієрархій
МОЧ	– математичне очікування
МРАУ	– масований ракетно-авіаційний удар
ОВУ	– органи військового управління
ОВТ	– озброєння та військова техніка
ОКІ	– об’єкти критичної інфраструктури (енергетика, транспорт, зв’язок тощо)
ПА	– пілотована авіація
ПНО	– повітряна наступальна операція
ППО	– протиповітряна оборона
ПРО	– протиракетна оборона
ПС	– Повітряні Сили
РАСОУ СЗ	– розподілена автоматизована система організаційного управління силами та засобами
РАУ	– ракетно-авіаційний удар
РЕБ	– радіоелектронна боротьба
РСЗВ	– реактивна система залпового вогню
СВ	– Сухопутні війська
СО	– сили оборони
СУ	– система управління
ТЗПР	– технічні засоби повітряної розвідки
УА	– ударна авіація
ШІ	– штучний інтелект
С2	– Command and Control (система управління)
С4ISR	– Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance
IAMD	– Integrated Air and Missile Defence (інтегрована система ППО та ПРО)
SOP	– Standard Operating Procedures (стандартні операційні процедури)

ГЛОСАРІЙ

Авіаційні засоби ураження (АЗУ) – сукупність боєприпасів (ракет, бомб, снарядів), що застосовуються з літальних апаратів.

Агрегування показників – математичне об'єднання сукупності одиничних характеристик у єдиний інтегральний показник.

Адаптивність системи протиповітряної оборони (ППО) – здатність системи ППО змінювати свою структуру або параметри функціонування залежно від зміни умов та факторів обстановки.

Адитивна модель оцінювання бойового потенціалу – метод розрахунку бойового потенціалу шляхом підсумовування зважених значень характеристик окремих зразків озброєння та військової техніки (ОВТ).

Алгоритм управління – логічно послідовна сукупність дій, що реалізується технічними та програмними засобами для вирішення визначених управлінських функцій та завдань.

Алгебраїчна топологія – розділ математики, що використовується для дослідження процесів аналізу та синтезу структури складних систем.

Апроксимація – заміна складних математичних функцій простішими для прискорення обчислень у реальному часі.

Армійський корпус – оперативно-тактичне об'єднання військ, що призначене для вирішення оперативних завдань на окремому операційному напрямку.

Багатокритеріальний аналіз (*англ. Multi-Criteria Analysis, MCA*) – науковий метод прийняття рішень у ситуаціях, коли альтернативні варіанти потрібно оцінювати за багатьма показниками (критеріями), що мають різну фізичну природу та часто суперечать один одному.

Байєсівський підхід – метод уточнення ймовірності намірів противника на основі нових розвідувальних даних.

Балістична траєкторія – траєкторія польоту ракети, на якій діють лише сили тяжіння та аеродинамічного опору після вимкнення двигуна.

Балістичні ракети оперативно-тактичного призначення – ракети з дальністю польоту до 500 км, що є пріоритетними цілями для систем протиракетної оборони (ПРО).

Безпілотний авіаційний комплекс – складна технічна авіаційна система, що включає безпілотні літальні апарати та необхідні для їхнього керування, обслуговування та виконання завдань технічні засоби.

Бойова ефективність – ступінь відповідності результатів бойових дій визначеним завданням.

Бойовий потенціал – інтегральний кількісний показник бойової спроможності одиниці озброєння або військового підрозділу.

Бойова система – сукупність функціонально пов'язаних сил та засобів, що діють як єдине ціле для досягнення визначеної мети.

Варіаційне числення – розділ математики (функціонального аналізу), який вивчає методи знаходження екстремумів (найбільших або найменших значень) функціоналів.

Векторна оптимізація – пошук оптимального (раціонального) рішення за декількома критеріями одночасно.

Взаємосумісність (Interoperability) – комплексна здатність різних систем (наприклад, ЗС України та НАТО), організацій або підрозділів працювати разом, обмінюватися даними та використовувати спільну інформацію для досягнення визначеної мети операції (бойових дій).

Винищувальна авіація (ВА) – рід Повітряних Сил, призначений для знищення засобів повітряного нападу (ЗПН) та завоювання (утримання) переваги в повітрі у визначеній повітряній операційній зоні.

Випадковий (стохастичний) процес – послідовність випадкових подій або математична модель, що описує зміну певної величини в часі, причому цей розвиток не є детермінованим (визначеним), а залежить від випадкових факторів.

Відмовостійкість – здатність системи зберігати функціональність у разі виходу з ладу її окремих підсистем (вузлів).

Вогневе ураження – комплексний вплив на противника силами й засобами різних видів зброї (артилерії, ракетних військ, авіації, танків, БпЛА тощо) з метою руйнування оборони противника, знищення його живої сили, техніки та об'єктів інфраструктури, позбавлення противника здатності чинити опір.

Генетичний алгоритм – евристичний метод пошуку та оптимізації, побудований на принципах природного відбору та еволюції, які використовуються для розв'язання складних завдань, де стандартні математичні методи (наприклад, перебір усіх варіантів) працюють занадто повільно або взагалі неможливі.

Групування функцій – методологічний підхід в управлінні та системному аналізі, що полягає в об'єднанні подібних за змістом, метою або технологією виконання операцій у логічні блоки (модулі).

Декомпозиція – метод, що полягає в розчленуванні цілого на частини. Процес поділу складної системи, проблеми або завдання на

простіші компоненти (підсистеми, підзавдання), які легше вивчати, аналізувати або реалізовувати.

Дискретне програмування – розділ математичного програмування (оптимізації), у якому на всі або деякі змінні накладається умова належати до певної дискретної множини (змінні повинні бути цілими числами).

Диференціальні ігри – поєднання теорії ігор (де є стратегії та інтереси сторін) та диференціальних рівнянь (які описують рух або зміну стану системи). У диференціальній грі результат залежить від того, як гравці керують своїми об'єктами в кожен момент часу.

Дрони-приманки – засоби імітації реальних літальних апаратів для виснаження боєзапасу ППО противника.

Експоненційний закон втрат – математична залежність, за якою відносні втрати угруповання змінюються залежно від співвідношення сил.

Експертне оцінювання – метод отримання кількісних або якісних характеристик об'єктів (процесів, систем) на основі думок спеціалістів (експертів). Його використовують у випадках, коли проблему неможливо розв'язати за допомогою лише прямих математичних розрахунків чи вимірювань через складність системи або брак статистичних даних.

Електромагнітні боєприпаси – зброя, що знищує електроніку за допомогою потужного електромагнітного імпульсу.

Емерджентність – поява в цілісній системі нових властивостей, яких не мають її окремі підсистеми (елементи).

Живучість системи – властивість системи зберігати свою здатність виконувати основні функції (хоча б частково) в умовах несприятливих впливів, які призводять до пошкодження або виходу з ладу її окремих підсистем, частин або елементів.

Завоювання переваги в повітрі – стан у збройному протиборстві, за якого одна зі сторін контролює повітряний простір настільки, що може проводити операції (наземні, морські, повітряні) без суттєвих перешкод з боку авіації чи засобів ППО противника. Це не просто наявність літаків, а комплексна перевага, яка досягається через знищення ворожих літаків, аеродромів, систем ППО та пунктів управління.

Засоби повітряного нападу (ЗПН) – сукупність літальних апаратів та авіаційних засобів ураження противника, які призначені для нанесення ударів по наземних, морських та повітряних цілях.

Зенітні ракетні війська (ЗРВ) – рід військ Повітряних Сил, призначений для знищення ЗПН зенітними ракетами.

Зона ураження – простір, у межах якого гарантується знищення цілі із заданою ймовірністю.

Інтегрована система ППО та ПРО (IAMD) – функціональне об'єднання розвідки та ураження під єдиним командуванням.

Інтероперабельність – див. *Взаємосумісність*.

Ітераційний метод – метод послідовних наближень до оптимального розв'язку математичної задачі.

Керована авіаційна бомба (КАБ) – авіаційний боєприпас із системою наведення для точного ураження об'єктів.

Кіберзахист – сукупність правових, організаційних, інформаційно-технічних заходів, заходів криптографічного та технічного захисту інформації, спрямованих на запобігання кіберінцидентам, виявлення та захист від кіберпасток, а також на ліквідацію їхніх наслідків.

Коефіцієнт бойової готовності – показник частки ОВТ, що готове до негайного застосування.

Комплексне вогневе ураження – узгоджене застосування різних засобів вогневого ураження (авіації, артилерії, ракет, БпЛА тощо) для знищення військ та об'єктів противника.

Крилата ракета (КР) – безпілотний керований апарат, політ якого підтримується аеродинамічною силою на малих висотах.

Критерій Вальда (критерій максиміну) – правило прийняття рішень в умовах повної невизначеності, яке орієнтує на найбільш обережну, песимістичну стратегію. Це стратегія гарантованого результату, сутність якої полягає у виборі такої альтернативи, за якої в найгіршому випадку отримується найкращий результат з усіх можливих найгірших.

Критерій Гурвіца (критерій песимізму-оптимізму) – правило прийняття рішень в умовах невизначеності, що дозволяє знайти баланс між крайнім песимізмом (критерій Вальда) та безпідставним оптимізмом.

Кругове ймовірне відхилення – медіанний радіус кола, у яке влучає 50 % випущених боєприпасів.

Масований ракетно-авіаційний удар (МРАУ) – форма застосування ЗПН, що полягає в раптовому, потужному та узгодженому за часом та об'єктами впливі значної кількості ракет та авіації по найважливіших цілях противника.

Математичне сподівання – середнє значення випадкового результату бойових дій (втрат, нарядів).

Матрична гра – математична модель конфлікту з двома гравцями, де виграш одного дорівнює програшу іншого.

Мережецентричне управління (Network-centric warfare/management) – концепція управління військами та засобами, що базується на створенні єдиної інформаційно-комунікаційної мережі, яка об'єднує джерела розвідки (сенсори), органи управління та засоби ураження в одну систему. *Основна ідея*: перемогу здобуває не той, хто має більше танків чи літаків, а той, хто швидше збирає, передає та обробляє інформацію, випереджаючи противника в ухваленні рішень.

Метод аналізу ієрархій (MAI) – процедура декомпозиції складної проблеми на ієрархію критеріїв за Т. Сааті, математичний інструмент для системного підходу до ухвалення складних рішень у ситуаціях, де потрібно враховувати багато факторів (критеріїв), що суперечать один одному.

Метод Монте-Карло – це група чисельних методів для вивчення складних систем за допомогою статистичного моделювання, сутність якого полягає в багаторазовому повторенні випадкових експериментів для отримання наближеного результату. Метод базується на випадковості та ймовірності, подібно до гри в рулетку.

Метод попарних порівнянь – логічна процедура, що використовується в системному аналізі та експертному оцінюванні для встановлення пріоритетів або вагових коефіцієнтів між об'єктами. Суть методу полягає в тому, що експерт порівнює об'єкти не всі разом, а по черзі – парами.

Методологія – вчення про методи пізнання та перетворення дійсності, а також система принципів і способів організації та побудови теоретичної і практичної діяльності. У військовій сфері – це сукупність методів та прийомів, що використовуються для наукового вирішення військових завдань.

Множина Парето – сукупність варіантів, де покращення одного показника неможливе без погіршення іншого.

Моделювання авіаційного удару – відтворення динаміки повітряного нападу за допомогою математичних формул.

Мультиплікативна згортка – метод формування інтегрального показника шляхом перемноження нормованих параметрів.

Наряд сил (засобів) – розрахована кількість ЗПН для гарантованого знищення об'єкта.

Невизначеність ситуації – брак повної та точної інформації про противника або умови ведення бойових дій.

Нечітка логіка (Fuzzy Logic) – математична теорія, яка дозволяє оперувати поняттями, що не мають чітких меж. На відміну від класичної

логіки, де твердження є або істинним (1), або хибним (0), нечітка логіка припускає проміжні значення (наприклад, «майже істина» або «частково хибно»). Цей підхід імітує людське мислення, використовуючи лінгвістичні змінні замість сухих цифр.

Нечіткий інтеграл Сугено (Sugeno integral) – це математичний оператор, який використовується для агрегування (об'єднання) даних у системах, що базуються на нечіткій логіці. Якщо звичайний інтеграл сумує значення, то інтеграл Сугено шукає рівновагу між важливістю критерію та ступенем його виконання.

Нормування показників – це процес зведення різнорідних фізичних величин (метрів, секунд, відсотків, балів) до єдиної безрозмірної шкали, зазвичай від 0 до 1 (або від 0 до 100).

Об'єкти критичної інфраструктури (ОКІ) – системи, об'єкти або їхні частини, системи життєзабезпечення держави (енергетика, транспорт, зв'язок).

Об'єктно-орієнтоване моделювання – підхід до опису складних систем як сукупності об'єктів, що взаємодіють між собою. Кожен об'єкт у такій моделі поєднує в собі дані (властивості) та поведінку (методи/функції). У військовій сфері та системному аналізі об'єктно-орієнтоване моделювання дозволяє створити цифровий двійник реальної системи, наприклад, армійського корпусу, де кожен підрозділ, танк чи ракета є окремим об'єктом зі своїми правилами дій.

Оперативно-тактична важливість – коефіцієнт пріоритетності захисту або ураження об'єкта в операції.

Оптимізація – процес вибору найкращого варіанта організації системи за заданими критеріями.

Параметричний синтез – визначення оптимальних характеристик елементів системи при заданій структурі.

Парето-оптимальність – див. *Множина Парето*.

Повітряна наступальна операція (ПНО) – форма бойових дій ЗС для завоювання (панування) у повітрі.

Повітряна операція (ПО) – форма бойових дій ЗС для відбиття нападу та знищення угруповань військ (сил) противника.

Полігонний наряд – необхідна кількість боєприпасів для ураження цілі в ідеальних умовах.

Приведене серединне відхилення – показник точності, що враховує технічні помилки та помилки підготовки даних.

Проактивна оборона – тактика знищення засобів нападу противника ще до моменту їхнього запуску.

Прогноз втрат – науково обґрунтоване передбачення ступеня руйнування об’єктів, визначення ймовірної кількості та характеру втрат особового складу, ОВТ у ході майбутніх бойових дій.

Протиповітряна оборона – це комплекс узгоджених заходів та бойових дій, спрямованих на відбиття ЗПН, захист угруповань військ, ОКІ та населення від ударів авіації, ракет і безпілотників.

Протиракетна оборона – комплекс спеціалізованих засобів та узгоджених заходів, призначених для виявлення, перехоплення та знищення ракет противника (насамперед балістичних) на різних ділянках їхньої траєкторії. На відміну від ППО, яка бореться переважно з аеродинамічними цілями (літаки, КР), ПРО працює із цілями, що мають надвисокі швидкості (гіперзвукові) та складні балістичні траєкторії, комплекс заходів для виявлення та перехоплення балістичних ракет.

Радіоелектронна боротьба (РЕБ) – сукупність узгоджених заходів та дій військ, спрямованих на завоювання панування в ефірі. Вона полягає у виявленні та радіоелектронному придушенні засобів зв’язку, навігації та розвідки противника, забезпеченні стійкості роботи власних систем. придушення радарів та систем зв’язку противника радіовипромінюванням.

Ракетно-авіаційне угруповання – сукупність частин авіації та ракетних військ під єдиним управлінням.

Регресійний аналіз – статистичний метод встановлення залежності між однією залежною змінною (результатом) та однією або кількома незалежними змінними (факторами).

Розподілена автоматизована система управління (АСУ) силами та засобами – мережева архітектура управління, у якій функції збирання, обробки інформації та ухвалення рішень не зосереджені в одному «центрі», а розподілені між багатьма автономними вузлами (штабами, підрозділами, окремими бойовими одиницями). Така АСУ є основою мережецентричного управління силами та засобами.

Рої автономних систем (Swarm Intelligence/Robotics) – спосіб організації значної кількості автономних одиниць (БпЛА, наземних роботів або морських дронів), які взаємодіють між собою та з навколишнім середовищем для виконання спільного завдання без прямого керування кожною одиницею людиною.

Серединне відхилення – характеристика розсіювання, що дорівнює половині ширини смуги, яка містить 50 % влучень.

Синтез структури системи – процес створення архітектури системи (її елементів та зв’язків між ними), яка здатна найкращим чином виконувати поставлені завдання.

Система управління (СУ) – сукупність взаємопов’язаних елементів (органів управління, засобів зв’язку, обчислювальної техніки та алгоритмів), призначених для спрямування діяльності об’єкта (підрозділу, технічного засобу) на досягнення визначеної мети.

Ситуаційна обізнаність – стан знання поточного положення та дій противника в реальному часі.

Співвідношення бойових потенціалів – показник відносної переваги однієї сторони над іншою.

Стандартні операційні процедури (SOP) – регламентовані правила дій підрозділів у типових ситуаціях.

Таксономічний показник – безрозмірна величина для ранжування альтернатив у багатомірному просторі.

Теорія ігор – математичний метод вивчення стратегічної взаємодії між двома або більше сторонами (гравцями), де результат для кожного учасника залежить від рішень, ухвалених іншими.

Теорія масового обслуговування – математичний метод для визначення пропускної здатності систем: скільки цілей може обробити дивізіон ППО або скільки безпілотників може одночасно керуватися через один вузол зв’язку; яка пропускна здатність системи ППО щодо обстрілу потоку цілей.

Трансформація управління – перехід від жорстких вертикальних структур до гнучких мережевих форматів.

Функція нормального розподілу (розподіл Гаусса) – це найважливіший вид імовірнісного розподілу в статистиці та військовій науці. Вона описує процеси, де кінцевий результат залежить від великої кількості випадкових, незалежних факторів.

Функція належності – показник ступеня відповідності об’єкта нечіткій множині (наприклад, ступеня загрози).

Хибні цілі – імітатори (надувні моделі, пастки), що вводять в оману системи розвідки противника.

Штучний інтелект (AI) – це здатність технічних систем самостійно розв’язувати творчі та логічні завдання, які раніше вважались прерогативою людини. У військовій справі ШІ (AI) є головним фактором прискорення циклу управління та підвищення ефективності засобів ураження.

C4ISR – інтегрована система розвідки, зв’язку, комп’ютеризації та управління в реальному часі.

DOTMLRFP-I – методологія НАТО для всебічного розвитку оборонних спроможностей.

ВСТУП

Світове безпекове середовище у 2022 р. кардинально змінилося, а весь вільний демократичний світ стикнувся з безпрецедентним викликом світовій системі безпеки від часів Другої світової війни. Геополітичні зміни, глобальні конфлікти та трансформація безпекового середовища національного та міжнародного рівнів вимагають ефективних стратегій оборони та співпраці для забезпечення стабільності й безпеки [26; 77; 95].

На Європейському континенті ядерна країна-агресор почала повномасштабну війну проти суверенної країни. Російські загарбники, грубо порушуючи норми міжнародного гуманітарного права, розпочали широкомасштабну агресію із застосуванням усього спектру ЗПН та проведення спеціальної операції зі знищення енергетичних та інших критично важливих об'єктів України. При цьому агресором використовувався та продовжує використовуватися практично весь арсенал наявних засобів ураження повітряного, наземного та морського базування.

Досвід російсько-української війни, збройних конфліктів останнього десятиліття переконливо свідчить, що сьогодні ППО/ПРО є одним з основних компонентів воєнної безпеки будь-якої держави, однією з форм захисту її суверенітету та національної незалежності [90; 93].

Україна має унікальний бойовий досвід організації та ведення ППО/ПРО під час російсько-української війни. Повномасштабна війна проти України призвела до безпрецедентного за масштабами й різноманітністю застосування ЗПН: крилатих, балістичних, аеробалістичних ракет, ударних БпЛА, роїв малих дронів, керованих авіабомб, реактивних та коригованих артилерійських боєприпасів.

З 2022 р. росія здійснила десятки масованих комбінованих ударів по енергетичній та іншій критичній інфраструктурі України, випустивши тисячі ракет та сотні ударних дронів по об'єктах у глибині території.

Суттєво зросла частка ударних БпЛА (Shahed/«Герань», «Ланцет» тощо) та малих/міні-БпЛА, які застосовуються масовано – до сотень одиниць за добу. Паралельно розгорнуто широке використання КАБів та комплектів планерування (КАБ, УМПК, UMPB D-30SN), що дозволяють наносити удари по містах і об'єктах на десятки і навіть до ~200 км від лінії фронту.

Ці тенденції відповідають загальносвітовому переходу до *інтегрованої системи ППО/ПРО (IAMD)*, що поєднує багаторівневі засоби

– від ПРО великої дальності до антидронових систем ближньої дії – у єдину мережецентричну архітектуру управління.

Система ППО/ПРО держави виконує вкрай важливі та складні завдання щодо захисту її населення, адміністративних і культурних центрів, ОКІ та угруповань сил оборони (СО) від ударів російських ЗПН.

Висока інтенсивність бойових дій на лінії розмежування військ і постійні обстріли важливих державних та військових об'єктів на всю глибину території України продемонстрували здатність агресора швидко адаптуватися, розробляти нові зразки озброєння, запозичувати вдалі технічні рішення та швидко масштабувати їхнє виробництво.

За таких умов ППО визначає життєздатність держави та є однією з найважливіших систем оборони нашої держави. Тому в умовах війни, що розв'язана російською федерацією (рф) проти України, дослідження питань застосування сил і засобів ППО набувають першорядного значення.

Розвиток сил та засобів ППО є вкрай важливим та абсолютно життєво необхідним завданням для досягнення перемоги в сучасній збройній боротьбі [49; 95]. Особливого значення це завдання набуває сьогодні, коли успіх бойових дій залежить від спроможності відбиття повітряних ударів противника, випередження противника наносекундами за рахунок масового впровадження новітніх технологій у бойові системи ППО та системи управління військами та зброєю.

Окремо треба зупинитися на ролі НАТО, вступ до якого забезпечить гарантування безпеки України. На сьогодні розвиток збройної боротьби потребує кардинальних змін та перегляду власних оборонних спроможностей держав-членів НАТО, зміни застарілої як технологічно, так і доктринально парадигми ведення війни на «виснаження». За таких умов можливість інтегруватися з аналогічними системами ППО зарубіжних партнерів може звісно започаткувати впровадження передових функціональних спроможностей ЗС України та ЗС держав-членів НАТО.

Розкриті в монографії методологічні основи застосування сил та засобів ППО не є вичерпними, вони постійно вдосконалюються та оновлюються. Монографія написана за матеріалами наукових розробок авторів, відкритих вітчизняних та іноземних друкованих видань. Запропоновані авторами методики та методичні підходи базуються на апробованих на практиці методах теорії ймовірності, багатокритеріального аналізу, математичного моделювання, алгебри топологій.

Монографія призначена для офіцерів органів військового управління, наукових та науково-педагогічних працівників, інженерів, ад'юнктів і докторантів ВВНЗ, а також буде корисна всім, хто цікавиться питаннями ППО.

РОЗДІЛ 1

ПРОГНОЗУВАННЯ ДІЙ ПОВІТРЯНОГО ПРОТИВНИКА В ОПЕРАЦІЯХ (БОЙОВИХ ДІЯХ)

1.1. Прогнозування орієнтовної кількості крилатих ракет у повітряних ударах противника

Орієнтовна кількість крилатих ракет (КрР), які братимуть участь у повітряних ударах, залежатиме від масштабу воєнних дій, можливостей противника щодо завдання ударів КрР, кількості та основних характеристик імовірних об'єктів ударів [13]. При цьому ймовірний перелік об'єктів удару КрР визначається з урахуванням *їхньої важливості, ступеня захищеності та досяжності щодо ураження КрР* (наявності сприятливих для польоту КрР умов місцевості) [13; 14].

Необхідно також мати на увазі, що важливість певних об'єктів може змінюватися відповідно до змін тактичної обстановки [17].

Можливості противника завдавати удари КрР визначаються наявною кількістю КрР у ракетно-авіаційному угрупованні противника ($N_{\text{КрР}}$), кількістю носіїв КрР, які задіяні у воєнних діях, а також їхніми можливостями щодо підготовки та пуску КрР.

Кількість КрР, які можуть брати участь в s -му повітряному ударі, може бути визначена за формулою:

$$N_{\text{КрР},s} = N_{\text{КрР}} K_{\text{бр}} K_{\text{вик}} K_{\text{зал},s}, \quad (1.1)$$

де $K_{\text{бр}}$ – коефіцієнт бойової готовності КрР;

$K_{\text{вик}}$ – коефіцієнт використання, який визначає долю боєготових КрР, що залучаються до удару;

$K_{\text{зал},s}$ – коефіцієнт залучення, який визначає долю КрР від їхньої загальної кількості, що призначаються для ураження об'єктів і військ в s -му ударі.

Орієнтовні значення коефіцієнтів $K_{\text{бр}}$, $K_{\text{зал},s}$ відповідно до етапів ведення бойових дій наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Нормативи бойового застосування КрР

Етапи ведення бойових дій (доба операції)	Нормативи бойового застосування	
	$K_{\text{бг}}$	$K_{\text{зал.с}}$
Д1	0,95	0,35
Д2-Д3	0,9	0,12
У подальшому	0,9	0,01-0,03

Значення коефіцієнта $K_{\text{вик}}$ під час проведення розрахунків приймається за 0,8 (для існуючих типів КрР).

Кількість КрР, які братимуть участь в s -му повітряному ударі, може бути також розрахована з огляду на сумарну кількість КрР в нарядах, які призначатимуться для ураження об'єктів:

$$N_{\text{КрР}s}^* = \sum_{i=1}^L r_i, \quad (1.2)$$

де r_i – потрібна кількість КрР в наряді для ураження i -го об'єкта;

L – можлива кількість об'єктів удару КрР з урахуванням інтенсивності воєнного конфлікту.

Значення r_i потрібної кількості КрР в наряді для ураження i -го об'єкта розраховується з урахуванням імовірності ураження КрР об'єктів, які можна класифікувати як малі (елементарні) або великі цілі.

Імовірність ураження малої (елементарної) цілі однією КрР залежить від живучості цілі, потужності бойового заряду й характеристик розсіювання точок наведення ракет, а за групового застосування КрР – і від кількості ракет в ударі (наряді).

Визначення ймовірності ураження малої (елементарної) цілі зводиться до визначення влучення КрР в коло, центр якого, звичайно, сполучений із ціллю, а радіус $R_{\text{ц}}$ дорівнює радіусу зони ураження бойової частини ракети R_s .

У деяких випадках імовірність ураження цілі визначається як імовірність влучення КрР у квадрат, для чого кругову зону ураження замінюють рівновеликою за площею квадратною (прямокутною) зоною зі сторонами, що рівнобіжні до головних осей розсіювання точок наведення ракет. При цьому сторона квадрату приймається рівною $1,8 R_s$.

З урахуванням зазначеного вище ймовірність ураження елементарної цілі однією КрР визначається за формулою [13]:

$$P_1 = [2F_T(0,9R_3 / B_{\text{дп}}) - 1][2F_T(0,9R_3 / B_{\text{бп}}) - 1], \quad (1.3)$$

де $F_T(*)$ – функція нормального розподілу (додаток В);

$B_{\text{дп}}, B_{\text{бп}}$ – приведені серединні відхилення точок наведення ракет по дальності та бічному напрямку відповідно.

Приведені серединні відхилення відповідно визначаються як:

$$B_{\text{дп}} = \sqrt{B_{\text{д}}^2 + E_{\text{д}}^2}; \quad B_{\text{бп}} = \sqrt{B_{\text{б}}^2 + E_{\text{б}}^2}, \quad (1.4)$$

де $B_{\text{д}}, B_{\text{б}}$ – серединні відхилення точки наведення ракети від центру розсіювання по дальності та бічному напрямку відповідно;

$E_{\text{д}}, E_{\text{б}}$ – серединні відхилення, що характеризують помилки підготовки даних для стрільби по дальності та бічному напрямку відповідно.

Згідно з лінійним законом ураження великої цілі приймемо, що ймовірність її ураження чисельно дорівнює математичному сподіванню площі частини цілі, що уражається. У такому разі ймовірність ураження великої цілі однією ракетою визначається за формулою [13]:

$$P_1 = 1 - \exp(-\rho^2 R_3^2 / (B_{\text{ц}}^2 + 0,11R_{\text{ц}}^2)), \quad (1.5)$$

де $R_{\text{ц}}$ – радіус великої цілі, що прийнята за кругову;

$B_{\text{ц}} = 0,5 (B_{\text{дп}} + B_{\text{бп}})$ – середнє значення приведених серединних відхилень точок наведення КрР;

$$\rho = 0,477.$$

Потрібний наряд КрР для ураження цілі із заданою ймовірністю $P_{\text{зад}}$ визначається за залежністю [19]:

$$r_i = \lg(1 - P_{\text{зад}i}) / (1 - P_{1i}). \quad (1.6)$$

Під час проведення розрахунків можна прийняти, що приведені серединні відхилення точок наведення КрР від центру розсіювання $B_{\text{ц}}$ дорівнює 5-10 м.

Радіус зони ураження R_3 можна визначити з урахуванням площі ураження об'єктів (цілей) АЗУ. Для цього за еквівалент беруться авіаційні бомби (некеровані авіаційні ракети), маси яких приблизно однакові з масами бойових частин КрР.

Розраховані ймовірності ураження малої (елементарної) та великої цілі однією КрР, а також потрібні наряди ракет для їхнього ураження для $P_{\text{зад}} = 0,5$ наведено в табл. 1.2 і відображено на рис. 1.1, 1.2 відповідно.

Таблиця 1.2

**Імовірності ураження малої (елементарної) цілі однією КрР
і потрібні наряди ракет для $P_{\text{зад.}} = 0,5$**

Розраховані показники	Співвідношення $B_{\text{ц}}/R_3$						
	2,0	1,75	1,5	1,25	1,0	0,75	0,5
Імовірність ураження цілі однією ракетою, P_1	0,057	0,074	0,099	0,139	0,208	0,338	0,601
Потрібний наряд ракет, r_i	11,8	8,85	6,64	4,63	2,97	1,68	0,75

У табл. 1.3 наведено дані щодо потрібних нарядів КрР зі звичайними бойовими частинами для ураження деяких типових об'єктів країни і військових об'єктів з урахуванням характеристик їхніх найбільш уразливих елементів, а також зон та ймовірностей ураження однією КрР.

Методика дозволяє визначити орієнтовну кількість КрР, які братимуть участь у повітряних ударах, з урахуванням можливостей противни-

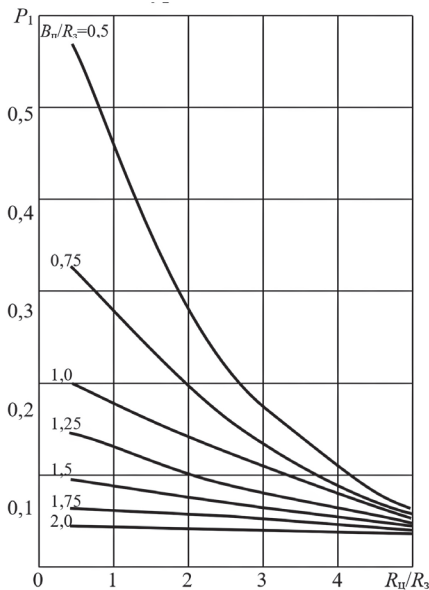


Рис. 1.1. Імовірність ураження великої цілі однією КрР

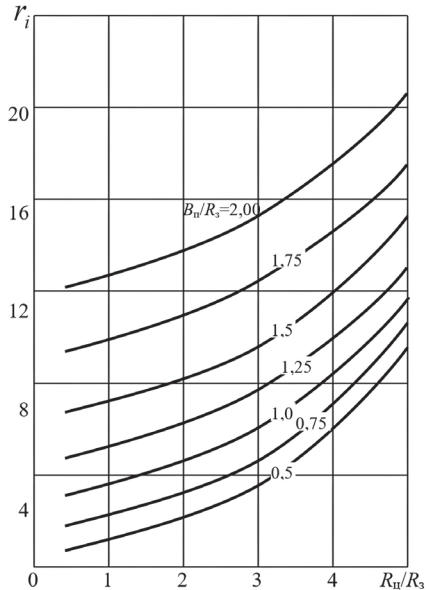


Рис. 1.2. Потрібний наряд КрР для ураження великої цілі з $P_{\text{зад.}} = 0,5$

ка щодо завдання таких ударів $N_{\text{КрР}^s}$ та сумарної кількості КрР в нарядах $N_{\text{КрР}^s}^*$, які можуть бути призначені для ураження об'єктів.

У будь-якому разі остаточне рішення щодо прогнозованої кількості КрР в повітряних ударах доцільно приймати з урахуванням реальних можливостей ракетно-авіаційного угруповання противника щодо завдання таких ударів із необхідністю дотримання умови $N_{\text{КрР}^s} \leq N_{\text{КрР}^s}^*$.

У разі дотримання цієї умови, але розбіжності в значеннях $N_{\text{КрР}^s}$ та $N_{\text{КрР}^s}^*$ необхідно мати на увазі, що певна частка КрР зі складу ударів може бути призначена для ураження засобів ППО.

Таблиця 1.3

Орієнтовні наряди КрР зі звичайними бойовими частинами для ураження деяких об'єктів країни і військових об'єктів з $P_{\text{зад}} = 0,5$

Тип об'єкта, що уражається	Імовірність ураження об'єкта однією ракетою, P_{li}	Радіус найбільш уразливого елемента R_{li} , м	Радіус зони ураження КрР R_s , м	Тип об'єкта як цілі	Потрібний наряд ракет, r_i
Енергоблок ГЕС	0,1789	48	17,5	велика	4
Турбіна (машинна зала) ТЕС	0,2052	43	17,5	велика	3
Нафтопереробний завод	0,5987	88	61,8	велика	1
Оборонний завод	0,0596	100	18	велика	11
КП ПвК, ОК, АК (ЦБУ, РПЦ)	0,9698	42	40	елементарна	1
Пускова установка ОТБР, ТБР	0,9584	39	38	елементарна	1
РЛС радіолокаційного поста	0,8675	38	30	елементарна	1
зрдн С-200 (КБУ, РПЦ)	0,0678	160	30	велика	10
зрдн С-300 П (РПН, КБУ)	0,1258	150	39	велика	5
зрбатур С-300В1 (БСНР)	0,1258	150	39	велика	5
зрбатур «Бук-М1»	0,1422	140	39	велика	5
Літаки на стоянці	0,9698	42	40	елементарна	1
Технічна батарея зтрб	0,149	140	40	велика	4
Склад боєприпасів	0,2677	48	22	велика	2

1.2. Прогнозування співвідношення сил і засобів протидіючих сторін у ході повітряної операції

Нові технології зумовили формування принципово нової матеріальної бази ведення війни, що спричиняє докорінні зміни в теорії та практиці воєнної справи. При цьому важливою особливістю зміни змісту збройної боротьби є зміщення бойового потенціалу для безпосереднього ураження противника в повітря і космос.

Основними ЗПН залишаються: літаки ударної авіації (УА); КР наземного, морського і повітряного базування; балістичні ракети оперативно-тактичного і тактичного призначення (БР ОТП і ТП), безпілотні літальні апарати (БЛА) [2; 9; 10].

За досвідом останніх війн основною формою застосування ЗПН є ПНО, яка являє собою скоординовані і сконцентровані бойові дії об'єднань, з'єднань і частин видів ЗС, переважно ВПС і ударних сил ВМС (КР і авіація), у яких різнорідні сили авіації і ППО діють спільно під єдиним керівництвом для досягнення визначених цілей.

Основу ПНО становлять масовані удари, які завдаються різнорідними ЗПН з метою одночасного вогневого ураження (придушення) об'єктів у великому районі. Цілями ПНО (особливо першої) можуть бути: завоювання переваги в повітрі; дезорганізація державного і воєнного управління; зрив розгортання угруповань військ.

Тривалість ПНО залежно від обстановки може становити до 5 – 7 діб. За цей час може бути завдано до 5 – 7 МРАУ.

У табл. 1.4 як приклад наведено розподіл ЗПН за типами в МРАУ під час проведення ПНО.

При проведенні противником ПНО сторона, що обороняється, може застосовувати таку форму бойових дій, як повітряна операція. Зміст повітряної операції може містити як елементи повітряної наступальної, так і повітряної оборонної операції. Тому можна вважати, що в ході проведення повітряної операції протидіючі сторони будуть обмінюватися ракетно-авіаційними ударами по військах та об'єктах.

Під час планування повітряної операції необхідно оцінювати результати бойових дій, тобто визначати прогнозоване співвідношення сил і засобів протидіючих сторін як у ході операції, так і на її кінець. Прогнозоване співвідношення сил і засобів визначає ступінь виконання завдань протидіючими сторонами [11].

Таблиця 1.4

Розподіл ЗПН за типами в МРАУ в ході проведення ПНО (варіант)

Типи ЗПН	Доба операції				
	Д – 1		Д – 2		Д 3 – Д 5
	Номер МРАУ				
	I	II	III	IV	V – VII
КР	400-420	150-160	100-110	50-60	50-60
Літако-вильоти	600-650	400-440	300-320	250-280	300-320
БЛА	150-180	100-120	100-120	100-120	200-220
Оперативно-тактичні ракети	80-90	20-24	0	0	0
Хибні цілі	300-330	400-420	300-330	200-220	200-220
Усього ЗПН	1630-1770	1070-1160	800-880	600-680	750-820

Для прогнозування результатів збройної боротьби в повітрі може застосовуватися ряд моделей і методик, які переважно ґрунтуються на використанні методів імітаційного та аналітико-стохастичного моделювання. При цьому необхідно оцінювати ефективність завдання і відбиття кожного ракетно-авіаційного удару по військах і об'єктах противником і своїми військами, що є достатньо складним і трудомістким процесом [9; 12].

Це обумовлює доцільність розроблення відповідної аналітичної методики прогнозування співвідношення сил і засобів протидіючих сторін у ході і на кінець повітряної операції. При цьому відомими вважаються кількісний склад і бойові потенціали озброєння протидіючих сторін, що дає змогу визначити бойові потенціали компонентів угруповань сил протидіючих сторін на початок бойових дій.

Приймається, що угруповання сил протидіючих сторін може містити N компонентів, $i=1, N$, де i – номер компонента. Тоді можна позначити за $\Pi_i^{np(n\phi)}$ – бойовий потенціал i -го компонента сил противника і наших військ відповідно. При цьому номери компонентів відповідають: 1 – УА; 2 – ВА; 3 – КР; 4 – БР ОТП і ТП; 5 – БЛА; 6 – наземним силам ППО.

Бойовий потенціал i -го компонента визначається за формулою:

$$\Pi_i^{np(n\phi)} = \sum_j n_{ij}^{np(n\phi)} \cdot \Pi_{ij}^{np(n\phi)}, \quad j = \overline{1, Z_i^{np(n\phi)}}, \quad (1.6)$$

де $n_{ij}^{np(ne)}$ – кількість засобів j -го типу противника і наших військ відповідно, що утворюють i -й компонент;

$\Pi_{ij}^{np(ne)}$ – бойовий потенціал j -го типу озброєння противника і наших військ відповідно у складі i -го компонента;

$Z_{ij}^{np(ne)}$ – кількість типів озброєння у складі i -го компонента противника і наших військ відповідно.

Загальний бойовий потенціал протидіючих сторін визначається таким чином:

$$\begin{aligned}\Pi^{np} &= \sum_i \sum_j n_{ij}^{np} \cdot \Pi_{ij}^{np}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, Z_i}^{np}; \\ \Pi^{ne} &= \sum_i \sum_j n_{ij}^{ne} \cdot \Pi_{ij}^{ne}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, Z_i}^{ne}.\end{aligned}\quad (1.8)$$

Початкове співвідношення бойових потенціалів сторін

$$S_0 = \frac{\Pi^{np}}{\Pi^{ne}}. \quad (1.9)$$

Для оцінювання зміни співвідношення бойових потенціалів протидіючих сторін доцільно повітряну операцію розбити на $K(k = \overline{1, K})$ етапів таким чином, що на кожному k -му етапі може завдаватися удар лише однією з протидіючих сторін.

За основу під час визначення етапів повітряної операції можна прийняти дані, що наведені в табл. 1.4. Етапи (послідовність завдання ударів по військах і об'єктах протидіючими сторонами) можуть визначатися під час вироблення замислу операції експертами на підставі висновків з оцінки обстановки.

Змінювання співвідношення бойових потенціалів протидіючих сторін у ході повітряної операції визначається ступенем їх знищення (втратами) після завдання сторонами ударів по військах і об'єктах. Під час завдання ударів значна частина сил (УА, КР, балістичних ракет (БР), БЛА) протидіючих сторін (особливо під час завдання перших ударів) може виділятися на знищення (придушення) засобів ППО, літаків на аеродромах, БР на стартових позиціях, БЛА, що безпосередньо впливає на бойовий потенціал сил, які беруть участь в операціях. Бойовий потенціал УА та ВА, БЛА знижується внаслідок застосування для відбиття ударів засобів ППО, а КР – унаслідок використання їх за призначенням (витрат).

Компоненти протидіючих угруповань сил, які можуть зазнавати втрат під час завдання (чисельник) і відбиття ракетно-авіаційних ударів (знаменник) наведено в табл. 1.5.

Таблиця 1.5

**Компоненти протидіючих угруповань сил, які можуть
зазнавати втрат під час завдання (чисельник) і відбиття
ракетно-авіаційних ударів (знаменник)**

Компоненти угруповання сил	Компоненти угруповання сил					
	УА	ВА	КР	БР	БЛА	Наземні сили ППО
УА						
ВА						
КР						
БР						
БЛА						
Наземні сили ППО						

Вважається, що відносні втрати угруповання залежно від співвідношення сил і засобів протидіючих сторін змінюються за експоненційним законом. Що більше співвідношення на користь угруповання військ (сил), то більші втрати може завдати це угруповання протидіючим військам (силам).

Це підтверджується результатами моделювання бойових дій, досвідом застосування військ у воєнних конфліктах і проведених навчань. За аналогією можна вважати, що відносні втрати окремих компонентів угруповання сил також змінюються залежно від співвідношення бойових потенціалів протидіючих сил за експоненційним законом.

У загальному випадку для визначення відносних втрат бойового потенціалу угруповання сил, які беруть участь у бойових діях, можна використати залежність [3; 45-48]:

$$\delta = \frac{\Delta\P}{\Pi} = 1 - e^{-\gamma\delta}, \quad (1.10)$$

де – $\Delta\P$ абсолютні втрати бойового потенціалу угруповання сил;
 Π – бойовий потенціал угруповання сил;
 S – співвідношення бойових потенціалів протидіючих сторін на початок бойових дій;

γ – коефіцієнт, що враховує багаторазовість (етапність) застосування сил.

Коефіцієнт γ визначається шляхом узагальнення результатів моделювання бойових дій сторін на етапах повітряної операції.

Залежності відносних втрат бойового потенціалу угруповання сил від співвідношення бойових потенціалів сторін для різних коефіцієнтів γ наведено на рис. 1.3.

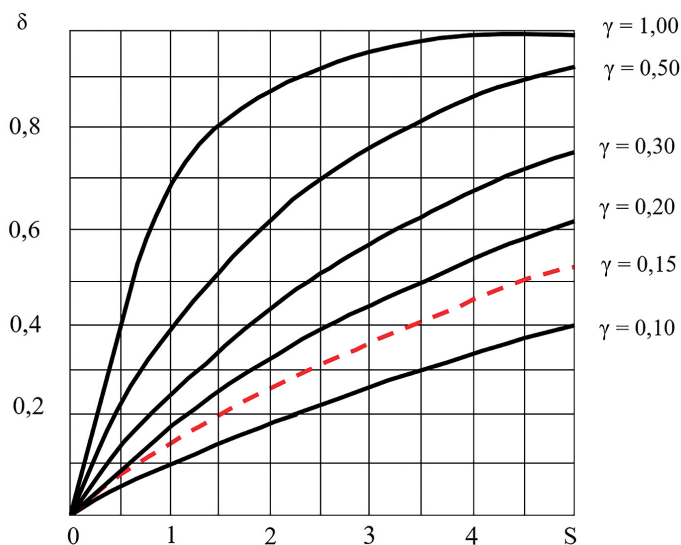


Рис. 1.3. Залежності відносних втрат бойового потенціалу угруповання сил від співвідношення бойових потенціалів сторін

Зважаючи на етапність повітряної операції та обмеження дій компонентів угруповання сил за часом за результатами попереднього моделювання коефіцієнт γ становить близько 0,15. При цьому для $S = 0,5 - 2,0$ відносні втрати бойового потенціалу змінюються від 0,06 до 0,25.

Співвідношення бойових потенціалів угруповань сил протидіючих сторін визначаються за формулами, наведеними в табл. 1.6.

Таблиця 1.6

**Залежності для визначення співвідношень бойових
потенціалів протидіючих угруповань сил**

Показники (характеристики)	Залежності
Удар завдає противник	
Бойові потенціали компонентів угруповання сил противника, що беруть участь в ударі на k -му етапі операції	$\Pi_{1k}^{np.} = (1 - \delta_{k-1}^{np.}) \Pi_{1(k-1)}^{np.};$ $\Pi_{2k}^{np.} = \xi_k^{np.} (1 - \delta_{k-1}^{np.}) \Pi_{2(k-1)}^{np.};$ $\Pi_{3k}^{np.} = \nu_k^{np.} \Pi_{3(k-1)}^{np.};$ $\Pi_{4k}^{np.} = (1 - \delta_{k-1}^{np.}) \Pi_{4(k-1)}^{np.};$ $\Pi_{5k}^{np.} = (1 - \delta_{k-1}^{np.}) \Pi_{5(k-1)}^{np.}; \delta_0^{np.} = 0$
Загальний бойовий потенціал сил противника в ударі на k -му етапі операції	$A_k = \sum_{i=1}^5 \Pi_{ik}^{np.}$
Бойові потенціали компонентів угруповання наших сил, які відбивають удар на k -му етапі операції	$\Pi_{2k}^{ng} = \xi_{k-1}^{ng} (1 - \delta_{k-1}^{ng}) \Pi_{2(k-1)}^{ng} + (1 - \xi_{k-1}^{ng}) \Pi_{2(k-1)}^{ng};$ $\Pi_{6k}^{ng} = (1 - \delta_{k-1}^{ng}) \Pi_{6(k-1)}^{ng}; \delta_0^{ng} = 0$
Загальний бойовий потенціал сил наших військ, які беруть участь у відбитті удару на k -му етапі операції	$B_k = \Pi_{2k}^{ng} + \Pi_{6k}^{ng}$
Величина відносних втрат угруповання сил противника на k -му етапі операції	$\delta_k^{np.} = 1 - e^{-\gamma \left(\frac{B_k}{A_k} \right)}$
Величина відносних втрат угруповання наших військ на k -му етапі операції	$\delta_k^{ng} = 1 - e^{-\gamma \left(\frac{A_k}{B_k} \right)}$
Збережений бойовий потенціал противника після завдання удару на k -му етапі операції	$\Pi_k^{np.} = (1 - \delta_k^{np.}) (\Pi_{1k}^{np.} + \Pi_{2k}^{np.} + \Pi_{4k}^{np.} + \Pi_{5k}^{np.}) + (1 - \xi_k^{np.}) \Pi_{2(k-1)}^{np.} + (1 - \nu_k^{np.}) \Pi_{3(k-1)}^{np.} + \Pi_{6(k-1)}^{np.}$
Збережений бойовий потенціал наших військ (сил) після відбиття удару противника на k -му етапі операції	$\Pi_k^{ng} = (1 - \delta_k^{ng}) \times$ $\times (\Pi_{1(k-1)}^{ng} + \Pi_{2k}^{ng} + \Pi_{4(k-1)}^{ng} + \Pi_{5(k-1)}^{ng} + \Pi_{6k}^{ng}) + \Pi_{3(k-1)}^{ng}$
Співвідношення бойових потенціалів угруповань сил на кінець k -го етапу операції	$S_k = \Pi_k^{np.} / \Pi_k^{ng}$

Удар завдає наше угруповання сил	
Бойові потенціали компонентів нашого угруповання сил, що беруть участь в ударі на k -му етапі операції	$P_{1k}^{ng} = (1 - \delta_{k-1}^{ng}) P_{1(k-1)}^{ng};$ $P_{2k}^{ng} = \xi_k^{ng} (1 - \delta_{k-1}^{ng}) P_{2(k-1)}^{ng};$ $P_{3k}^{ng} = \nu_k^{ng} P_{3(k-1)}^{ng};$ $P_{4k}^{ng} = (1 - \delta_{k-1}^{ng}) P_{4(k-1)}^{ng};$ $P_{5k}^{ng} = (1 - \delta_{k-1}^{ng}) P_{5(k-1)}^{ng}; \delta_0^{ng} = 0$
Загальний бойовий потенціал наших сил, які беруть участь в ударі на k -му етапі операції	$C_k = \sum_{i=1}^5 P_{ik}^{ng}$
Бойові потенціали компонентів угруповання сил противника, які відбивають удар на k -му етапі операції	$P_{2k}^{np} = \xi_{k-1}^{np} (1 - \delta_{k-1}^{np}) P_{2(k-1)}^{np} +$ $+ (1 - \xi_{k-1}^{np}) P_{2(k-1)}^{np};$ $P_{6k}^{np} = (1 - \delta_{k-1}^{np}) P_{6(k-1)}^{np}; \delta_0^{np} = 0$
Загальний бойовий потенціал сил противника, які беруть участь у відбитті удару на k -му етапі операції	$D_k = P_{2k}^{np} + P_{6k}^{np}$
Величина відносних втрат угруповання наших сил на k -му етапі операції	$\delta_k^{ng} = 1 - e^{-\gamma(D_k/C_k)}$
Величина відносних втрат угруповання сил противника на k -му етапі операції	$\delta_k^{np} = 1 - e^{-\gamma(C_k/D_k)}$
Збережений бойовий потенціал наших сил після завдання удару на k -му етапі операції	$P_k^{ng} = (1 - \delta_k^{ng}) (P_{1k}^{ng} + \xi_k^{ng} P_{2k}^{ng} + P_{4k}^{ng} + P_{5k}^{ng}) +$ $+ (1 - \xi_k^{ng}) P_{2(k-1)}^{ng} + (1 - \nu_k^{ng}) P_{3(k-1)}^{ng} + P_{6(k-1)}^{ng}$
Збережений бойовий потенціал угруповання сил противника після відбиття удару на k -му етапі операції	$P_k^{np} = (1 - \delta_k^{np}) \times$ $\times (P_{1(k-1)}^{np} + P_{2k}^{np} + P_{4(k-1)}^{np} + P_{5(k-1)}^{np} + P_{6k}^{np}) +$ $+ P_{3(k-1)}^{np}$
Співвідношення бойових потенціалів угруповань сил на кінець k -го етапу операції	$S_k = P_k^{np} / P_k^{ng}$

У табл. 1.6 позначені:

$\xi_k^{нг}$, ξ_k^{np} – частка ВА наших сил і противника відповідно, що виділяється для прикриття (супроводження) УА на k -му етапі операції;

$v_k^{нг}$, v_k^{np} – частка КР наших сил і противника відповідно, що виділяється для завдання удару на k -му етапі операції.

За відсутності в угрупованні сил визначеного компонента його бойовий потенціал дорівнює нулю.

Структурну схему методики визначення співвідношення сил і засобів протидіючих сторін у ході та на кінець повітряної операції наведено на рис. 1.4.

Розглянемо приклад використання методики для розрахунку співвідношень сил протидіючих сторін у ході повітряної операції.

Вихідні дані для розрахунку співвідношень бойових потенціалів протидіючих угруповань сил за етапами повітряної операції:

1. Початкові значення бойових потенціалів протидіючих угруповань сил (умовні одиниці):

УА $P_1^{np} = 1600$; $P_1^{нг} = 1300$;

ВА $P_2^{np} = 200$; $P_2^{нг} = 400$;

КР $P_3^{np} = 600$; $P_3^{нг} = 0$;

БР $P_4^{np} = 120$; $P_4^{нг} = 100$;

БЛА $P_5^{np} = 50$; $P_5^{нг} = 40$;

наземних сил ППО $P_6^{np} = 150$; $P_6^{нг} = 300$.

2. Кількість етапів для розрахунків $K = 6$.

3. Значення коефіцієнтів: $\gamma = 0,15$; $\xi_k^{np} = \xi_k^{нг} = 0,20$; $v_k^{np} = 0,50$.

Початкове співвідношення бойових потенціалів протидіючих сторін становить $s_0 = 1,27$ на користь противника.

Розглянуто два варіанти послідовності обміну ракетно-авіаційними ударами між протидіючими сторонами.

І варіант

Номер етапу, k	1	2	3	4	5	6
Противник						
Наші сили						

ІІ варіант

Номер етапу, k	1	2	3	4	5	6
Противник						
Наші сили						

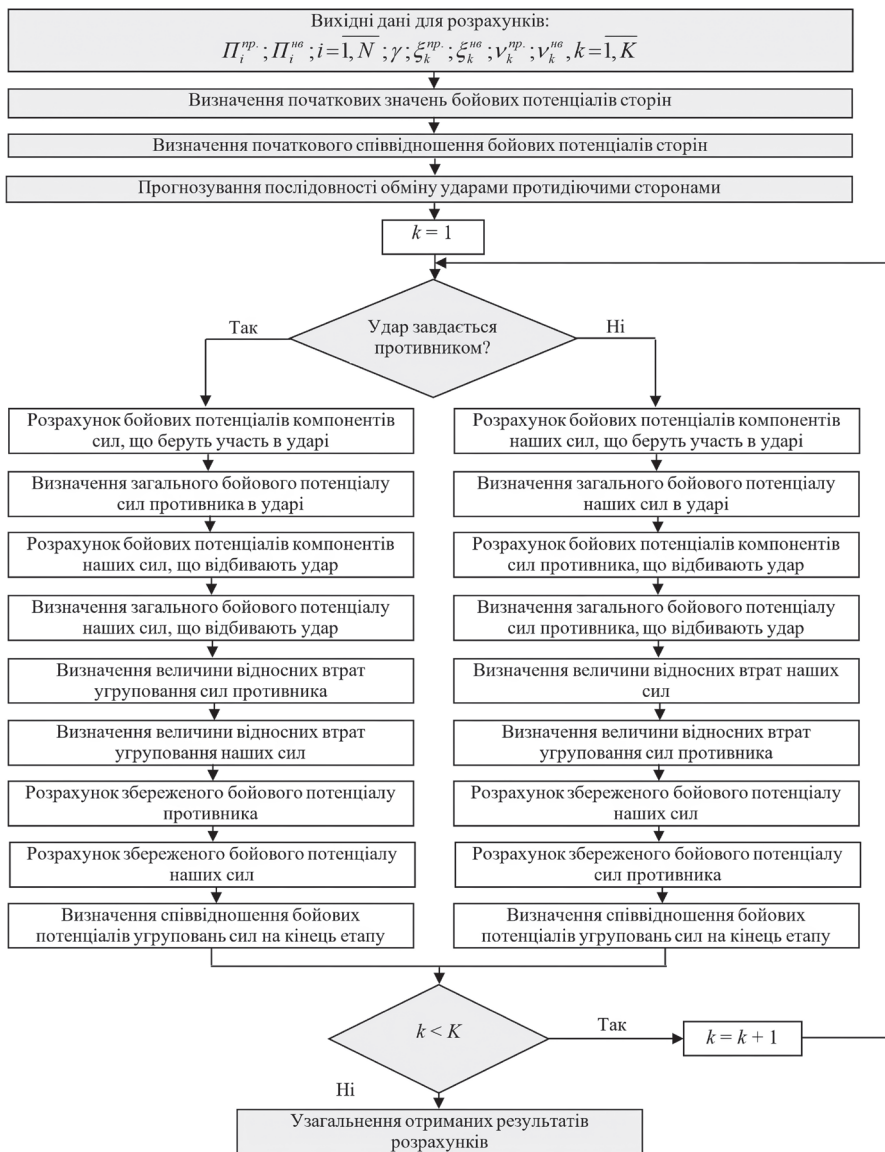


Рис. 1.4. Структурна схема методики визначення співвідношення сил і засобів протидіючих сторін у ході та на кінець повітряної операції

Результати розрахунку величин відносних втрат угруповання сил противника $\delta_k^{np.}$ і своїх сил $\delta_k^{нв}$ за етапами повітряної операції наведено в табл. 1.7.

Таблиця 1.7

Величини відносних втрат угруповання сил противника і своїх сил

Номер варіанта	Показники відносних втрат	Номер етапу, k					
		1	2	3	4	5	6
I варіант	$\delta_k^{np.}$	0,048	0,346	0,050	0,036	0,207	0,235
	$\delta_k^{нв}$	0,364	0,051	0,352	0,451	0,091	0,086
II варіант	$\delta_k^{np.}$	0,048	0,346	0,454	0,082	0,565	0,146
	$\delta_k^{нв}$	0,364	0,051	0,037	0,230	0,026	0,132

Змінювання співвідношення сил протидіючих сторін за етапами повітряної операції наведено на рис. 1.5.

З аналізу рис. 1.5 випливає, що ефективність протиборства в повітрі суттєво залежить від послідовності обміну ударами між протидіючими сторонами.

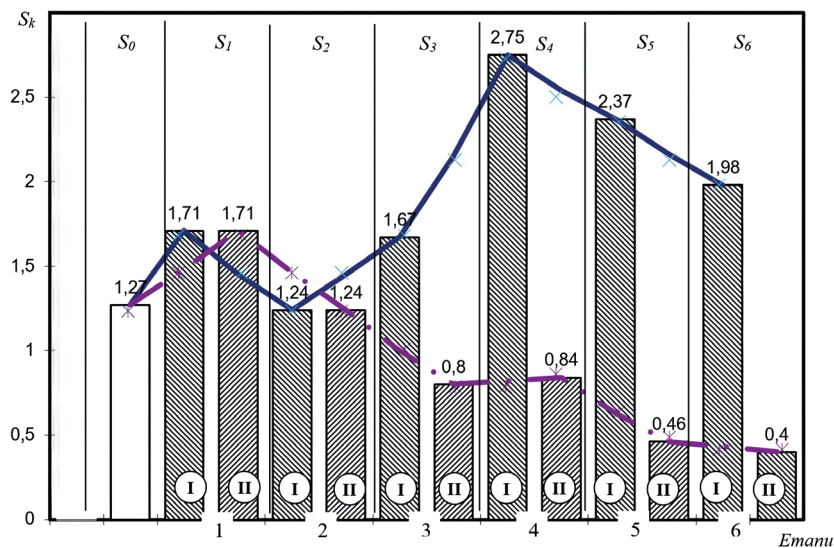


Рис. 1.5. Змінювання співвідношення сил протидіючих сторін у ході повітряної операції

Так, при завданні противником двох послідовних ударів на 3-му і 4-му етапі операції (І варіант) він одержує безсумнівну перевагу і, навпаки, при завданні нашими силами двох послідовних ударів на 2-му і 3-му етапі операції противник зазнає великих втрат, які є критичними (співвідношення становить на 6-му етапі операції 2,5 на користь наших сил). При цьому велике значення має співвідношення сил ППО (ВА та наземних сил ППО).

У наведеному прикладі початкове співвідношення сил ППО становить 2,0 на користь наших сил. Це пояснюється тим, що сили ППО практично не застосовуються під час завдання ударів (крім ВА для прикриття груп УА) і можуть бути збережені для відбиття ударів у подальшому (за умови проведення відповідних заходів).

Достовірність результатів, які отримуються за допомогою методики, в основному залежить від коректності визначення коефіцієнта γ у виразі (1.10) та бойових потенціалів озброєння.

Перевагою методики є те, що вона дозволяє оперативно оцінювати динаміку змінювання співвідношення сил протидіючих сторін у ході обміну ударами. Під час проведення розрахунків мається можливість урахувати підсилення наших військ і військ противника в ході проведення повітряної операції.

1.3. Прогнозування втрат військ і об'єктів від авіаційних ударів противника

У ході оцінювання обстановки для вироблення замислу повітряної операції (бойових дій) необхідно не лише прогнозувати масштаб, характер дій противника, а й оцінювати можливі втрати військ і об'єктів від його авіаційних ударів. Результати такого прогнозування дозволяють визначити способи застосування ЗРВ, радіотехнічних військ (РТВ) та авіації Повітряних Сил (ПС) у повітряній операції (під час ведення бойових дій).

Питання прогнозування втрат військ і об'єктів від авіаційних ударів розглянуто в багатьох дослідженнях і публікаціях. Це насамперед обумовлюється необхідністю оцінювати вплив рекомендацій щодо вдосконалення (організації) системи ППО на ефективність авіаційних ударів противника як під час проведення досліджень, так і прийняття рішення на застосування ПС.

Із цією метою пропонується визначати математичне сподівання середнього збитку об'єктам, що обороняються, у припущенні, що збиток завдають усі атакуючі ударні ЗПН всім об'єктам, які прикриті ППО (варіант масованого авіаційного удару), а збиток, завданий одним ЗПН, не залежить від збитку, що завдає інший ЗПН. У теперішніх умовах перше припущення є не зовсім коректним, оскільки внаслідок обмеженої кількості ЗПН удар може завдаватися лише по частині об'єктів.

Також пропонується ввести показник ефективності дій ЗПН як відношення кількості об'єктів, що знищені внаслідок ударів ЗПН, до вихідної кількості цих об'єктів перед початком бойових дій. При цьому не враховується важливість об'єктів, по яких завдають удари ЗПН. За фізичним змістом цей показник можна характеризувати як середньостатистичну ймовірність знищення окремого об'єкта в ході удару з повітря.

Відома також методика прогнозування параметрів масованого удару повітряного противника, що базується на використанні полігонних нарядів авіації і дає змогу визначати кількість уражених об'єктів [9; 61]. Викладені методики і підходи не дозволяють визначати втрати військ і об'єктів від авіаційних ударів в єдиних умовних одиницях, що можливе при врахуванні коефіцієнтів важливості військових об'єктів і об'єктів економіки та державного управління.

Противником під час планування авіаційних ударів будуть призначатися полігонні наряди літаків для завдання ударів по військах і об'єктах. При цьому кількість літаків у наряді залежить від потрібного ступеня ураження об'єкта.

Це дає підставу використовувати для оперативних розрахунків щодо прогнозування втрат військ і об'єктів від авіаційних ударів відомі наряди літаків для знищення або придушення військових об'єктів та об'єктів економіки і державного управління [45-48].

Орієнтовні полігонні наряди літаків тактичної авіації для ураження деяких типових об'єктів наведено в табл. 1.8.

Вважається, що під час придушення знищується 30 % елементів об'єкта, а під час знищення – 70-80 %. Під час придушення аеродромів знищується 70-80 % злітно-посадкових смуг і засобів управління, руйнується 70 % сховищ.

Наведені в табл. 1.8 наряди літаків можуть поділятися на наряди для ураження елементів, які є складовими цих об'єктів.

Таблиця 1.8

**Полігонні наряди літаків тактичної авіації
для ураження деяких типових об'єктів (літаки типу F-16)**

Завдання тактичної авіації	Об'єкти удару літаків	Ступінь ураження	
		Придушення	Знищення
Завоювання переваги в повітрі	Аеродром тактичної авіації	8	15
	Командний пункт оперативно-стратегічного об'єднання (захищений)	7	14
	Командний пункт оперативного, оперативно-тактичного об'єднання	4	8
	Командний пункт з'єднання (частини)	2	4
	Позиція РЛС ППО, засобів РЕБ	1	2
	Позиція ЗРК	2	3
	Бази, склади	1	2
	Вузол зв'язку	3	4
Підрив економічного потенціалу, деморалізація населення	Гребля, ГЕС, ТЕС, АЕС	12	20
	Нафтопровід	4	8
	Промисловий об'єкт	6	10
	Об'єкти тилу	8	12
	Адміністративно-промисловий центр	60	80
Ізоляція районів бойових дій	Вузли комунікацій	4	10
	Район дислокації військ	12	20
	Об'єкти тилу	2	4
	Резерв	20	30
Безпосередня авіаційна підтримка військ	Бригада механізована, танкова	16	24
	Артилерійська група	12	24

Результати аналізу табл. 1.8 свідчать, що для знищення об'єктів потрібно приблизно вдвічі більше літаків, ніж для їхнього придушення. Тому в разі незначної (обмеженої) кількості літаків удари переважно будуть завдаватися з метою придушення об'єктів.

Тактична авіація, у тому числі й ударні авіаційні компоненти протидіючих сторін у ході обміну ударами будуть нести втрати як у повітрі, так і на аеродромах базування авіації.

З урахуванням цього, під час прогнозування втрат військ і об'єктів від кожного авіаційного удару противника необхідно враховувати втрати літаків в попередніх ударах, а також передбачати те, що частина літаків може виконувати завдання щодо ураження військ, а частина буде діяти по об'єктах економіки і державного управління.

Можна вважати, що для початкового періоду характерним буде послідовний обмін авіаційними ударами по військах і об'єктах протидіючих сторін. Структурну схему методики прогнозування втрат військ і об'єктів від авіаційних ударів противника наведено на рис. 1.6.

За показники прогнозування доцільно прийняти:

математичне сподівання величин відносних втрат військ від авіаційних ударів противника;

математичне сподівання величин відносних втрат об'єктів економіки та державного управління від авіаційних ударів противника.

Кількість літаків, що можуть узяти участь в авіаційному ударі по військах і об'єктах, визначається за формулою [9]:

$$N_{\text{літ}} = N'_{\text{літ}} (1 - K_p) K_z, \quad (1.11)$$

де $N'_{\text{літ}}$ – кількість літаків, збережених до початку удару, що розглядається (враховуються втрати авіації в попередніх бойових діях);

K_p – коефіцієнт резерву;

K_z – коефіцієнт бойової готовності літаків.

Під час проведення розрахунків можна приймати такі значення коефіцієнтів: $K_p = 0-0,1$; $K_z = 0,9-0,95$.

Ураховуючи досвід російсько-української війни, доцільно не розглядати типову структуру побудови авіаційного удару, що включає: допоміжні групи літаків і групи літаків, які повинні відвертати увагу; ешелон придушення системи ППО; ударний ешелон.

Однак вважається, що у складі авіаційного удару будуть діяти: групи літаків УА, у тому числі для вирішення завдань придушення системи ППО; винищувачі супроводження; літаки-розвідники; літаки РЕБ.

Зазначається, що за типової структури побудови масованого авіаційного удару і нормативних витрат літаків на один ударний літак необхідно мати один літак забезпечення. На теперішній час забезпечити виконання цієї вимоги проблематично.

Тому, ураховуючи існуючі можливості противника щодо побудови авіаційних ударів, доцільно прийняти, що в авіаційному ударі ударні літаки можуть становити до 70 %; винищувачі супроводження – до 15 %; літаки-розвідники – до 10 %; літаки РЕБ – до 5 % від загальної кількості літаків. Тобто $N_{y\partial} = 0,7N_{\text{літ}}$.

Кількість ударних літаків, що можуть діяти по військах $N_{y\partial}^e$ і об'єктах економіки та державного управління $N_{y\partial}^o$, визначається за формулами:

$$\begin{aligned} N_{y\partial}^e &= CN_{y\partial}; \\ N_{y\partial}^o &= (1 - C) N_{y\partial}, \quad 0 \leq C \leq 1, \end{aligned} \quad (1.12)$$

де C – коефіцієнт, який визначає розподіл ударних літаків відповідно до поставлених завдань (при $C=1$ – усі літаки призначаються для дій по військах, при $C=0$ – усі літаки призначаються для дій по об'єктах економіки і державного управління).

Є очевидним, що ударний літак може діяти по об'єкту, коли його тактичний радіус (R_T) дорівнює або перевищує відстань від місця базування до об'єкта удару.

Під час розрахунку тактичного радіусу дії літака використовується оптимальна тактична дальність:

$$D_{\text{онт.}} = 0,8D_{\text{прат.}}, \quad (1.13)$$

де $D_{\text{прат.}}$ – практична дальність польоту літака.

Приблизне значення тактичного радіуса за умовою польоту літака на оптимальній висоті розраховується за формулою [9; 46]:

$$R_T = 0,5D_{\text{онт.}}, \text{ або } R_T = 0,4D_{\text{прат.}} \quad (1.14)$$

Перелік військових об'єктів і об'єктів економіки та державного управління, що передбачає уражати противник, визначається відповідно до завдань тактичної авіації в операції (під час ведення бойових дій) з урахуванням важливості об'єктів.

Для військових об'єктів визначаються кількість об'єктів за типами, які планується уражати, для об'єктів економіки та державного управління – конкретні об'єкти.

Рішення про можливість застосування ударного літака по конкретному об'єкту приймається, коли виконується умова [46]:

$$R_T \geq D_6 \quad (1.15)$$

де D_6 – відстань об'єкта від аеродрому базування авіації.
Таке порівняння зручно виконувати на топографічній карті.

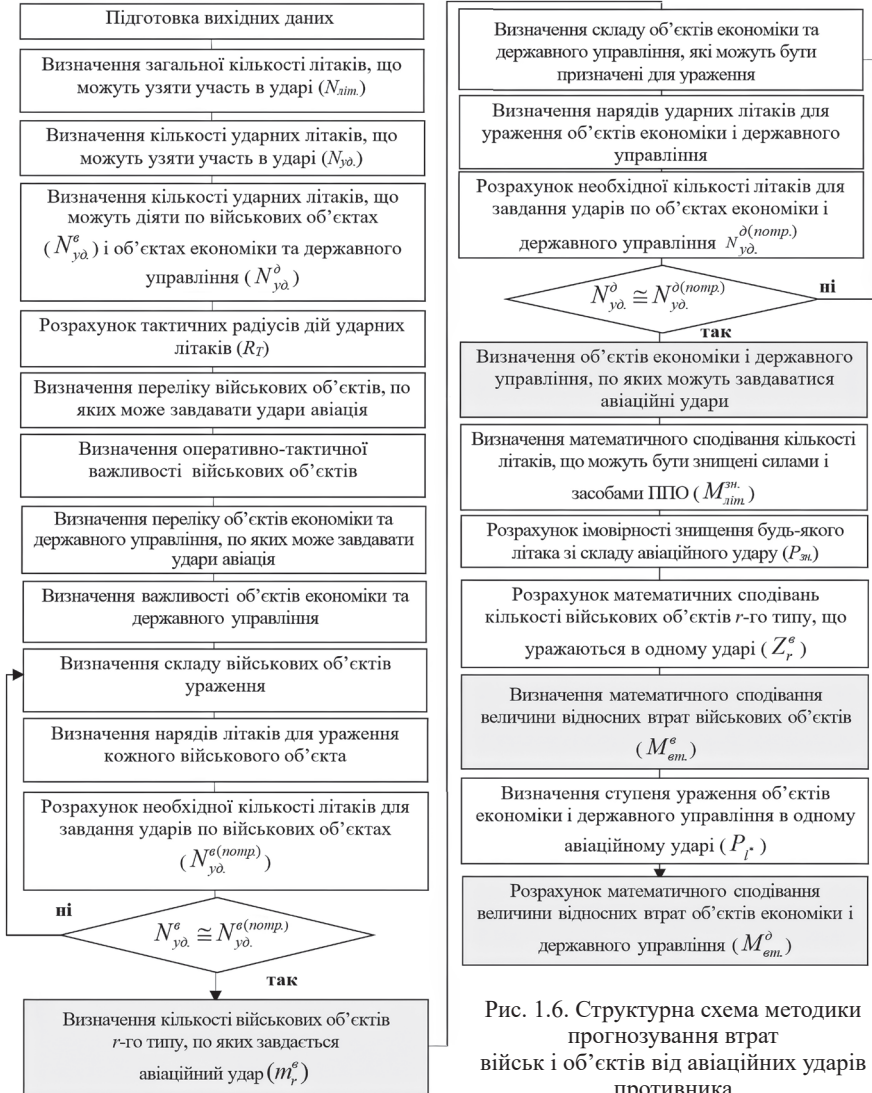


Рис. 1.6. Структурна схема методики прогнозування втрат військ і об'єктів від авіаційних ударів противника

Для визначення коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості військових об'єктів і коефіцієнтів важливості об'єктів економіки та державного управління доцільно використовувати МАІ. Метод полягає в декомпозиції проблеми (її ієрархічному зображенні) на більш прості складові частини і подальшій обробці послідовності суджень експертів попарним порівнянням. Ієрархічні зображення завдань визначення коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості військових об'єктів і коефіцієнтів важливості об'єктів економіки та державного управління (варіанти) наведено на рис. 1.7, 1.8 відповідно.

Важливість об'єктів оцінюється експертами за їх впливом на бойові дії угруповання військ (сил) і на функціонування економіки та системи управління державою.

Як приклад, на рис. 1.9 наведено результати визначення коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості військових об'єктів відповідно до ієрархічного зображення завдання на рис. 1.7.

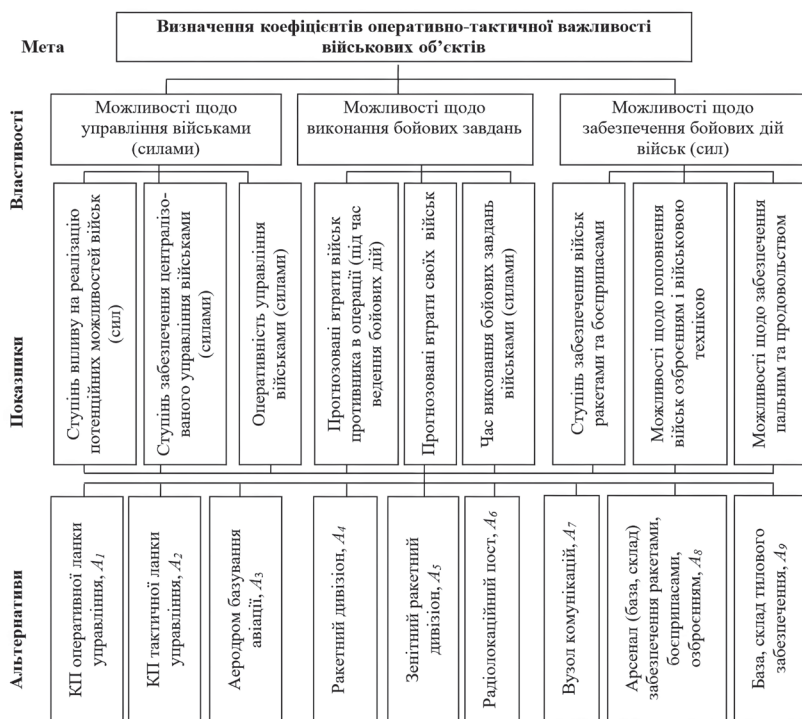


Рис. 1.7. Ієрархічне зображення завдання визначення коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості військових об'єктів (варіант)

Запропонована методика, структурну схему якої наведено на рис. 1.6, містить дві ітераційні процедури:

перша – для визначення кількості військових об’єктів;

друга – для визначення об’єктів економіки і державного управління, по яких можуть завдаватися авіаційні удари.

У першій процедурі необхідна (потрібна) кількість ударних літаків для завдання ударів по військових об’єктах визначається за формулою [47]:

$$N_{\text{уд.}}^{\epsilon(\text{номп.})} = \frac{1}{1 - P_{\text{пор.}}} \sum_r n_r^{\epsilon} m_r^{\epsilon}, r = \overline{1, R}, \quad (1.16)$$

де $P_{\text{пор.}}$ – імовірність ураження літака системою ППО (для орієнтовних оцінок можна прийняти $P_{\text{пор.}} = 0,5$);

n_r^{ϵ} – полігонний наряд ударних літаків для ураження військового об’єкта r -го типу;

m_r^{ϵ} – кількість військових об’єктів r -го типу, що плануються для ураження;

R – кількість типів військових об’єктів, що розглядаються.

Кількість ударних літаків, призначених для ураження військових об’єктів $N_{\text{уд.}}^{\epsilon(\text{номп.})}$, не повинна перевищувати кількість ударних літаків $N_{\text{уд.}}^{\epsilon}$.

Коли ця умова не виконується, здійснюється уточнення складу військових об’єктів, по яких противник може завдавати удари.

У більшості випадків потрібна кількість літаків буде перевищувати кількість наявних літаків. Тому під час здійснення ітерацій виключаються об’єкти, які мають меншу оперативно-тактичну важливість.

За результатами ітерацій отримується склад військових об’єктів, по яких можуть завдаватися авіаційні удари $m_r^{\epsilon} (r = \overline{1, R})$.

Загальна кількість військових об’єктів, по яких може противник завдавати удари, визначається за формулою:

$$m^{\epsilon} = \sum_r m_r^{\epsilon}, r = \overline{1, R}. \quad (1.17)$$

Відповідно до схеми на рис. 1.8 аналогічно визначається склад об’єктів економіки та державного управління, по яких можуть завдаватися удари тактичної авіації противника.

Необхідна (потрібна) кількість літаків для завдання ударів по об’єктах економіки та державного управління визначається за формулою:

$$N_{\text{уд.}}^{\delta(\text{номп.})} = \frac{1}{1 - P_{\text{пор.}}} \sum_l n_l^{\delta}, \quad l = \overline{1, L}, \quad (1.18)$$

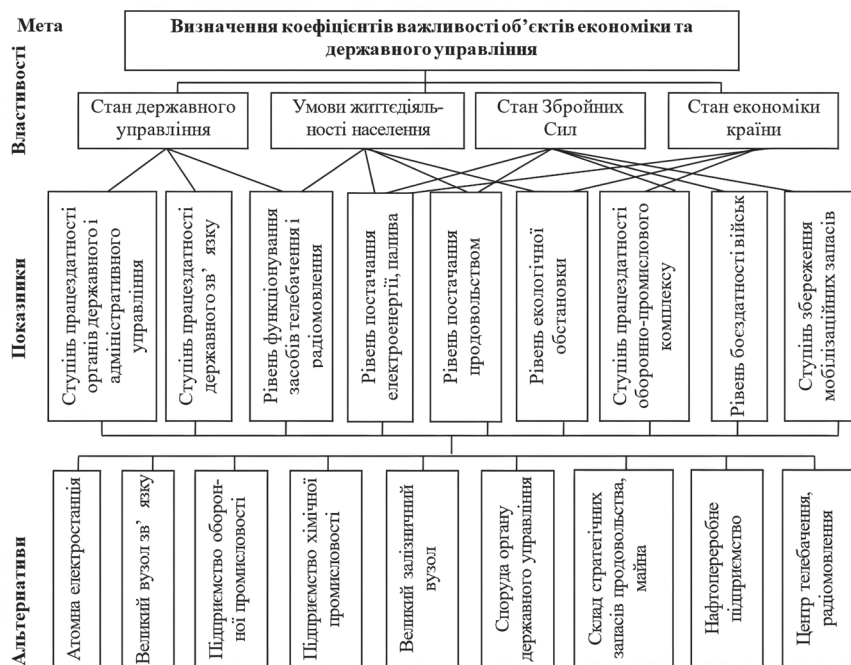


Рис. 1.8. Ієрархічне зображення завдання визначення коефіцієнтів важливості об'єктів економіки і державного управління (варіант)

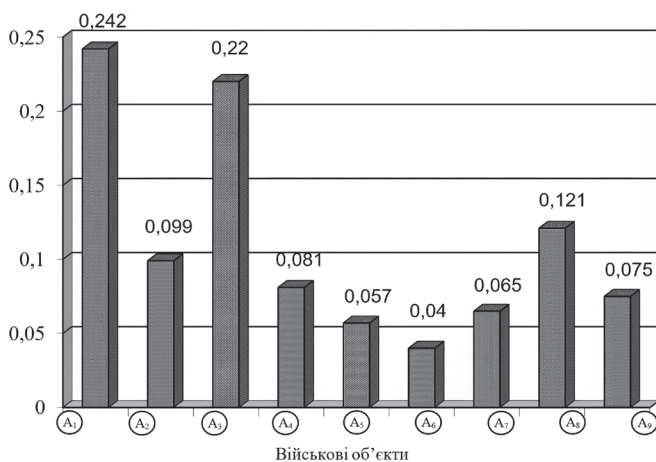


Рис. 1.9. Значення коефіцієнтів оперативного-тактичної важливості військових об'єктів

де n_l^0 – полігонний наряд ударних літаків для ураження l -го об'єкта економіки та державного управління;

L – кількість об'єктів економіки та державного управління, по яких противник може завдавати авіаційні удари.

За результатами ітерацій визначаються номери об'єктів економіки та державного управління l^* , по яких противник може завдати авіаційні удари.

Смуга і глибина авіаційного удару визначаються за розташуванням на місцевості об'єктів ураження. Це дає змогу визначити склад наших сил і засобів ППО, які можуть діяти по літаках противника під час завдання авіаційного удару по військах і об'єктах.

Математичне сподівання кількості літаків, що можуть бути знищені силами і засобами ППО ($M_{lim.}^{зн.}$) під час відбиття авіаційного удару, може визначатися за відомими методиками, які ґрунтуються на використанні аналітико-стохастичних моделей.

Імовірність знищення будь-якого літака зі складу удару силами і засобами ППО визначається за формулою [9]:

$$P_{зн.} = \frac{M_{lim.}^{зн.}}{N_{lim.}}. \quad (1.19)$$

Необхідна кількість літаків для завдання ударів по об'єктах визначалася з урахуванням імовірності ураження літаків $P_{пор.}$. Ця ймовірність може бути більше або менше ймовірності $P_{зн.}$.

Полігонні наряди літаків призначаються з урахуванням заданої ймовірності ураження об'єктів $W_{зad.}$.

Математичне сподівання кількості військових об'єктів r -го типу, що уражаються, визначається за формулою:

$$Z_r^6 = W_{зad.} \left(\frac{1 - P_{зн.}}{1 - P_{пор.}} \right) m_r^6, \quad \left[W_{зad.} \left(\frac{1 - P_{зн.}}{1 - P_{пор.}} \right) \right] \leq 1. \quad (1.20)$$

$$\text{При } P_{пор.} = P_{зн.}, \text{ а } Z_r^6 = W_{зad.} m_r^6. \quad (1.21)$$

Аналогічно коригуються ймовірності (ступені) ураження об'єктів економіки та державного управління.

Імовірність ураження l -го об'єкта економіки або державного управління визначається за формулою:

$$P_{l^*} = W_{зad.} \left(\frac{1 - P_{зн.}}{1 - P_{пор.}} \right), \quad \left[W_{зad.} \left(\frac{1 - P_{зн.}}{1 - P_{пор.}} \right) \right] \leq 1. \quad (1.22)$$

Математичне сподівання величини відносних втрат військових об'єктів від авіаційного удару визначається за формулою:

$$M_{вт.}^e = \frac{\sum_r a_r^e Z_r^e}{\sum_r a_r^e S_r^e}, \quad r = \overline{1, R}, \quad (1.23)$$

де a_r – коефіцієнт оперативно-тактичної важливості військового об'єкту r -го типу (визначається з використанням МАІ);

S_r^e – кількість військових об'єктів r -го типу, що знаходяться в зоні дій авіації противника.

У формулі (1.23) $Z_r^e = 0$, коли по r -му типу об'єкта авіація противника не застосовується.

Математичне сподівання величини відносних втрат об'єктів економіки і державного управління, які завдаються УА противника, визначається за формулою:

$$M_{вт.}^o = \frac{\sum_{l^*} a_{l^*}^o P_{l^*}}{\sum_l a_l^o}; \quad l^* = \overline{1, L^*}; \quad (1.24)$$

$$l^* \in l,$$

де a_l^o – коефіцієнт важливості l -го об'єкта економіки або державного управління (визначається з використанням МАІ);

L^* – кількість об'єктів економіки і державного управління, що уражаються в авіаційному ударі.

У знаменнику виразу (1.24) наведено сумарну важливість об'єктів економіки і державного управління, що знаходяться в зоні дій авіації противника.

Математичні сподівання величин відносних втрат військових об'єктів і об'єктів економіки та державного управління за операцію визначаються шляхом підсумовування результатів, отриманих під час оцінювання ефективності кожного авіаційного удару противника.

РОЗДІЛ 2

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИЛ І ЗАСОБІВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

2.1. Сукупність показників для оцінювання ефективності застосування сил і засобів протиповітряної оборони в операції (бойових діях)

Досвід російсько-української війни, сучасних воєнних конфліктів переконливо свідчить про все більшу залежність наслідків воєнних дій від результатів протиборства угруповань військ (сил) у повітряно-космічній сфері. Ця залежність вже стала закономірністю збройної боротьби. ЗПН і війська (сили) ППО, як засіб боротьби з ними, стали головними компонентами протидіючих угруповань військ у сучасних воєнних конфліктах.

Водночас результати аналізу воєнних конфліктів свідчать, що у протиборстві ЗПН і військ (сил) ППО перші неодмінно здобували перемогу. Це в основному обумовлювалося: недостатністю сил і засобів ППО для відбиття ударів ЗПН; застосуванням уже застарілих засобів ППО; недосконалістю організації ППО військ і об'єктів.

З метою прогнозування результатів протиборства ЗПН і військ (сил) ППО необхідно оцінювати ефективність їх бойового застосування в операціях (бойових діях). Результати такої оцінки повинні використовуватися під час організації ППО об'єктів і угруповань військ (сил), а також для визначення потрібного складу сил і засобів ППО для відбиття ударів ЗПН. Це і визначає актуальність питання щодо обґрунтування показників і критеріїв ефективності ППО.

Показники ефективності повинні визначатися відповідно до завдань ППО, які передбачається виконувати в операціях (бойових діях) [11; 16].

Історично мають місце два способи вирішення завдань ППО. Перший спосіб передбачає знищення ЗПН противника в повітрі, другий – знищення ЗПН у місцях їх базування, у тому числі інфраструктури, що забезпечує застосування ЗПН. При цьому, за досвідом російсько-української війни, зростає значення сполучення цих способів.

Можна вважати, що одним з імовірних способів розв'язання широкомасштабного воєнного конфлікту буде проведення ПНО. Для протидії такій операції будуть виконуватися визначені завдання ППО держави та проводитися повітряна операція. Відповідно до мети ППО держави та повітряної операції в подальшому доцільно визначати показники ефективності ППО.

Є очевидним, що на початковому етапі конфлікту буде здійснюватися обмін ракетно-авіаційними ударами між протидіючими сторонами. Ракетно-авіаційні удари будуть завдаватися як по об'єктах державного управління, економіки країн, так і по угрупованнях військ (сил). При цьому противник намагатиметься в найкоротший термін завоювати перевагу в повітряному просторі.

У відбитті ударів ЗПН братимуть участь сили ППО ПС, війська ППО Сухопутних військ (СВ), сили і засоби ППО Військово-Морських Сил (ВМС) під час дії на приморському напрямку.

Угруповання військ (сил), які беруть участь у ППО держави та повітряній операції, повинні:

- спільно з УА, ракетними військами не допустити завоювання противником переваги в повітрі;

- забезпечити оборону важливих об'єктів державного управління, економіки країни від ударів повітряного противника з метою збереження їх нормального функціонування;

- забезпечити прикриття угруповань військ (сил) від ударів з повітря з метою збереження їх боєздатності.

Перелічені завдання є основою для визначення показників і критеріїв ефективності ППО.

Удари по об'єктах країни і військових об'єктах можуть завдаватися із застосуванням пілотованої авіації (ПА), КР повітряного і морського базування, БР ОТП і ТП, БЛА.

За результатами досвіду останніх воєнних конфліктів КР переважно застосовувалися по об'єктах країни і комунікаціях. Тому показники ефективності ППО повинні враховувати застосування для ураження об'єктів різних типів ЗПН.

Ефективність ППО прийнято оцінювати ймовірнісними показниками, які розглянуто в багатьох наукових працях та виданнях.

До основних показників ефективності бойових дій ЗРВ та ВА належать математичні сподівання кількості збережених об'єктів ППО, кількості знищених ЗПН противника, кількості втрат засобів ППО, кількості витрат ресурсу. Оцінку надійності ППО запропоновано здійснюва-

ти за критерієм імовірності збереження не меншої від заданої кількості об'єктів, що прикриваються, або(та) ймовірності знищення не меншої від заданої кількості ЗПН противника [54; 55].

Також ППО об'єктів і угруповань військ (сил) можна оцінювати за кінцевими результатами операції. Цей показник являє собою вектор, компоненти якого також є векторами, що відображають результативність, ресурсоемність та оперативність. Результативність оцінюється за такими показниками, як: ймовірність збереження об'єктів прикриття; математичне сподівання відносної кількості ЗПН, що знищуються; математичне сподівання відносної кількості знищених своїх засобів ППО.

Слід зазначити, що під час планування ППО об'єктів країни і угруповань військ (сил) намагаються забезпечити максимум результативності, тобто ефективності застосування військ (сил) ППО.

Показники, які характеризують ресурсоемність (витрати зенітних керованих ракет та АЗУ, витрати льотного ресурсу тощо) зазвичай використовуються як обмеження.

Показники оперативності (час розгортання сил ППО, реакції на початок удару ЗПН, відновлення боєздатності сил ППО) впливають на кількісний склад засобів ППО, що можуть своєчасно взяти участь у відбитті удару ЗПН, і також можуть враховуватися як обмеження.

Імовірність збереження об'єктів від ударів ЗПН вважається найбільш представницьким показником, який характеризує ефективність їх прикриття.

Водночас критеріальні значення цього показника (не менше 0,9) потребують уточнення. Це пов'язане з необхідністю врахування під час визначення критеріїв ППО бойових можливостей засобів ППО, їх наявної кількості для прикриття об'єктів та особливостей самого процесу відбиття удару ЗПН.

З аналізу останніх методичних підходів випливає таке:

показники, які використовуються на теперішній час для оцінювання ефективності ППО об'єктів країни і угруповань військ (сил), не повністю відповідають цілям і завданням ППО держави та повітряної операції;

під час оцінювання ефективності ППО не завжди враховуються дії УА і ракетних військ СВ в інтересах ППО;

у більшості наукових видань та публікацій ефективність ППО оцінюється відокремлено стосовно застосування ЗРВ, ВА, військ ППО СВ, хоча завдання ними в операції (під час ведення бойових дій) виконуються спільно;

під час визначення критеріїв ефективності ППО не завжди враховується реальний стан військ (сил) ППО.

Перелічені недоліки повинні бути усунені в методиках оцінки ефективності ППО об'єктів держави і угруповань військ (сил).

Найбільш відповідальним завданням ППО держави та повітряної операції є недопущення завоювання противником переваги в повітрі.

Завоювання противником переваги в повітрі перебуває в нерозривній залежності від стану ППО – від того, наскільки вона може бути своєчасно придушена або нейтралізована.

На початок воєнного конфлікту сили і засоби ППО будуть першочерговими і пріоритетними об'єктами ударів повітряного противника. При цьому зазначається, що для недопущення завоювання противником переваги в повітрі бойові можливості угруповання ЗПН і угруповання військ (сил) ППО (сили і засоби ЗРВ, ВА, військ ППО СВ, ППО ВМС) повинні бути домірними.

Як правило, перевага в повітрі досягається при кількісно-якісному співвідношенні сил авіації сторін не менше 2:1. У додаток до цього критерію використовують ступінь ураження угруповання військ (сил) ППО протидіючої сторони у смузі прориву не менше 70 % і зниження інтенсивності бойових дій його тактичної авіації не менш ніж у 1,5 рази за результатами завчасного зруйнування об'єктів інфраструктури [9-14; 19].

Зрозуміло, що ефективність ППО держави та повітряної операції доцільно оцінювати за співвідношенням на кінець операції сил сторін, які беруть участь у боротьбі в повітрі. Для визначення співвідношення сил протидіючих сторін часто використовуються бойові потенціали озброєння.

Для розрахунку співвідношення сил у ході операції можна прийняти, що протидіючі угруповання військ (сил) містять N умовних компонентів, $i = \overline{1, N}$, де i – номер компонента.

Номери компонентів відповідають: 1 – ЗРВ; 2 – ВА; 3 – війська ППО СВ; 4 – УА; 5 – ракетні війська (РВ); 6 – КР; 7 – БЛА; 8 – армійська авіація (АА).

Відповідно бойові потенціали i -го компонента противника і наших військ визначаються за формулою

$$P_i^{np(nv)} = \sum_j n_{ij}^{np(nv)} \cdot B_j^{np(nv)}, j = \overline{1, Z_i^{np(nv)}}, \quad (2.1)$$

де $n_{ij}^{np(nv)}$ – кількість засобів j -го типу озброєння противника і наших військ, що утворюють i -й компонент відповідно;

$B_j^{np(n\epsilon)}$ – бойовий потенціал засобу озброєння j -го типу противника і наших військ відповідно;

$Z_i^{np(n\epsilon)}$ – кількість типів озброєння у складі i -го компонента противника і наших військ відповідно.

Загальні бойові потенціали протидіючих сторін

$$P^{np} = \sum_i P_i^{np}, P^{n\epsilon} = \sum_i P_i^{n\epsilon}, i = \overline{1, N}. \quad (2.2)$$

Тоді співвідношення бойових потенціалів сторін

$$S = P^{np} / P^{n\epsilon}. \quad (2.3)$$

Для оцінювання зміни співвідношення бойових потенціалів протидіючих сторін ППО держави (повітряна операція) розбивається на $K(k = \overline{1, K})$ етапів таким чином, що на кожному k -му етапі може завдаватися удар тільки однією з протидіючих сторін.

Послідовність завдання ударів противника визначається шляхом прогнозування його дій у ПНО, а наших військ – відповідно замислу ППО держави (повітряної операції).

На кожному етапі визначаються компоненти протидіючих угруповань військ (сил) та інші об'єкти, по яких прогнозується завдання ударів.

Втрати i -го компонента на k -му етапі ППО держави (повітряної операції) визначаються як:

$$\Delta P_{ik}^{np(n\epsilon)} = \sum_j r_{ijk}^{np(n\epsilon)} \cdot B_j^{np(n\epsilon)}; k = \overline{1, K}, \quad (2.4)$$

де $r_{ijk}^{np(n\epsilon)}$ – математичне сподівання кількості втрачених засобів озброєння j -го типу i -го компонента угруповання військ (сил) противника або наших військ на k -му етапі операції.

Для отримання кількісних значень величин $r_{ijk}^{np(n\epsilon)}$ можуть застосовуватися інші моделі і методики, які переважно ґрунтуються на використанні методів імітаційного та аналітико-стохастичного моделювання [9].

Відносні величини втрат бойового потенціалу i -х компонентів визначаються за формулою:

$$\delta_{ik}^{np(n\epsilon)} = \frac{\Delta P_{ik}^{np(n\epsilon)}}{P_{ik}^{np(n\epsilon)}}; \Delta P_{ik}^{np(n\epsilon)} \leq P_{ik}^{np(n\epsilon)}, \quad (2.5)$$

де $\Pi_{ik}^{np(n\theta)}$ – збережений бойовий потенціал i -го компонента на початок k -го етапу ППО держави (повітряної операції).

Відносні величини загальних втрат бойового потенціалу угруповань військ (сил) на k -му етапі операції визначаються таким чином:

$$\delta_k^{np(n\theta)} = \frac{\sum_i \Delta \Pi_{ik}^{np(n\theta)}}{\sum_i \Pi_{ik}^{np(n\theta)}}. \quad (2.6)$$

Співвідношення на кінець операції сил сторін, які беруть участь у боротьбі в повітрі, визначається за формулою

$$s_k = s_0 \Pi_k \left(\frac{1 - \delta_k^{np}}{1 - \delta_k^{n\theta}} \right); k = \overline{1, K}, \quad (2.7)$$

де s_0 – початкове співвідношення бойових потенціалів сил і засобів протидіючих сторін.

Можна вважати, що мета ППО держави (повітряної операції) виконана, коли $S_k \leq S_{зад}$.

Одним із показників ефективності застосування військ (сил) ППО в ППО держави (повітряній операції) може бути їх внесок у загальні втрати угруповання військ (сил) противника, які повинні завдаватися для досягнення мети операції.

Так, під час відбиття ударів ЗПН військами (силами) ППО знищуються в повітрі компоненти противника 2, 4, 7, 8.

Компоненти 5 (РВ), 6 (КР) витрачаються противником за призначенням, хоча БР і КР також можуть знищуватися військами (силами) ППО.

Під час завдання ракетно-авіаційних ударів втрати можуть зазнавати практично всі компоненти угруповання військ (сил) противника за умовою їх досягнення засобами ураження.

Внески військ (сил) ППО і ударних сил в загальні втрати бойового потенціалу угруповання військ (сил) противника визначаються таким чином:

$$C_{ППО} = \frac{\Delta \Pi_{відб.}^{np}}{\Delta \Pi^{np}}; C_{уд.} = \frac{\Delta \Pi_{уд.}^{np.}}{\Delta \Pi^{np}}, \quad (2.8)$$

де $\Delta \Pi_{відб.}^{np}$ – втрати бойового потенціалу ЗПН противника від сил ППО нашого угруповання військ;

$\Delta P_{\text{уд.}}^{np}$ – втрати бойового потенціалу ЗПН і сил ППО противника від ударних сил, які виконують завдання в інтересах ППО (знищення ЗПН противника в місцях їхнього базування та сил ППО на позиціях);

ΔP^{np} – загальні втрати угруповання військ (сил) противника в операції.

Величини $\Delta P_{\text{відб.}}^{np}$, $\Delta P_{\text{уд.}}^{np}$, ΔP^{np} визначаються підсумовуванням втрат, значення яких отримується шляхом моделювання бойових дій на кожному етапі операції.

Для розрахунку втрат використовується залежність виду (2.4).

Для загальних втрат протидіючих сторін формула (2.7) має вигляд:

$$S_K = S_o \left(\frac{1 - \delta^{np}}{1 - \delta^{не}} \right), \quad (2.9)$$

де δ^{np} , $\delta^{не}$ – відносні сумарні втрати бойових потенціалів протидіючих угруповань військ (сил) в операції.

При заданих співвідношеннях бойових потенціалів сил сторін $S_{\text{зад.}}$ і відносних втратах наших військ $\delta_{\text{зад.}}^{не}$ вимога до величини відносних втрат противника визначається за формулою

$$\delta_{\text{номр.}}^{np} = 1 - \frac{S_{\text{зад.}}}{S_o} (1 - \delta_{\text{зад.}}^{не}). \quad (2.10)$$

Потрібні втрати противника в абсолютних одиницях бойового потенціалу:

$$\Delta P_{\text{номр.}}^{np} = \delta_{\text{номр.}}^{np} \cdot P^{np}. \quad (2.11)$$

Виходячи з (2.11), можна визначити потрібні внески військ (сил) ППО і ударних сил в потрібні загальні втрати угруповання військ (сил) противника для досягнення мети повітряної операції:

$$C_{\text{ППО}}^{\text{номр.}} = \Delta P_{\text{відб.}}^{np, \text{номр.}} / \Delta P_{\text{номр.}}^{np.}; C_{\text{уд.}}^{\text{номр.}} = \Delta P_{\text{уд.}}^{\text{номр.}} / \Delta P_{\text{номр.}}^{np.} \quad (2.12)$$

Так само можуть бути визначені внески ЗРВ, ВА. В ППО – у втрати $P_{\text{відб.}}^{np, \text{номр.}}$ та внески УА, РВ, КР, БЛА, АА – у втрати $\Delta P_{\text{уд.}}^{\text{номр.}}$.

Використання залежності (2.7) дозволяє прогнозувати змінювання співвідношення бойових потенціалів протидіючих угруповань військ (сил) за етапами ППО держави (повітряної операції) і розробляти за потреби відповідні заходи щодо підвищення ефективності бойових дій наших військ (сил).

Слід зазначити, що під час визначення показників ефективності ППО використовуються бойові потенціали компонентів протидіючих угруповань військ (сил) ($II_i^{пр(не)}$), які на відміну від (2.1) можуть розраховуватися з урахуванням коефіцієнтів їх реалізації під час виконання бойових завдань.

Наприклад, для авіації коефіцієнт реалізації бойового потенціалу можна представити як добуток коефіцієнтів, що характеризують підготовку льотного складу, бойову готовність літаків, забезпечення, стан системи управління.

Критерій ефективності ППО $C_{ППО}^{номр}$ для недопущення завоювання противником переваги в повітрі доцільно встановлювати виходячи із заданого співвідношення бойових потенціалів протидіючих угруповань військ (сил) на кінець повітряної операції $s_{зад}$.

Критеріальне значення $s_{зад}$ може прийматися 1,0-1,5.

За такого співвідношення бойових потенціалів протидіючих угруповань військ (сил) не забезпечується панування противника в повітрі, сумнівним є і проведення в подальшому ППО.

Для оцінювання ефективності ППО як у повітряній операції, так і під час ведення бойових дій щодо відбиття ударів ЗПН по об'єктах і військах зазвичай застосовуються і такі показники:

математичне сподівання відносної кількості ЗПН по типах, що знищуються військами (силами ППО). Доцільно визначати окремо для ЗРВ, ВА і в ППО. Показник характеризує вогневі можливості ЗРВ і в ППО;

математичне сподівання величини відносних втрат, що завдаються противнику військами і силами ППО. Окремо визначається для ЗРВ, ВА і в ППО;

математичне сподівання величини відносних втрат, що зазнають війська (сили) ППО від ударів ЗПН. Доцільно визначати окремо для ЗРВ, ВА і в ППО;

математичне сподівання величини відносних втрат об'єктів і військ, що прикриваються військами (силами) ППО від ударів ЗПН;

імовірність збереження об'єктів і військ від ударів ЗПН. Показник характеризує ефективність прикриття об'єктів і військ від ударів з повітря.

Якщо сутність і методичні підходи до визначення перших трьох показників достатньо відомі, то відносно решт двох показників потребуються деякі пояснення.

У нашому випадку під збереженням об'єкта розуміється недопущення порушення його функціонування (повного або часткового) від ракетно-авіаційних ударів противника.

Є очевидним, що ймовірність збереження об'єкта залежить від кількості цілей, що знищуються засобами ППО з наряду ЗПН, призначених для його ураження.

Можна вважати, що в ударі по конкретному об'єкту будуть діяти ЗПН тільки одного типу.

Водночас для прикриття об'єкта (об'єктів) можуть застосовуватися формування ЗРВ, ВА і в ППО. При цьому вони спільно можуть виконувати завдання щодо прикриття об'єктів країни і військових об'єктів.

За результатами моделювання бойових дій військ (сил) ППО ймовірність знищення ЗПН i -го типу зі складу удару визначається за формулою:

$$P_i = \frac{M_i^{zn}}{N_i}; i = \overline{1, C}, \quad (2.13)$$

де M_i^{zn} – математичне сподівання кількості ЗПН i -го типу, що може бути знищено під час відбиття удару;

N_i – кількість ЗПН i -го типу в ударі;

C – кількість типів ЗПН в ударі.

Під час проведення моделювання зазвичай здійснюється прогнозування об'єктів завдання удару і визначаються наряди ЗПН для їх знищення [24; 61].

Під час проведення оперативно-тактичних розрахунків імовірність збереження j -го об'єкта від удару ЗПН i -го типу може бути визначена таким чином [13; 17]:

$$P_{зб. ji} = (1 - W_{1ji})^{[R_{ji}(1 - P_i)]}, \quad (2.14)$$

де R_{ji} – кількість ЗПН i -го типу, що призначаються для ураження j -го об'єкта;

W_{1ji} – імовірність ураження j -го об'єкта одним ЗПН i -го типу (зазвичай розраховується за окремими методиками, під час моделювання бойових дій військ (сил) ППО задається у вхідних даних).

Для оцінювання математичних сподівань величин відносних втрат окремо об'єктів країни і військ необхідно визначити їхню важливість.

Методичні положення щодо визначення коефіцієнтів важливості об'єктів економіки і державного управління та коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості військових об'єктів визначаються з використанням МАІ (Т. Сааті) [15].

Під час визначення коефіцієнтів важливості об'єктів економіки та державного управління експерти оцінюють ступінь впливу їхнього

руйнування (ураження) на стан державного управління, умови життєдіяльності населення, стан ЗС, стан економіки країни.

Коефіцієнти оперативно-тактичної важливості військових об'єктів визначаються з урахуванням впливу їхнього функціонування на можливості щодо управління військами (силами), можливості щодо виконання бойових завдань, можливості щодо забезпечення бойових дій військ (сил).

Математичне сподівання величини відносних втрат об'єктів економіки і державного управління, які можуть бути завдані ЗПН в ударі [14]:

$$M_{вт.}^{кр.} = \frac{\sum_j A_j (1 - P_{зб. j})}{\sum_j A_j}; \quad j = \overline{1, L}, \quad (2.15)$$

де A_j – коефіцієнт важливості j -го об'єкта країни;

L – кількість об'єктів економіки і державного управління, що знаходяться в зоні дій ЗПН противника і потребують прикриття від їхніх ударів.

Математичне сподівання величини відносних втрат військових об'єктів $M_{вт.}^e$ визначається за формулою, яка аналогічна (2.15).

Критеріальні вимоги до збереження об'єктів країни доцільно визначати для кожного об'єкта з урахуванням їхньої важливості й наявності сил і засобів ППО. Більш висока ймовірність збереження повинна відповідати найбільш важливим об'єктам.

Для угруповання військ (сил) критерій ефективності ППО визначається за втратами від ударів ЗПН, що допускаються за період операції (час ведення бойових дій).

Узагалі втрати угруповання військ (сил), що допускаються ($M_{вт.}^{don.}$), визначають ступінь його боєздатності.

Ураховуючи, що втрати угрупованню військ (сил) будуть завдавати і СВ противника, необхідно визначити вимоги за втратами, які допускаються від ударів ЗПН ($M_{вт. ЗПН}^{don.}$). Втрати угруповання військ (сил) від ударів ЗПН не мають перевищувати втрати, що допускаються $M_{вт.}^e \leq M_{вт. ЗПН}^{don.}$. Критерієм ефективності ППО в цьому випадку є математичне сподівання величини відносних втрат угруповання військ (сил), що допускаються в операції (під час ведення бойових дій) від ударів повітряного противника.

За основу під час обґрунтування показників ефективності ППО прийняті завдання, що мають виконуватися в ході ППО держави (повітряної операції).

Сукупність показників для оцінювання ефективності застосування сил і засобів ППО в операції (бойових діях) наведено на рис. 2.1.

Запропоновані показники дозволяють оцінювати як дії військ (сил) ППО щодо прикриття об'єктів країни і угруповання військ (сил) від ударів з повітря, так і дії ударних сил з метою виконання завдань в інтересах ППО.

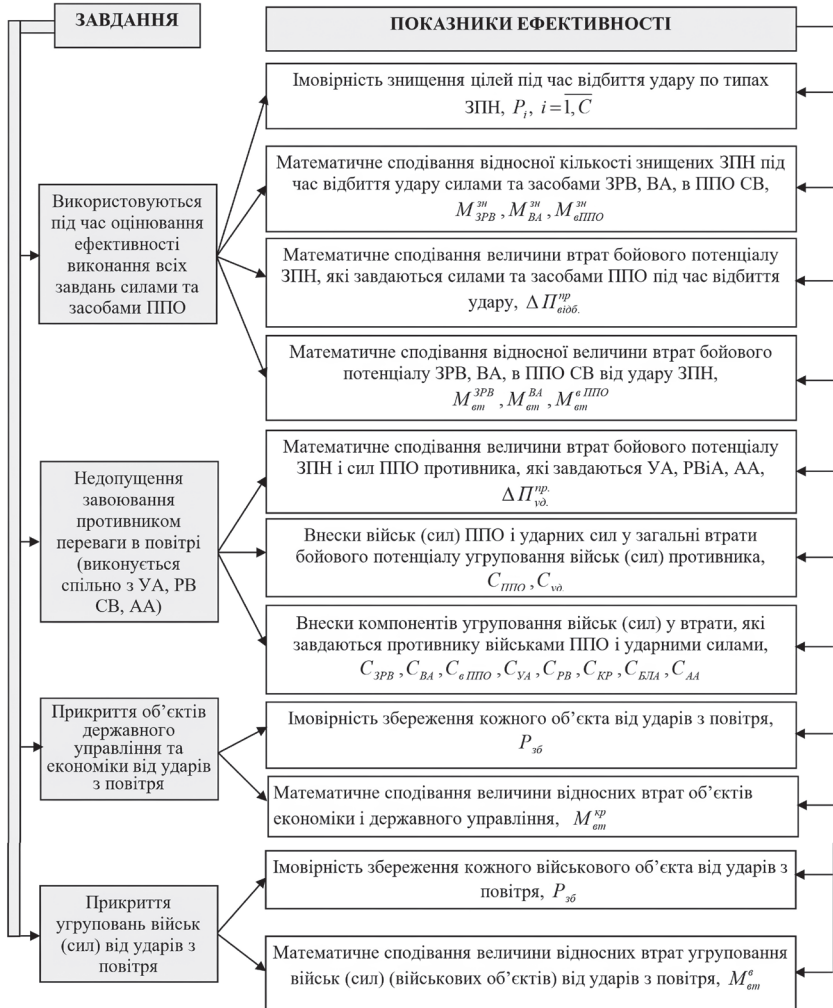


Рис. 2.1. Сукупність показників для оцінювання ефективності застосування сил і засобів ППО в операції (бойових діях)

2.2. Сукупність показників для оцінювання ефективності комплексного вогневого ураження противника в повітряній операції

Результати аналізу локальних війн та збройних конфліктів сучасності переконливо свідчать, що розвиток воєнного мистецтва на сучасному етапі характеризується різким зростанням ролі комплексного вогневого ураження в досягненні цілей повітряної операції. При цьому вирішення проблемних питань підвищення ефективності комплексного вогневого ураження противника в повітряній операції неможливе без визначення раціонального складу сил і засобів вогневого ураження, створення умов для максимальної реалізації їхніх потенційних можливостей, визначення доцільних способів комплексного вогневого ураження противника. За таких умов значно зростають вимоги до оцінювання ефективності комплексного вогневого ураження противника в повітряній операції.

Прийняття обґрунтованих рішень під час планування комплексного вогневого ураження об'єктів противника неможливе без коректно вибраних показників ефективності процесу виконання завдань комплексного вогневого ураження. Ключовим питанням коректного оцінювання будь-якого процесу збройної боротьби є вибір раціональної сукупності показників ефективності. Вважається, що краще знайти нераціональне рішення при правильно вибраних показниках оцінювання ефективності того чи іншого процесу збройної боротьби, ніж навпаки – знайти раціональне рішення при неправильно вибраних показниках.

Сутність проблеми полягає в тому, що вибір показників ефективності не має загальних формалізованих правил і багато в чому носить суб'єктивний характер. Щоб внести впорядкованість до вибору системи показників і критеріїв ефективності, слід спиратися, перш за все, на закономірності та закони ведення збройної боротьби. Тобто показники оцінювання ефективності комплексного вогневого ураження противника в повітряній операції повинні відповідати таким основним вимогам: відповідність кінцевій меті операції; чутливість до змін параметрів, які досліджуються; зрозумілий фізичний зміст, зручність проведення розрахунків; залежність від витрат, пов'язаних із реалізацією того чи іншого способу ураження.

На сьогоднішній день у теорії вогневого ураження за показники оцінювання ефективності комплексного вогневого ураження повітряної операції використовуються: математичне очікування (МОЧ) відносної кількості уражених об'єктів; МОЧ відносної величини безповоротних

втрат противника; МОЧ відносного зниження бойового потенціалу угруповання; МОЧ відносного зниження сумарної важливості об'єктів противника. Кожний із вказаних показників має певні недоліки.

Так, для *МОЧ відносної кількості уражених об'єктів* притаманний низький ступінь визначеності характеристик об'єктів противника. Угрупування противника, як правило, формалізується у вигляді сукупності однотипних об'єктів. При цьому не враховуються ступінь небезпеки об'єктів, що уражаються; їхній внесок у зниження бойових можливостей військ; узгодженість вогню авіації, ракетних військ та артилерії з діями загальновійськових підрозділів; нематеріальні втрати, що завдаються об'єктам противника; час нанесення ураження об'єкту противника на певному етапі повітряної операції з урахуванням його стану; ефективність заходів протидії противника нашим військам.

Під час визначення *МОЧ відносної величини безповоротних втрат* противника в живій силі та техніці, угруповання противника, як правило, зводиться до однотипних об'єктів, а ефективність ураження об'єктів противника визначається на кількісному рівні величиною їхніх безповоротних втрат. При цьому величина такого показника ефективності комплексного вогневого ураження не критична до типу об'єктів, що уражаються, – величина зниження бойових можливостей угруповання військ противника може бути однаковою як під час ураження взводного опорного пункту, так і в ході ураження батареї реактивних систем залпового вогню (РСЗВ), що не відповідає дійсності.

Розрахунок *МОЧ відносного зниження бойового потенціалу угруповання* проводиться за умови відомого складу (кількості живої сили, ОВТ), об'єктів угруповання противника, даних про оперативну побудову (бойовий порядок) противника. Під час визначення такого показника приймають усереднені постійні величини значень бойових потенціалів. При цьому не враховується, що кожний об'єкт противника, крім того, що виконує самостійні завдання, забезпечує своїми діями виконання завдань інших об'єктів.

Розрахунок *МОЧ відносного зниження сумарної важливості об'єктів противника* дозволяє визначати стан об'єктів, що уражаються тільки на якісному рівні – об'єкт уражений або об'єкт неуражений. У даному випадку не враховується значна кількість різноманітних видів елементарних цілей, що підлягають ураженню, структура їхніх втрат і тривалість виходу з ладу, порушення функціонування об'єктів у разі відсутності в них матеріальних втрат, зміна місця об'єктів противника відносно того, де планувалося їхнє знаходження. Коефіцієнти важливості кожного з

об'єктів, як правило, визначаються тільки для декількох найбільш імовірних умов ведення бойових дій. Це дозволяє зменшити помилки щодо оцінки ефективності комплексного вогневого ураження противника, але не виключити їх повністю.

Досвід російсько-української війни, локальних війн та збройних конфліктів сучасності свідчить, що основним змістом комплексного вогневого ураження противника є: ураження системи управління; ураження угруповань військ противника, важливих об'єктів тилу і комунікацій; ураження засобів високоточної зброї, у тому числі розвідувально-ударних (розвідувально-вогневих) систем противника; ураження засобів ППО, розвідки, РЕБ, тактичної і армійської авіації на аеродромах (майданчиках).

Вказані показники не дозволяють повною мірою оцінювати результативність дій різнорідних сил і засобів комплексного вогневого ураження в повітряній операції та врахувати його різноманітні аспекти. Усунення вказаних недоліків під час оцінювання ефективності того чи іншого способу комплексного вогневого ураження в повітряній операції можливе шляхом використання сукупності груп показників, які визначають різноманітні аспекти комплексного вогневого ураження, а саме [47; 48; 67]:

властивості, які визначають ефективність дій сил та засобів вогневого ураження в повітряній операції: математичне сподівання величини втрат, яке може бути завдане системі управління противника; математичне сподівання величини втрат, яке може бути завдане угрупованню військ противника; математичне сподівання величини втрат, яке може бути завдане системі ППО противника; математичне сподівання величини втрат, яке може бути завдане розвідувально-ударним (розвідувально-вогневим) системам противника; математичне сподівання величини втрат, які можуть бути завдані важливим державним об'єктам противника; математичне сподівання величини втрат об'єктів матеріально-технічного забезпечення;

ресурсні витрати на проведення комплексного вогневого ураження противника в повітряній операції: витрати на підготовку сил та засобів вогневого ураження до операції; витрати на проведення вогневого ураження в ході операції; витрати на відновлення боєздатності сил та засобів комплексного вогневого ураження;

показники, які сприяють виконанню завдань комплексного вогневого ураження противника в повітряній операції: ефективність функціонування системи управління силами та засобами комплексного

вогневого ураження; можливості щодо захисту сил та засобів комплексного вогневого ураження від ударів ракетних військ та авіації противника; можливості щодо маневру силами та засобами комплексного вогневого ураження в ході підготовки та ведення повітряної операції.

Вказані показники можуть визначатися з використанням як формальних методів, так і шляхом експертного опитування. Визначення запропонованих показників являє собою складне завдання, пов'язане з потребою врахування низки факторів: складу та можливості сил і засобів комплексного вогневого ураження; визначених завдань військам, які залучаються до нанесення ударів по військах та об'єктах противника; особливостей підготовки та застосування засобів вогневого ураження; обраної послідовності нанесення ударів (етапів дій) по військах та об'єктах противника; обраних варіантів взаємодії в ході виконання завдань комплексного вогневого ураження.

2.3. Розподіл сил та визначення послідовності завдання ракетно-авіаційних ударів у повітряній операції

Результати аналізу російсько-української війни, останніх воєнних конфліктів кінця XX – початку XXI ст. свідчать, що воєнні дії в цих конфліктах починалися шляхом проведення повітряної наступальної або повітряно-наземної операції із завданням по об'єктах і військах противника раптових масованих або вибіркового ракетно-авіаційних ударів (РАУ).

Замислом ПНО передбачалося поетапне вирішення таких завдань:
на першому етапі – придушення системи ППО, виведення з ладу основних військових об'єктів;

на другому етапі – знищення військових формувань та інших військових об'єктів до тактичного рівня;

на третьому етапі – завдання ураження основним воєнно-промисловим об'єктам, засобам зв'язку та комунікаціям, порушення системи державного і воєнного управління, придушення волі керівництва держави і народу до опору.

У випадку успішного вирішення вказаних завдань створювалися сприятливі умови переходу до наземної фази бойових дій.

Особливість воєнних конфліктів полягала в тому, що сторони, які їх розв'язували, уже на початок операцій мали значну перевагу в авіації і АЗУ. Так, ВПС Іраку, Югославії, Афганістану мали на озброєнні літаків менше в 2-8 разів.

У ПНО широко застосовувалися КР повітряного і морського базування. Крім цього, країни, що зазнали повітряного нападу, мали на озброєнні застарілі засоби ППО і не могли ефективно боротися із сучасними засобами повітряного нападу.

Таким чином, сторони, які починали воєнні конфлікти, уже на початок ПНО створювали (забезпечували) перевагу в повітрі. При цьому в ході операції кількісний склад авіації збільшувався більш ніж удвічі.

Може мати місце і воєнний конфлікт, у якому протидіючі сторони не будуть суттєво відрізнятися кількісним складом авіаційних угруповань.

В обох випадках сторона, що обороняється, може проводити повітряну операцію.

У першому випадку метою повітряної операції може бути *досягнення рівноваги*, у другому – *переваги в повітрі* [48].

Успіх проведення повітряної операції стороною, що обороняється, буде залежати від розподілу сил (УА і ППО) за завданнями, етапами, а також послідовності їх виконання відповідно до прогнозованих дій противника.

Завдання, етапи повітряної операції, розподіл наявних сил для їхнього виконання повинні визначатися під час планування операції.

Для обґрунтування розподілу сил у повітряній операції та послідовності завдання РАУ по військах і об'єктах противника необхідне створення відповідного математичного апарату. Застосування такого апарату під час планування повітряної операції обумовлює зв'язок завдання із практичними заходами органу військового управління (ОВУ).

Завдання розподілу сил у повітряній операції належить до завдань розподілу ресурсів, які можуть розв'язуватися з використанням різних методів.

Найбільш простим є *метод безпосереднього перебору варіантів* розподілу сил для виконання завдань повітряної операції [9; 46; 48].

Для розподілу однорідних сил або засобів по об'єктах або районах дій, наприклад, можуть використовуватися методи лінійного програмування; для розподілу неоднорідних сил або засобів – методи динамічного програмування, максимального елементу, двох функцій. Розподіл сил по об'єктах ураження в авіаційному ударі може здійснюватися з урахуванням їхньої важливості і з використанням ітераційних процедур.

Побудова системи ППО для прикриття об'єктів від авіаційних ударів також здійснюється з урахуванням їхньої важливості; для порівняння варіантів розподілу сил ППО по об'єктах (районах) прикриття можуть застосовуватися методи таксономії.

Перелічені підходи і методи можуть застосовуватися під час розподілу сил або засобів в одноразових епізодах бойових дій, тобто під час планування авіаційного удару по об'єктах або під час планування ППО об'єктів від авіаційного удару.

Водночас ефективність повітряної операції в цілому суттєво залежить від послідовності завдання авіаційних ударів і завдань, що виконуються в цих ударах. Тобто розподіл сил у повітряній операції необхідно здійснювати з урахуванням послідовності виконання завдань на окремих етапах для досягнення успіху в операції в цілому. При цьому розподіл сил у повітряній операції повинен забезпечити максимальну ефективність їхнього застосування.

Рациональність розподілу сил на окремих етапах операції повинна оцінюватися за її кінцевим результатом. Це обумовлює доцільність розроблення загальних методичних положень обґрунтування раціонального розподілу сил у повітряній операції та послідовності етапів її проведення з урахуванням поетапного виконання авіацією і силами ППО поставлених завдань.

Найімовірніше повітряна операція стороною, що обороняється, буде проводитися за умови застосування противником для досягнення мети воєнного конфлікту такої форми бойових дій, як ПНО.

Є очевидним, що в ході ПНО протидіючі сторони будуть обмінюватися РАУ по військах і об'єктах. Крім ПС у повітряній операції можуть брати участь війська ППО, ракетні війська і артилерія, АА СВ, авіація та засоби ППО ВМС, Сили спеціальних операцій (ССПО), Десантно-штурмові війська.

Обґрунтування розподілу сил та послідовності завдання РАУ в повітряній операції пропонується здійснювати шляхом порівняння прогнозованих варіантів дій угруповань протидіючих сторін. На кожний варіант дій противника призначається множина (декілька) варіантів дій своїх сил.

Прогнозований варіант дій кожної сторони повинен містити (рис. 2.2): послідовність завдання ударів (етапів дій) по військах і об'єктах; завдання сил, які залучаються до завдання і відбиття ударів з повітря кожною стороною на кожному етапі операції; склад сил, що залучається для завдання і відбиття ударів.

Послідовність ударів своїх сил призначається відповідно до прогнозованої послідовності ударів по об'єктах і військах (варіанта дій) сил противника. При цьому враховуються: втрати авіації під час завдання попередніх ударів, можливості щодо підготовки аеродромів і літаків до наступного удару, наявність АЗУ та інше.

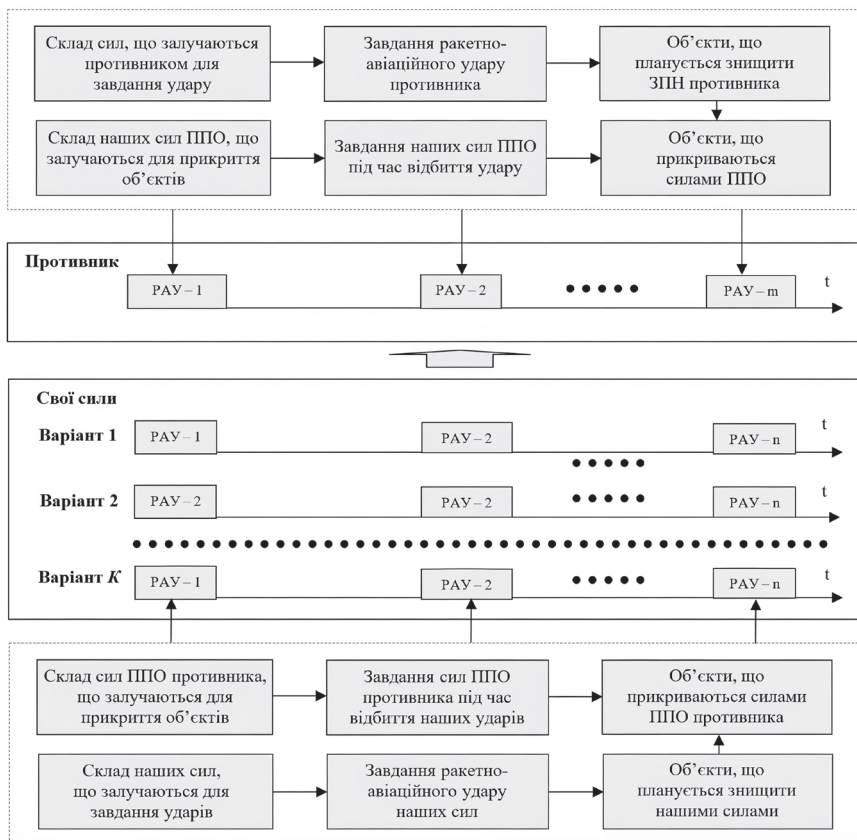


Рис. 2.2. Формування варіантів дій угруповань сил сторін

Прогнозування розподілу сил противника в ПНО і своїх сил у повітряній операції здійснюється на кожному етапі цих операцій під час визначення об'єктів ураження і об'єктів, що планується прикривати від ударів з повітря.

Для формування варіантів дій угруповань сил сторін переважно використовуються евристичні методи [15].

Для УА протидіючих сторін доцільно використовувати методику, що ґрунтується на врахуванні полігонних нарядів літаків для знищення або придушення військових об'єктів та об'єктів економіки і державного управління. Методика дозволяє прогнозувати втрати військ і об'єктів від авіаційних ударів.

Втрати авіації в повітрі під час завдання ударів можуть визначатися за допомогою аналітико-стохастичної моделі бойових дій ЗРВ, яка базується на моделюванні бойових дій еквівалентних ЗРК [9].

Модель також дозволяє визначати втрати ЗРК від ударів авіації.

Розподіл об'єктів ураження ракетних військ і артилерії (РВіА) і втрати об'єктів від їхніх ударів можуть визначатися з використанням методики, що ґрунтується на застосуванні методу двох функцій.

Використання наведених методик дозволяє оцінювати зміну співвідношення сил авіації протидіючих сторін за етапами повітряної операції:

$$S_{rik} = S_o \left(\frac{1 - M_{\text{emrik}}^{np. \text{ав.}}}{1 - M_{\text{emrik}}^{n \text{ ав.}}} \right), i = \overline{1, n}; k = \overline{1, K}; r = \overline{1, R}, \quad (2.16)$$

де S_{rik} – співвідношення сил авіації протидіючих сторін після i -го етапу (РАУ) для r -го варіанта дій противника і k -го варіанта завдання ударів по його військах і об'єктах (рис. 2.2);

S_o – співвідношення сил авіації протидіючих сторін на початок повітряної операції;

n – кількість етапів повітряної операції;

K – кількість варіантів завдання ударів по військах і об'єктах противника в повітряній операції;

$M_{\text{emrik}}^{np. \text{ав.}}$, $M_{\text{emrik}}^{n \text{ ав.}}$ – математичні сподівання величин відносних втрат сил авіації противника і своїх сил авіації після i -го етапу повітряної операції для r -го варіанта дій противника і k -го варіанта завдання ударів по його військах і об'єктах відповідно.

Таблиця 2.1

Співвідношення сил авіації протидіючих сторін на кінець повітряної операції

Варіанти дій противника	Варіанти дій своїх сил					
	1	2		k	...	K
1	S_{11}	S_{12}		S_{1k}		S_{1K}
2	S_{21}	S_{22}		S_{2k}		S_{2K}
....						
r	S_{r1}	S_{r2}		S_{rk}		S_{rK}
....						
R	S_{R1}	S_{R2}		S_{Rk}		S_{RK}

На кінець повітряної операції ($i = n$) співвідношення сил авіації протидіючих сторін [48]:

$$S_{rk} = S_o \left(\frac{1 - M_{emrnk}^{np. as}}{1 - M_{emrnk}^{n as.}} \right). \quad (2.17)$$

Отримані значення співвідношень $S_{rk} (r = \overline{1, R}; k = \overline{1, K})$ доцільно звести в табл. 2.1.

Перелічені методики дозволяють відповідно до завдань повітряної операції також оцінити математичні сподівання величин відносних втрат протидіючих сторін за операцією для будь-якого (обраного) варіанта дій противника і для всіх варіантів дій своїх сил, а саме:

своїх військ і противника – $M_{ko}^n, M_{ko}^{np} (k = \overline{1, K})$ відповідно;

своїх об'єктів державного управління та економіки і противника M_{ko}^n, M_{ko}^{np} – відповідно;

своїх засобів ППО, РВіА, АА і противника – $M_{kPPO}^n, M_{kPBiA}^n, M_{kAA}^n, M_{kPPO}^{np}, M_{kPBiA}^{np}, M_{kAA}^{np}$ відповідно.

Завдання обґрунтування розподілу сил і послідовності завдання РАУ по військах і об'єктах противника в повітряній операції взаємопов'язані.

Їхнє вирішення пропонується здійснювати у два етапи:

на першому етапі – визначити найбільш імовірні варіанти дій своїх сил і противника;

на другому етапі – для найбільш імовірного варіанта дій противника визначити раціональний варіант дій своїх сил за сукупністю показників, що наведені вище. Цьому варіанту дій буде відповідати раціональний розподіл своїх сил у повітряній операції.

Визначення варіантів дій противника і своїх сил здійснюється в умовах невизначеності обстановки. При цьому аналізуються дії антагоністичних сторін із протилежними інтересами, тобто за змістом розглядається строгий конфлікт. Противник намагається максимізувати ефективність бойових дій, водночас наші сили – її мінімізувати. За правилом віддзеркалювання, наші сили намагаються максимізувати ефективність, противник – її мінімізувати.

Варіанти дій сторін (табл. 2.1) можна вважати *стратегіями бойових дій*. Це дає змогу для визначення варіантів дій сторін застосовувати принципи теорії ігор. При цьому змінювання співвідношення сил авіації є виграшем для однієї сторони і програшем для іншої.

Спочатку з табл. 2.1 виключаються варіанти дій своїх сил, які не відповідають потрібному (заданому) співвідношенню сил авіації

протидіючих сторін на кінець повітряної операції. Потім здійснюється пошук «сідлової точки», якій відповідає пара мінімакських стратегій. Ці стратегії є розв'язанням гри в чистих стратегіях.

Якщо не вдається визначити «сідлову точку», для визначення варіантів дій (стратегій) із більшою ймовірністю їхнього застосування використовується метод змішаних стратегій. У цьому випадку для розв'язання гри доцільно використовувати метод ітерацій.

Таким чином, за допомогою теорії ігор визначається найбільш імовірний варіант дій противника r^* і варіант дій своїх сил k^* , яким відповідає співвідношення сил авіації $s_{r^*k^*}$.

У загальному вигляді ефективність бойових дій (E_k) і втрати ($M_{em,k}^n$) своїх сил і об'єктів при реалізації k -го варіанта повітряної операції:

$$\begin{aligned} E_k &= F(M_{ke}^{np}, M_{kd}^{np}, M_{k\text{ППО}}^{np}, M_{k\text{РВіА}}^{np}, M_{k\text{АА}}^{np}), \\ M_{em,k}^n &= F(M_{ke}^n, M_{kd}^n, M_{k\text{ППО}}^n, M_{k\text{РВіА}}^n, M_{k\text{АА}}^n). \end{aligned} \quad (2.18)$$

У цьому випадку математична постановка завдання може бути сформульована таким чином: необхідно вибрати такий варіант бойових дій своїх сил, який би забезпечував виконання поставлених завдань у повітряній операції з ефективністю не нижче від потрібної:

$$E_k \geq E_{номр}. \quad (2.19)$$

при мінімальних втратах своїх сил і об'єктів

$$M_{emk}^n \rightarrow \min. \quad (2.20)$$

Розв'язання такого завдання в постановці (2.19, 2.20) пов'язане з певними труднощами, які насамперед пов'язані з отриманням залежностей (2.18).

Тому остаточно раціональний варіант дій своїх сил доцільно визначати з використанням методу таксономії.

Таблиця 2.2

Показники ефективності проведення повітряної операції

Варіанти дій своїх	Показники ефективності										
1	M_{1e}^n	M_{1e}^{np}	M_{1d}^n	M_{1d}^{np}	$M_{1\text{ППО}}^n$	$M_{1\text{ППО}}^{np}$	$M_{1\text{РВіА}}^n$	$M_{1\text{РВіА}}^{np}$	$M_{1\text{АА}}^n$	$M_{1\text{АА}}^{np}$	S_1
2	M_{2e}^n	M_{2e}^{np}	M_{2d}^n	M_{2d}^{np}	$M_{2\text{ППО}}^n$	$M_{2\text{ППО}}^{np}$	$M_{2\text{РВіА}}^n$	$M_{2\text{РВіА}}^{np}$	$M_{2\text{АА}}^n$	$M_{2\text{АА}}^{np}$	S_2
.....											
k	M_{ke}^n	M_{ke}^{np}	M_{kd}^n	M_{kd}^{np}	$M_{k\text{ППО}}^n$	$M_{k\text{ППО}}^{np}$	$M_{k\text{РВіА}}^n$	$M_{k\text{РВіА}}^{np}$	$M_{k\text{АА}}^n$	$M_{k\text{АА}}^{np}$	S_k
.....											
K	M_{Ke}^n	M_{Ke}^{np}	M_{Kd}^n	M_{Kd}^{np}	$M_{K\text{ППО}}^n$	$M_{K\text{ППО}}^{np}$	$M_{K\text{РВіА}}^n$	$M_{K\text{РВіА}}^{np}$	$M_{K\text{АА}}^n$	$M_{K\text{АА}}^{np}$	S_K

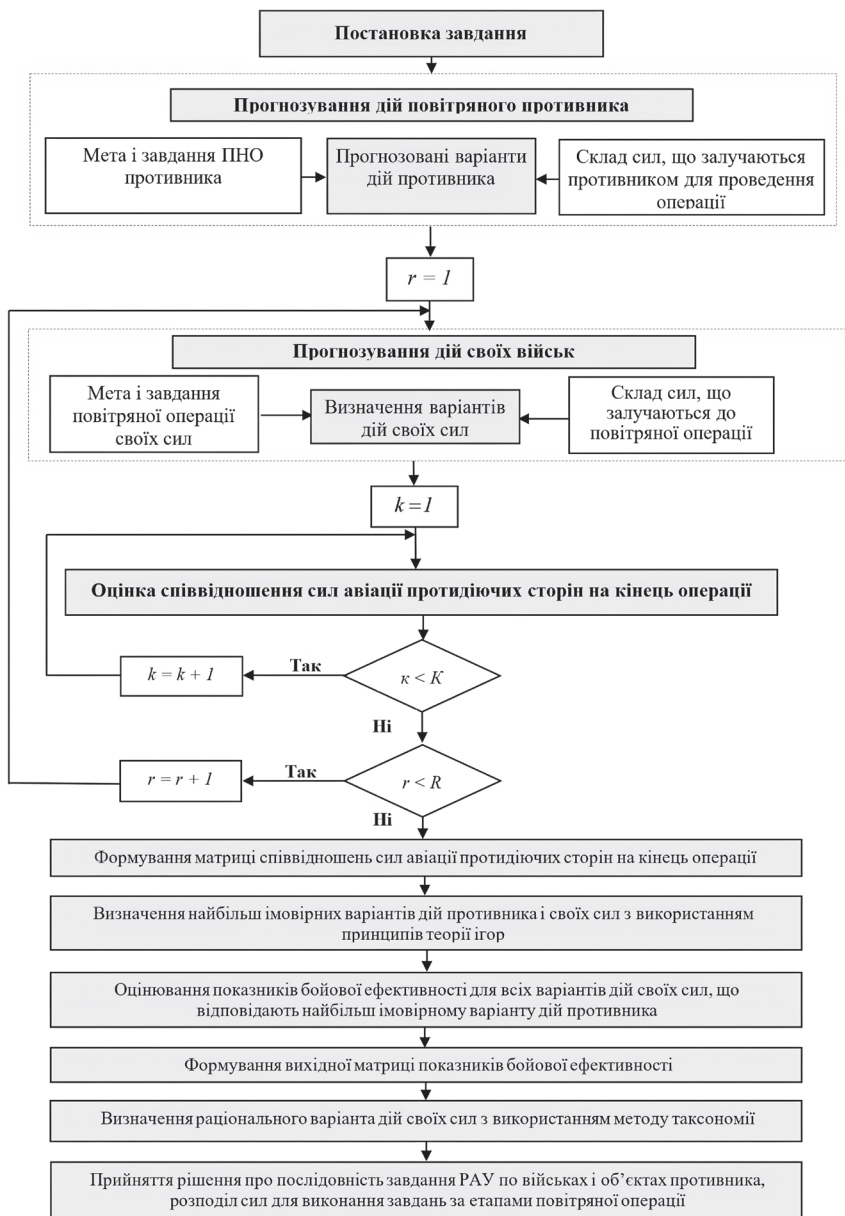


Рис. 2.3. Структурна схема методики обґрунтування розподілу сил та послідовності завдання РАУ в повітряній операції

Для цього показники, що характеризують ефективність проведення повітряної операції за умови застосування противником r^* -го варіанта дій, зводяться у вихідну матрицю (табл. 2.2).

Структурну схему методики обґрунтування розподілу сил та послідовності завдання РАУ в повітряній операції наведено на рис. 2.3.

2.4. Оборона населених пунктів від ударів балістичних ракет оперативно-тактичного і тактичного призначення

БР ОТП і ТП перебувають на озброєнні армій багатьох країн світу, багаторазово застосовувалися в минулих війнах і збройних конфліктах.

Раптовість застосування, потужні бойові частини, висока точність сучасних БР ураження об'єктів визначають їх як найбільш небезпечні та ефективні засоби збройної боротьби. БР також є найбільш складними цілями для засобів ППО, що обумовлюється високою швидкістю їх польоту, малою ефективною поверхнею розсіяння, слабкою уразливістю від бойових головок зенітних керованих ракет (ЗКР).

Аналіз минулих воєнних конфліктів і сучасної війни РФ проти України свідчить, що БР в основному застосовувалися для завдання ударів по найважливіших об'єктах державного і місцевого призначення, розташованих у достатньо великих населених пунктах [49].

Організація оборони населених пунктів засобами ППО від ударів БР потребує врахування розташування об'єктів на території населеного пункту, специфіки траєкторій польоту БР та прогнозування ефективності відбиття ударів БР ЗРК.

Ефективність ППО об'єктів і військ, зокрема оборони населених пунктів від ударів БР, залежить не лише від наявності сил і засобів, здатних уражати повітряні цілі, а і від організації їх застосування. Реалії російсько-української війни, характер застосування РФ БР потребують поглибленого дослідження питань боротьби з ними.

Економіка та інфраструктура будь-якої країни, зокрема України, містить значну кількість критично важливих для життєзабезпечення держави і населення об'єктів, які розташовані в населених пунктах. Руйнування таких об'єктів може призвести до неприйнятного збитку.

До таких об'єктів належать: органи державного і місцевого управління; військові установи; підприємства промисловості та паливно-енергетичного сектору економіки, зокрема підприємства оборонно-промислового комплексу держави; об'єкти життєзабезпечення населення;

комунікації на території населених пунктів і в районах, що примикають до них (залізничні вузли, мости, порти, аеродроми тощо); потенційно небезпечні об'єкти (греблі, гідроелектростанції, підприємства хімічних виробництв тощо), телецентри, радіотрансляційні центри.

Можна вважати, що під час завдання ударів ЗПН по населених пунктах для руйнування найбільш важливих об'єктів противник застосовуватиме БР, які є найбільш складними цілями для засобів ППО і потребують особливого підходу до організації оборони населених пунктів від їхніх ударів.

Просторові можливості ЗРК щодо захисту військ і об'єктів від ударів таких ЗПН, як літаки, КР, БЛА, вертольоти, прийнято характеризувати зоною прикриття, від ударів БР – зоною оборони.

Під зоною оборони розуміється ділянка розрахункових точок падіння тих БР, які ЗРК здатний своєчасно виявити і знищити в повітрі. Основними параметрами, що характеризують зону оборони, є: площа, яка відповідає ймовірності перехоплення БР; відстані до передньої і тильної межі зони оборони та величина кута, що обмежує зону в напрямку, з якого наноситься ракетний удар. Площа зони оборони являє собою косокутну проєкцію просторової зони ураження ЗРК на горизонтальну площину.

Конфігурація зони оборони показано на рис. 2.4.

Конфігурація зони оборони і відстані до передньої r_1 і тильної r_2 межі залежить від співвідношення кута нахилу траєкторії польоту БР $E_{БР}$ та кута місця $E_{ЗП}$ зони ураження ЗРК. Так, при $E_{БР} > E_{ЗП}$ відстань до тильної межі зони оборони становить r_2^* (рис. 2.4) [49].

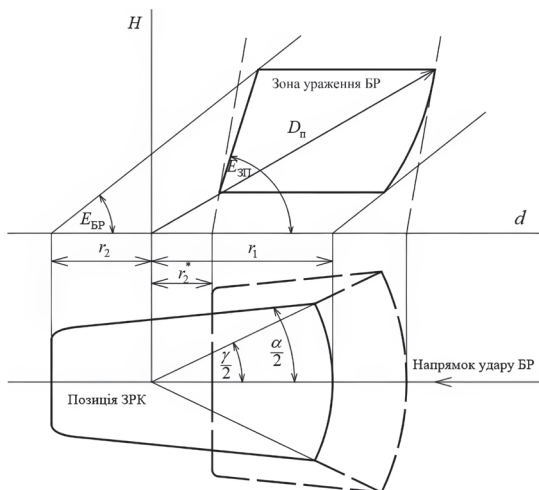


Рис. 2.4. Конфігурація зони оборони

Для траєкторії польоту БР, яким відповідає кут нахилу $E_{БР} \leq E_{ЗП}$, відстані r_1 і r_2 визначаються за формулами [49; 54]:

$$r_1 = \sqrt{D_{п}^2 - H_{в}^2} - \frac{H_{в} - H_{н}}{\operatorname{tg} E_{ЗП}} - \frac{H_{н}}{\operatorname{tg} E_{БР}}; \quad (2.21)$$

$$r_2 = \frac{H_{в}}{\operatorname{tg} E_{БР}} - \frac{H_{в} - H_{н}}{\operatorname{tg} E_{ЗП}} - d_6, \quad (2.22)$$

де $D_{п}$ – дальність перехоплення БР;

$H_{в}$ – верхня межа зони ураження ЗРК;

$H_{н}$ – нижня межа зони ураження ЗРК;

d_6 – горизонтальна дальність до ближньої межі зони ураження ЗРК на висоті $H_{н}$.

Відстані до тильної межі зони оборони r_2 можуть мати додатні та від’ємні значення.

Для додатних значень відстані r_2 площа зони оборони приблизно визначається за виразом [49]:

$$\begin{aligned} S = & 0,00873r_1^2\gamma + (r_1 \sin \frac{\gamma}{2} - r_1 \cos \frac{\gamma}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2})r_1 \cos \frac{\gamma}{2} + \\ & + 2r_2 \left[r_1 \sin \frac{\gamma}{2} - (r_2 + r_1 \cos \frac{\gamma}{2}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right] + r_2^2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (2.23) \\ & \gamma > \alpha, \quad r_1 \sin \frac{\gamma}{2} \geq (r_2 + r_1 \cos \frac{\gamma}{2}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \end{aligned}$$

де $\frac{\gamma}{2}$ – курсовий кут зони ураження ЗРК;

$\frac{\alpha}{2}$ – кут обмеження розташування розрахункових точок падіння БР, що перехоплюються ЗРК, відносно бісектриси зони ураження.

Величина кута $\frac{\alpha}{2}$, як і параметри зони ураження ЗРК, визначається шляхом моделювання стрільби ЗРК по БР і вважається відомою під час обчислення площі зони оборони.

При $E_{БР} > E_{ЗП}$ відстані до передньої r_1 і тильної r_2^* межі зони оборони визначаються за формулами:

$$r_1 = \sqrt{D_{п}^2 - H_{в}^2} - \frac{H_{в}}{\operatorname{tg} E_{БР}}; \quad (2.24)$$

$$r_2^* = d_6 - \frac{H_{н}}{\operatorname{tg} E_{БР}}. \quad (2.25)$$

У цьому випадку площа зони оборони [49]:

$$S = 0,00873r_1^2\gamma + \left[r_1 \sin \frac{\gamma}{2} - r_2^* \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} - (r_1 \cos \frac{\gamma}{2} - r_2^*) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right] \cdot (r_1 \cos \frac{\gamma}{2} - r_2^*) - r_2^{*2} \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}. \quad (2.26)$$

За формулою (2.26) також обчислюється площа зони оборони при $E_{\text{БР}} \leq E_{\text{ЗП}}$ для від'ємних значень відстані r_2 . При цьому враховуються додатні значення відстані r_2 .

Ураховуючи формули (2.21–2.25) для розрахунку відстані до передньої і тильної межі зони оборони, доцільно визначити залежність площі зони оборони від кута нахилу $E_{\text{БР}}$ траєкторії польоту БР.

У табл. 2.3 наведено результати розрахунку площі зони оборони ЗРК при змінюванні кута нахилу траєкторії польоту БР для таких вихідних даних: $D_{\text{н}} = 40$ км; $H_{\text{в}} = 20$ км; $H_{\text{н}} = 1$ км; $d_6 = 5$ км; $E_{\text{ЗП}} = 70^\circ$; $\alpha = 30^\circ$; $\gamma = 60^\circ$ та 90° .

Таблиця 2.3

Результати розрахунку площі зони оборони ЗРК

Кут нахилу траєкторії польоту, $E_{\text{БР}}$, град.	Відстань до меж зони оборони, км		Площа зони оборони ЗРК, км ²	
	r_1	$r_2(r_2^*)$	$\gamma = 60^\circ$	$\gamma = 90^\circ$
30	26,00	22,73	732	1252
40	26,54	11,92	664	1100
50	26,89	4,87	590	962
60	27,15	0,36*	562	837
70	27,37	4,63*	493	725
80	31,11	4,82*	624	954
90	34,64	5,00*	807	1196

Примітка *. Від'ємні значення відстані $r_2(r_2^*)$.

Для характеристик ЗРК, що прийняті під час розрахунків, мінімальній площі зони оборони відповідають кути нахилу траєкторії польоту БР $E_{\text{БР}} = 60^\circ - 70^\circ$. Площа зони оборони суттєво збільшується в разі зменшення і збільшенні кутів $E_{\text{БР}}$, що потрібно враховувати під час організації оборони населених пунктів від ударів БР.

З наведених у табл. 2.3 результатів розрахунків площі зони оборони випливає:

якщо удари БР очікуються з одного напрямку, то одним багатоканальним ЗРК можна забезпечити оборону достатньо великої площі, тобто значного населеного пункту;

якщо противник завдаватиме удари БР із декількох напрямків одночасно, то для оборони населеного пункту потрібно застосовувати 2-3 ЗРК.

Під час організації оборони населеного пункту позицію ЗРК потрібно обирати з урахуванням забезпечення покриття зоною оборони максимальної кількості найважливіших об'єктів, розташованих у населеному пункті.

Для оцінювання важливості (ранжирування) об'єкти поділяються на групи за призначенням: управлінські, промислові, життєзабезпечення населення, транспортної інфраструктури тощо. У цьому випадку сукупність об'єктів, по яких противник може завдавати удари БР, має ієрархічну структуру, для оцінювання їх важливості доцільно використати експертний метод ранжирування.

Ранжирування об'єктів здійснюється у два етапи. На першому етапі здійснюється ранжирування груп об'єктів за призначенням, на другому – об'єктів усередині груп. Під час ранжирування експерти враховують ступені впливу груп об'єктів на виконання оборонних завдань та ступені впливу функціонування об'єктів на виконання завдань групами об'єктів за призначенням.

Групі об'єктів (об'єкту всередині групи), яка найбільше впливає на виконання оборонних завдань, надається перший ранг, а групі об'єктів (об'єкту), яка є найменш впливовою, – останній ранг. Експерт має розташувати групи об'єктів або об'єкти всередині групи в порядку їхньої значущості та приписати кожній групі (кожному об'єкту) числа натурального ряду.

Коефіцієнти, які характеризують вплив груп об'єктів на виконання оборонних завдань, визначаються за формулою [15]:

$$C_{ik} = 1 - \frac{r_{ik} - 1}{m}, \quad i = \overline{1, m}; \quad k = 1, K, \quad (2.27)$$

де r_{ik} – ранг, що наданий k -м експертом i -й групі об'єктів;

K – кількість експертів;

m – кількість груп об'єктів.

Коефіцієнт важливості i -ї групи об'єктів, визначений k -м експертом:

$$b_{ik} = \frac{C_{ik}}{\sum_i C_{ik}}, \quad i = \overline{1, m}, \quad \sum_i b_{ik} = 1. \quad (2.28)$$

Остаточно коефіцієнти важливості груп об'єктів визначаються шляхом усереднення значень b_{ik} . Коли компетентність експертів однакова:

$$b_i = \frac{1}{K} \sum_k b_{ik}, \quad k = \overline{1, K}. \quad (2.29)$$

Коли компетентність k -го експерта оцінюється коефіцієнтом q_k , $\sum_k q_k = 1$, коефіцієнти важливості груп об'єктів

$$b_i = \sum_k q_k b_{ik}, \quad k = \overline{1, K}. \quad (2.30)$$

Вірогідність результатів експертного оцінювання перевіряється з використанням коефіцієнта конкордації.

Аналогічно визначаються коефіцієнти важливості об'єктів усередині груп, $j = \overline{1, n_i}$, де n_i – кількість об'єктів у складі i -ї групи.

За результатами експертного оцінювання коефіцієнт важливості j -го об'єкта i -ї групи визначається за формулою:

$$\omega_{ji} = d_{ji} b_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n_i}. \quad (2.31)$$

Експертами розглядається $N = \sum_i n_i$ об'єктів населеного пункту.

Усі об'єкти нумеруються за порядком номерів груп, кожному об'єкту надається номер l , якому відповідає коефіцієнт важливості ω_{jl} . Таким чином визначаються коефіцієнти важливості $\omega_j (j = \overline{1, N})$ всіх об'єктів населеного пункту.

Для обґрунтування рекомендацій щодо вибору позиції (позицій) ЗРК, визначення достатності сил для оборони населеного пункту потрібно оцінювати ефективність ПРО.

Послідовність оцінювання ефективності ПРО населеного пункту показано на рис. 2.5.

Під час організації оборони населеного пункту від ударів БР слід вважати, що противник намагатиметься насамперед знищити найважливіші об'єкти. Ураховуючи прогнозовану кількість БР в ударі та наряди БР для знищення об'єктів, можна визначити об'єкти, по яких найбільш імовірно завдаватимуться удари. З урахуванням важливості об'єктів і нарядів БР для їхнього знищення визначається $N_{\text{зн}} (\xi = \overline{1, N_{\text{зн}}})$ об'єктів шляхом застосування ітерацій до повного витрачання БР.

Запуск БР може здійснюватися по оптимальних, навісних та настільних траєкторіях, що впливає на кут нахилу $E_{\text{БР}}$ на кінцевій ділянці польоту БР. Прогнозування виду траєкторії БР з метою визначення кута

нахилу $E_{БР}$ здійснюється з урахуванням відстані між ракетними підрозділами противника і населеним пунктом.

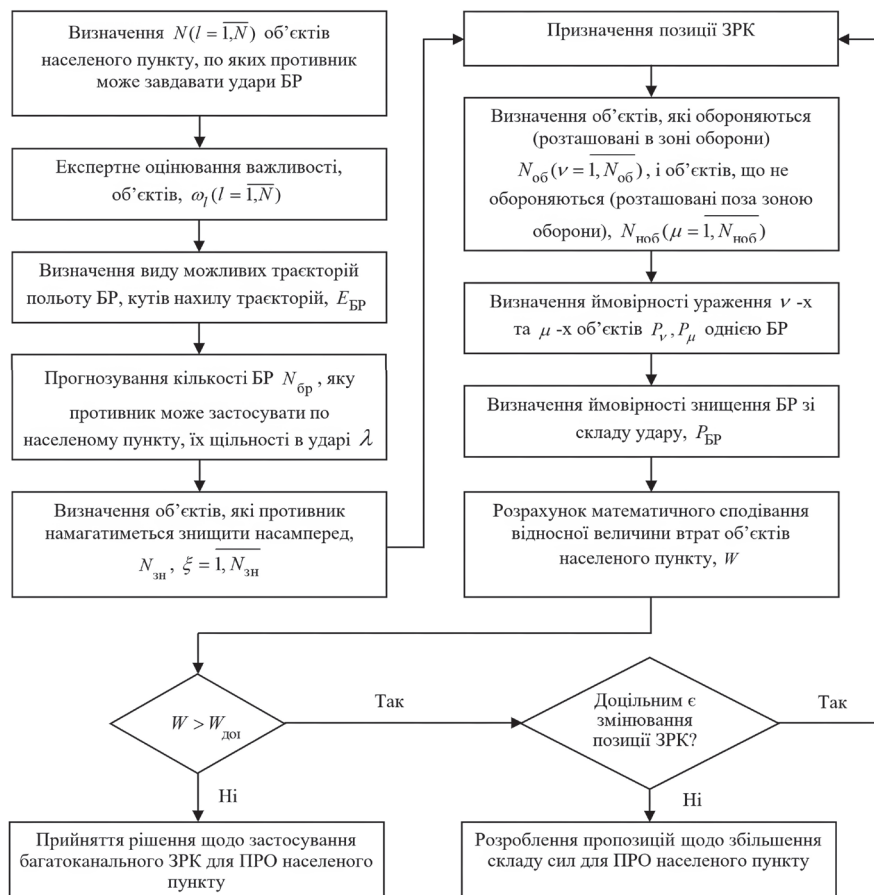


Рис. 2.5. Послідовність оцінювання ефективності ПРО населеного пункту

З використанням кута нахилу траєкторії з табл. 2.3 визначаються параметри, площа та конфігурація зони оборони ЗРК.

Позиція ЗРК визначається з урахуванням забезпечення накриття зоною оборони всіх або максимальної кількості об'єктів населеного пункту, по яких противник може завдати удари БР.

Відповідно до рис. 2.5 і табл. 2.3 при кутах нахилу траєкторії БР $E_{\text{БР}}$ до 50° позиція ЗРК розташовується всередині зони оборони, а при більших кутах нахилу – поза зоною оборони.

Найбільш загальним є випадок, коли не всі об'єкти розташовані в зоні оборони ЗРК. Тому визначаються об'єкти, які обороняються (розташовані в зоні оборони ЗРК) $N_{\text{об}} (\nu = \overline{1, N_{\text{об}}})$, і об'єкти, що розташовані поза зоною оборони (не обороняються) $N_{\text{ноб}} (\mu = \overline{1, N_{\text{ноб}}})$. При цьому

$$N_{\text{зн}} = N_{\text{об}} + N_{\text{ноб}}. \quad (2.32)$$

Коефіцієнти важливості ω_ν , ω_μ цих об'єктів відповідають коефіцієнтам важливості ω_l , які визначені з використанням методу ранжирування.

Під час визначення ймовірності ураження $P_\nu(P_\mu)$ ν -го або μ -го об'єкта однією БР, радіус якого не більше радіуса зони ураження БР, вважається, що зона ураження об'єкта має форму круга, при влученні БР у який забезпечується повне ураження об'єкта.

Оцінювання ймовірності ураження об'єкта однією БР зводиться до визначення влучення БР у круг, центр якого зазвичай сполучений з об'єктом, а радіус дорівнює радіусу зони ураження бойової частини БР R_ν .

У цьому випадку ймовірність ураження $P_\nu(P_\mu)$ об'єкта, радіус якого не більше радіуса $R_{\text{зв}}(R_{\text{з}\mu})$, визначається за формулою [49]:

$$P_\nu(P_\mu) = 1 - e^{-\left(- \frac{\rho^2 R_{\text{з}\nu}^2 (R_{\text{з}\mu})^2}{B_{\text{дп}} B_{\text{бп}}} \right)}, \quad (2.33)$$

де $B_{\text{дп}}$, $B_{\text{бп}}$ – приведені серединні відхилення точок падіння БР по дальності та бічному напрямку відповідно;

$$\rho = 0,4769.$$

Для визначення ймовірності ураження площинного об'єкта використовується залежність [49]:

$$P_\nu(P_\mu) = 1 - e^{-\left(- \frac{\rho^2 R_{\text{з}\nu}^2 (R_{\text{з}\mu})^2}{B_{\text{п}}^2 + 0,11 R_{\text{об}\nu}^2 (R_{\text{об}\mu}^2)} \right)}, \quad (2.34)$$

$$\text{де } B_{\text{п}} = 0,5(B_{\text{дп}} + B_{\text{бп}});$$

$R_{\text{об}\nu}(R_{\text{об}\mu})$ – радіус площинного об'єкта, прийнятий за круговий.

Для визначення ймовірності ураження БР ЗРК використовується залежність [49; 54]:

$$P_{\text{БР}} = P_{\text{н}} P_{\text{в}} P_{\text{обст}} \left[1 - (1 - P_{\text{нав}} R_{\text{БГ}})^{n_{\text{ЗКР}}} \right], \quad (2.35)$$

де $P_{\text{н}}$ – ймовірність безвідмовного функціонування всіх елементів ЗРК;

$P_{\text{в}}$ – ймовірність виявлення БР;

$P_{\text{обст}}$ – ймовірність обстрілу БР;

$P_{\text{нав}}$ – ймовірність успішного наведення ЗКР на БР;

$R_{\text{БГ}}$ – умовна ймовірність ураження БР бойовою головою ЗКР;

$n_{\text{ЗКР}}$ – кількість ЗКР, що призначаються для ураження БР.

Ймовірності $P_{\text{н}}$, $P_{\text{нав}}$ близькі до одиниці.

Ураховуючи призначення ЗРК для ураження таких цілей як БР, за умови своєчасного приведення його в бойову готовність, ймовірність виявлення БР також є високою (знаходиться в межах 0,9 – 1,0).

В умовах стрільби ЗРК по БР час перебування цілей у зоні обстрілу порівняний із часом, який потрібен для їх обстрілу. Цільовим каналом ЗРК можна обстріляти тільки одну БР, що одночасно входить у зону пуску комплексу. У цьому випадку ймовірність обстрілу БР може бути визначена з використанням формули Ерланга [9]:

$$P_{\text{обст}} = 1 - \frac{\frac{\alpha^{n_{\text{цк}}}}{n_{\text{цк}}!}}{\sum_{k=1}^{n_{\text{цк}}} \frac{\alpha^k}{k!}}, \quad (2.36)$$

де $n_{\text{цк}}$ – кількість цільових каналів ЗРК;

$\alpha = \lambda T_{\text{обст}}$ – допоміжний параметр;

λ – щільність БР в ударі;

$T_{\text{обст}}$ – середній час обстрілу БР.

Залежності ймовірності обстрілу БР багатоканальним ЗРК від їхньої щільності в ударі наведено на рис. 2.6.

Ймовірність обстрілу БР суттєво залежить (особливо для чотириканального ЗРК) від їхньої щільності в ударі. Для шестиканального ЗРК суттєве зниження ймовірності обстрілу БР відбувається при щільності БР в ударі більше 4-5 БР/хв.

Складова залежності (2.35) – ймовірність ураження БР бойовою головою визначається досвідно-теоретичним методом і підтверджується під час полігонних випробувань ЗРК.

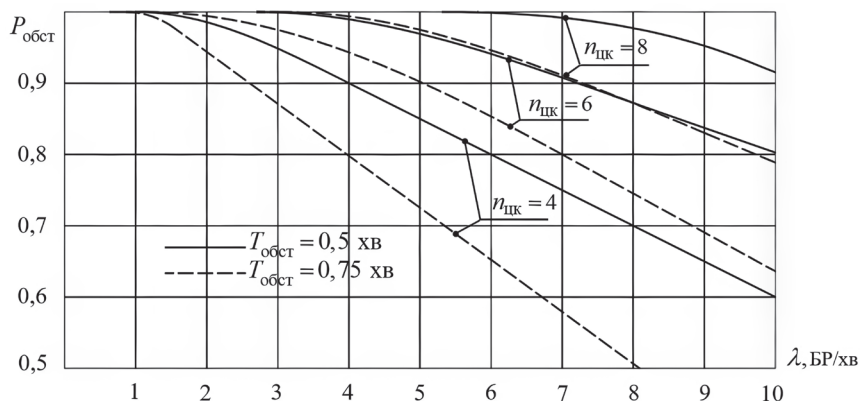


Рис. 2.6. Залежності ймовірності обстрілу БР від їхньої щільності в ударі

Ймовірність $R_{\text{БГ}}$ для осколково-фугасної бойової головки ЗРК дорівнює 0,5-0,6, при кінетичному ураженні БР (пряме влучання) – приблизно одиниці.

За показник ефективності відбиття удару БР прийняте математичне сподівання відносної величини втрат об'єктів населеного пункту, по яких противник здатний завдати удари.

Математичне сподівання відносної величини втрат об'єктів населеного пункту визначається за формулою [49]:

$$W = \frac{\sum_v \omega_v \left[1 - (1 - P_v)^{n_v(1 - P_{\text{БР}})} \right] + \sum_\mu \omega_\mu \left[1 - (1 - P_\mu)^{n_\mu} \right]}{\sum_v \omega_v + \sum_\mu \omega_\mu}; \quad v = \overline{1, N_{\text{об}}}; \quad \mu = \overline{1, N_{\text{ноб}}}, \quad (2.37)$$

де n_v, n_μ – наряди БР для знищення v -го та μ -го об'єкта відповідно.

Відповідно до послідовності оцінювання ефективності ПРО населеного пункту (рис. 2.5) при математичному сподіванні відносної величини втрат об'єктів більш допустимих $W > W_{\text{доп}}$ з метою їхнього зменшення можливе змінювання позиції ЗРК. Коли це не дає змоги зменшити втрати до допустимих, потрібно розробити пропозиції щодо збільшення складу ЗРК для оборони населеного пункту.

Послідовність оцінювання ефективності ПРО населеного пункту на рис. 2.5 передбачає застосування одного багатоканального ЗРК. У разі застосування для оборони населеного пункту декількох ЗРК загальний порядок не змінюється.

Проте об'єкти, що обороняються $N_{об}$ і не обороняються $N_{ноб}$, визначаються з урахуванням зон оборони цих ЗРК. Під час визначення ймовірності обстрілу БР враховується загальна кількість цільових каналів ЗРК.

За результатами проведеного дослідження можна навести рекомендації щодо організації оборони населених пунктів від ударів БР, що полягають у такому:

1. Оборона населеного пункту від ударів БР організовується з урахуванням важливості (значущості) об'єктів для виконання оборонних завдань держави і життєзабезпечення населення. Важливість об'єктів населеного пункту визначається заздалегідь із використанням експертного методу ранжирування.

2. Під час прогнозування дій противника визначається: напрямок удару, кількість БР та їхня щільність в ударі, вид траєкторії польоту БР, кут нахилу траєкторії на кінцевій ділянці польоту. Прогнозування дій противника здійснюється на підставі врахування кількості ракетних підрозділів противника, які можуть діяти по населеному пункту, їх відстаней від населеного пункту.

3. Відповідно до зони ураження ЗРК, що застосовується, з урахуванням прогнозованого кута нахилу траєкторії польоту БР визначаються параметри і конфігурація зони оборони від ударів БР. Для різних кутів нахилу траєкторії польоту БР параметри і площа зони оборони визначаються заздалегідь (табл. 2.3).

4. Ураховуючи наряди БР для знищення об'єктів, з використанням методу ітерацій визначаються найбільш важливі об'єкти населеного пункту, по яких противник здатний завдати удари.

5. Вибір позиції (позицій) ЗРК здійснюється з урахуванням забезпечення накриття зоною (зонами) оборони ЗРК найбільшої кількості об'єктів, по яких противник здатний завдати удари, насамперед найбільш важливих. Визначаються допустимі втрати об'єктів від ударів БР.

6. Відповідно до розробленої послідовності оцінювання ефективності ПРО населеного пункту (рис. 2.5) визначається математичне сподівання відносної величини втрат об'єктів. За результатами оцінювання ефективності приймається рішення щодо необхідності змінювання позиції (позицій) ЗРК, застосування для оборони населеного пункту одного або декількох ЗРК.

Оцінювання ефективності оборони населеного пункту від удару БР розглянуто на прикладі.

Розглядається населений пункт, на території якого розміщується 15 об'єктів, по яких противник може завдати удари БР. По населеному

пункту противник може застосувати до 10 БР, щільність яких в ударі може бути від 2 до 10 БР/хв. Траєкторії польоту БР близькі до оптимальних, кут нахилу траєкторії на кінцевій ділянці траєкторії становить 40° – 50° . Приведені серединні відхилення точок падіння БР $B_{\text{дп}} = B_{\text{бп}} = 20$ м.

Для оборони населеного пункту застосовується один шестиканальний ЗРК, параметри зони ураження якого становлять: $D_{\text{п}} = 40$ км, $H_{\text{в}} = 20$ км, $H_{\text{н}} = 1$ км, $d_6 = 5$ км, $E_{\text{зп}} = 70^\circ$, $\gamma = 60^\circ$. Кут обмеження розташування точок падіння БР $\alpha = 30^\circ$. Середній час обстрілу БР $T_{\text{обст}} = 0,75$ хв. Імовірність виявлення БР $P_{\text{в}} = 0,95$, умовна ймовірність ураження БР $R_{\text{БГ}} = 0,6$, $n_{\text{ЗКР}} = 2$.

Характеристика об'єктів населеного пункту та результати розрахунку ймовірностей ураження однією БР об'єктів, по яких противник здатний завдати удари, наведено в табл. 2.4.

Коефіцієнти важливості об'єктів, наведені у табл. 2.4, визначені з використанням експертного методу ранжирування.

За кількістю БР та нарядів для знищення найбільш важливих об'єктів з використанням ітерацій визначено сім об'єктів ($N_{\text{зн}} = 7$), по яких противник здатний завдати удари. До таких об'єктів відносяться об'єкти з номерами $l : 2, 5, 8, 10, 11, 12, 14$ (див. табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Характеристика об'єктів, імовірність їх ураження однією БР

Характеристика об'єктів, імовірність ураження об'єктів однією БР	Об'єкти населеного пункту, $l = \overline{1, N}$														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Коефіцієнт важливості, ω_l	0,025	0,100	0,035	0,044	0,091	0,017	0,028	0,120	0,051	0,082	0,071	0,153	0,022	0,128	0,033
Радіус об'єкта, $R_{\text{об}}, \text{м}$	300	70	60	200	50	100	45	30	35	50	85	80	120	40	90
Наряд БР, n_l	12	2	2	6	1	3	1	1	1	1	2	2	3	1	2
Об'єкти ураження		+			+			+		+	+	+		+	
Радіус зони ураження БР, $R_{\text{з}}, \text{м}$		42			50			40		50	55	38		45	
Імовірність ураження об'єкта однією БР		0,35			0,76			0,60		0,76	0,44	0,26		0,69	
Об'єкти, що розташовані в зоні оборони					+			+		+		+		+	

За параметрами зони ураження ЗРК з урахуванням кута нахилу траєкторії БР визначені параметри, площа і конфігурація зони оборони. З табл. 2.3 площа зони оборони становить 590–664 км², відстань до передньої межі зони оборони – 26,5–26,9 км, до тильної межі – 4,9–11,9 км.

Ураховуючи очікуваний напрямок удару БР, розміщення об'єктів на території населеного пункту, а також параметри і площу зони оборони, призначено позицію ЗРК, яка розташована всередині зони оборони. Визначено, що в зоні оборони розташовується п'ять об'єктів ($N_{об} = 5$) з номерами $l : 5, 8, 10, 12, 14$, поза зоною оборони – два об'єкти ($N_{ноб} = 2$) з номерами $l : 2, 11$.

За формулами (2.33), (2.34) розраховані ймовірності (див. табл. 2.4) ураження $N_{об}$, $N_{ноб}$ об'єктів однією БР. Індeksi ν , μ визначені за порядком номерів l об'єктів у табл. 2.4 і відповідають об'єктам, які розташовані в зоні та поза зоною оборони ($\nu = \overline{1, N_{об}}$; $\mu = \overline{1, N_{ноб}}$).

Для розрахунку ймовірності ураження БР $P_{БР}$ використана залежність (2.35). Імовірність обстрілу БР $P_{обст}$ визначається з використанням графіків на рис. 2.6. Розрахунок математичного сподівання відносної величини втрат об'єктів населеного пункту здійснюється за формулою (2.37). Результати розрахунку наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Математичні сподівання відносної величини втрат населеного пункту

Щільність БР в ударі λ , БР/хв	Показники		
	Імовірність обстрілу БР, $P_{обст}$	Імовірність ураження БР, $P_{БР}$	Математичне сподівання відносної величини втрат об'єктів, W
2	1,00	0,80	0,29
4	0,95	0,76	0,31
6	0,85	0,68	0,35
8	0,74	0,59	0,40
10	0,63	0,50	0,45

Значні відносні втрати об'єктів (близько 30 %) у разі щільності до 4 БР/хв обумовлені наявністю поза зоною оборони ЗРК двох об'єктів, по яких противник завдає удар.

У разі щільності 6 і більше БР/хв відносні втрати суттєво збільшуються і в разі щільності 10 БР/хв становлять 45 %. Це обумовлює необхідність застосування в умовах прикладу, що розглядається, для оборони населеного пункту двох ЗРК. У цьому випадку може бути забезпечено накриття зонами оборони ЗРК усіх найважливіших об'єктів населеного пункту.

РОЗДІЛ 3

ЗАВОЮВАННЯ ПЕРЕВАГИ (ПАНУВАННЯ) В ПОВІТРІ В ОПЕРАЦІЯХ (БОЙОВИХ ДІЯХ)

3.1. Трансформація поглядів на завоювання переваги (панування) в повітрі

Будь-які форми застосування СО, ЗС, угруповань військ (сил) передбачають створення необхідних умов для досягнення успіху. Однією з необхідних вимог до проведення наступальних, оборонних (спеціальних) операцій (дій) як на суші, так і на морі є завоювання переваги (панування) в повітрі у визначеній смузі чи районі. Створення умов для досягнення переваги (панування) в повітрі вимагає проведення необхідного комплексу заходів, серед яких [2; 24; 62; 64]:

щодо своїх військ – нарощування системи виявлення та оповіщення про загрози в повітряному (морському) просторі України; посилення системи зенітного ракетного прикриття, РЕБ на визначеній ділянці (смузі); завчасні (своєчасні) дії ВА (у т. ч. з положення чергування в повітрі);

щодо противника – знищення (пошкодження, виснаження, зниження ефективності) елементів систем виявлення та оповіщення про повітряний напад, зенітного ракетного прикриття, РЕБ, зв'язку, знищення (пошкодження) літаків (вертольотів) у повітрі та на аеродромах (майданчиках) базування, знищення (пошкодження) позицій військ, пунктів управління та логістичних об'єктів.

Сучасний стан ЗС України дозволяє утримувати контроль над повітряним простором у межах підконтрольної території України, застосовуючи стратегію заборони домінування противника в повітрі (air denial), і здійснювати протиповітряне прикриття важливих державних і військових об'єктів у взаємодії з іншими складовими СО України. Завдяки допомозі держав-партнерів бойова авіація України певною мірою компенсувала втрати ОВТ перших місяців широкомасштабної війни, а головне – набула спроможностей періодично завдавати удари по наземних і надводних об'єктах противника (позиціях підрозділів ППО, РЕБ, логістики, пунктах управління, аеродромах (майданчиках) базування авіації, пунктах базування ВМС противника) в оперативній глибині (до

200 км), а по деяких об'єктах із використанням БПЛА і на більших відстанях. Проте проведення наступальних (контрнаступальних) операцій ЗС України здійснюється за мінімальної підтримки своєї авіації через значну перевагу противника в кількості бойових літаків і вертольотів та ППО і РЕБ.

Таким чином, необхідно знайти варіанти розв'язання проблеми завоювання переваги (панування) в повітрі за рахунок як традиційних, так і асиметричних дій із застосування ССПО, руху опору та інших підрозділів СО, здатних діяти глибоко в тилу противника. Для цього доцільно провести аналіз досвіду військових конфліктів сучасності, існуючих підходів НАТО і досвіду СО з відбиття широкомасштабного вторгнення росії в Україну (2022–2023).

Результати проведеного аналізу публікацій і наукових досліджень щодо ведення операцій із завоювання переваги (панування) в повітрі, у тому числі арабо-ізраїльських війн та інших конфліктів на Близькому Сході, війн у В'єтнамі та Югославії, Вірмено-Азербайджанського конфлікту, сучасної російсько-української війни, свідчать, що в них приділяється увага тільки окремим аспектам завоювання переваги (панування) в повітрі [26; 79-89]. Здебільшого в публікаціях досягнення переваги (панування) в повітрі розглядається з точки зору застосування повітряних сил та сил і засобів ППО. Комплексний підхід щодо аналізу аспектів прямих і непрямих (асиметричних) дій розглядався частково, без акцентування уваги на інші складові досягнення успіху. Тому актуальним є висвітлення в історичній ретроспективі трансформації концептуальних підходів до завоювання переваги (панування) в повітрі в контексті комплексного підходу.

Важливість контролю над повітряним простором зазначена в керівних документах багатьох ЗС. Зокрема, у Стандарті НАТО «Союзна спільна доктрина щодо повітряно-космічних операцій» визначено два рівні контролю повітряного простору: перевага в повітрі (air superiority) і панування в повітрі (air supremacy). Варто зауважити, що контроль над повітряним простором не є самоціллю, а радше – засобом для досягнення важливих оперативних і стратегічних цілей, оскільки кожен рівень контролю надає спроможності проектувати військову силу на конкретних напрямках. Безпосередня повітряна підтримка своїх військ, блокування повітряного простору для противника і націлені на це протиповітряні операції є необхідними умовами забезпечення успіху масштабних наземних зіткнень із противником. Відтак перевага (як мінімум – паритет) у повітрі на напрямку операції забезпечує успіх цієї операції в цілому.

В НАТО прийнято такі визначення рівнів контролю над повітряним простором:

перевага в повітрі – такий рівень домінування над противником у повітряній битві, який дозволяє проводити наземні, морські й повітряні операції у визначений час і на визначених напрямках без відчутного втручання противника;

панування в повітрі – такий рівень повітряної переваги, на якому повітряні сили противника неспроможні діяти ефективно.

Аналогічний підхід використаний і в керівних документах ЗС України [*Основи ведення операцій військ (сил) Збройних Сил України, 17.09.18*], де подано такі визначення:

перевага в повітрі – утворене рішучими діями військових частин (підрозділів) усіх видів, окремих родів військ (сил) ЗС України, у першу чергу авіації та ЗРВ ПС ЗС України, співвідношення сил у повітряному просторі, за якого своя авіація має ініціативу та здатна її утримувати протягом певного часу, противник позбавлений можливості активно діяти з повітря по військах (силах) ЗС України, а війська (сили) мають можливість виконувати визначені завдання, не зустрічаючи з боку авіації противника ефективної протидії;

панування в повітрі – утворене рішучими діями військових частин (підрозділів) усіх видів, окремих родів військ (сил) ЗС України, насамперед авіації та ЗРВ ПС ЗС України, таке співвідношення сил у повітряному просторі, за якого своя авіація здатна успішно виконувати поставлені бойові завдання, не зустрічаючи з боку засобів повітряного нападу противника і його системи ППО ефективної протидії.

Наведені визначення демонструють, що перевага (панування) в повітрі досягається спільними зусиллями всіх видів та родів військ (сил) ЗС України, хоча вирішальна роль у цьому відводиться саме ПС (рис. 3.1). Але по своїй суті *досягнення переваги (панування) в повітрі* можна сформулювати як *сукупність узгоджених і взаємопов'язаних за метою, завданнями, просторовими показниками і часом дій (заходів) усіх складових СО, які здійснюються з метою встановлення необхідного рівня контролю (панування або перевага) в повітрі на певний період часу.*

Відповідно до стандартів НАТО, необхідний рівень контролю повітряного простору встановлюється в результаті протиповітряних операцій. Це дозволяє забезпечити більшу свободу дій взаємодіючих військ (сил), зберегти їхні спроможності щодо виявлення та знищення ЗПН.

Протиповітряні операції включають дії практично всіх складових угруповання військ (сил) для отримання і збереження контролю

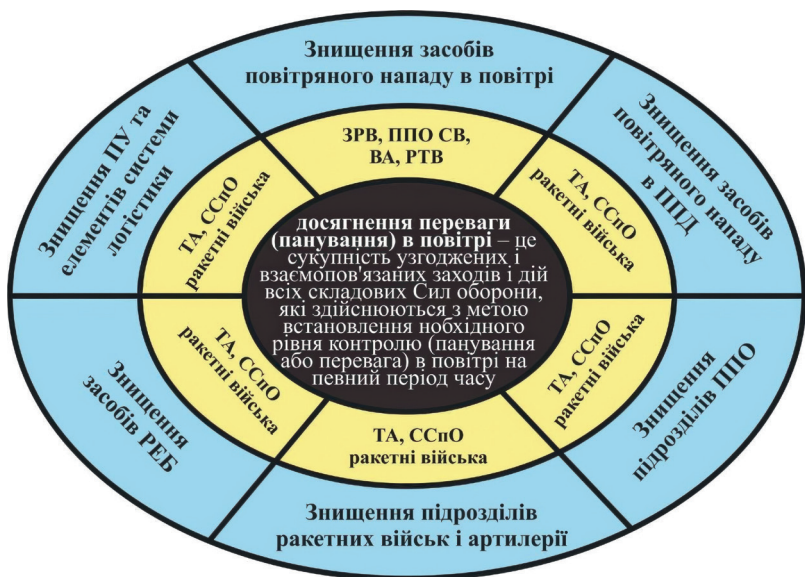


Рис. 3.1. Досягнення переваги (панування) в повітрі

над повітряним простором. За класифікацією протиповітряні операції бувають наступальними та оборонними. Обидві здійснюються з метою знищення (зниження) спроможностей противника застосовувати повітряні сили і ЗПН (літаки, вертольоти, крилаті (балістичні) ракети, БпАК тощо), але в інтересах або оборонної, або наступальної операції СО. За ідеальних умов більшість повітряних операцій має бути направлена на знищення ворожої авіації та ЗПН, їхньої підтримуючої інфраструктури (аеродромів, складів пального, пускових платформ тощо) ще до їх запуску, на землі, а в разі неможливості – максимально близько до місця запуску.

Слід зазначити, що під час планування операції (дій) із завоювання переваги (панування в повітрі) невід'ємною його частиною є аналіз складу сил і засобів повітряних сил противника, ППО, РЕБ, системи управління, радіолокаційного виявлення і оповіщення та інших важливих аспектів.

Так, аналіз російських повітряно-космічних сил свідчить, що, окрім чисельності, *бойова авіація і ППО противника* є більш сучасними і переважають українські за тактико-технічними характеристиками [24]. Зокрема, російські літаки Су-35 і Су-30 мають на озброєнні ракети

Р-37, Р-77 і бортові РЛС Н035 «Ирбис» та Н011 «Барс», що дозволяють виявляти повітряні цілі й наносити їм ураження на відстані від 140 до 180 км. Російські зенітно-ракетні системи С-300 і С-400 отримують цілевказання від ЛС 48Я6-К1 «Подлет», що здатна виявляти повітряні цілі на низьких висотах – відомі випадки збиття повітряних цілей російськими ЗРК на висоті 15-20 м і на відстані майже 150 км. Крім того, для виявлення повітряних цілей і наведення на них ЗРК росіяни використовують літак ДЛРВ А-50, який здатен працювати у взаємодії з наземною ППО (С-400), збільшуючи радіус ураження її ЗРК до 250 км.

Важливим є те, що росія є розробником і виробником власної бойової авіації. Так, протягом 2008–2022 рр. російський ОПК в середньому випускав 40 бойових літаків щорічно. За 2023 р. російські ПКС отримали від 6 літаків Су-34, 12 літаків Су-35 і планують до кінця року отримати декілька одиниць новітніх Су-57. Наразі росіяни вживають заходів щодо нарощування виробництва нових зразків ОВТ для поповнення парку техніки авіації й ППО.

Отже, суттєва чисельна і технічна перевага авіації та ППО противника над ПС ЗС України наразі не дозволяють нам проводити повноцінні ПНО для завоювання переваги (панування) в повітрі. Спроби застосовувати нашу тактичну авіацію в безпосередній близькості до лінії фронту або в тактичній (оперативній) глибині обернуться високими втратами ОВТ і льотного складу, які Україна, на відміну від нашого ворога, не спроможна швидко компенсувати. Водночас перевага противника в авіації і засобах ураження з повітря, можливість проведення цілодобової повітряної розвідки стримують наші сухопутні угруповання від зосередження військ, обмежують можливості маневру, значно ускладнюючи ведення наступальних операцій.

Водночас за понад двадцять місяців широкомасштабної війни російська оперативно-тактична, АА і війська ППО понесли значні втрати в особовому складі й ОВТ. За даними Генерального штабу ЗС України, станом на 10.12.2023 р. ворог втратив 605 засобів ППО, 324 літаки, 324 вертольоти. Однак навіть з урахуванням суттєвих втрат противник продовжує зберігати багатократну чисельну перевагу в силах і засобах авіації та ППО над ЗС України завдяки накопиченим до війни резервам і спроможностям російського ОПК, здатного забезпечувати обслуговування, ремонт, модернізацію і випуск нових зразків ОВТ навіть в умовах міжнародних санкцій.

Слід зазначити, що допомога держав-партнерів дозволила авіації ПС ЗС України набути спроможностей щодо завдання ударів по

об'єктах противника в оперативній глибині [24]. Зокрема, ідеться про такі засоби ураження, як протирадіолокаційні ракети AGM-88 HARM, ракети-приманки ADM160 MALD, авіаційні ракети класу «повітря-земля» Storm Shadow і SCALP-EG. Комбіноване застосування цих засобів, разом із застосуванням різноманітних ракетних систем (типу M142 HIMARS та НЕПТУН тощо), наразі дозволяє, після ретельної розвідки, наносити ефективні, але поодинокі удари по аеродромах, позиціях ППО, базах зберігання, штабах, місцях скупчення ОВТ противника.

Однак задля забезпечення успіху наступальної операції і завоювання переваги (панування) у повітрі необхідно масштабувати застосування вказаних засобів ураження, що, у свою чергу, вимагає нарощування їх постачання і збільшення кількості платформ (літаків). Поточна обстановка вимагає проведення таких повітряних операцій, у ході яких тактична авіація ПС ЗС України завдавала б високоточних ударів по десятках об'єктів у тилу противника водночас. Ці вимоги потребують наявності відповідних спроможностей Повітряних Сил. Для забезпечення створення таких спроможностей проводиться робота щодо отримання літаків F-16, підготовки пілотів та інфраструктури для їхнього базування.

Водночас нівелювання переваги противника в повітрі на пряму проведення наступальної операції вимагає застосування таких зразків ОВТ, які дозволять провести приховане зосередження військ (сил) наземного угруповання і здійснювати надійне протиповітряне прикриття цього угруповання засобами військової ППО і РЕБ. Головною умовою вбачається необхідність заборонити авіації противника виконувати завдання в радіусі 150-200 км від району проведення наступальної операції. Останнє вимагає наявності в ПС ЗС України засобів ураження, ППО, РЕР, РЕБ і авіації, які б за своїми тактико-технічними характеристиками перевершували б наявні російські зразки.

Таким чином, операція із завоювання переваги (панування) в повітрі, яка є необхідною умовою забезпечення успіху наступальної (оборонної) операції наземних угруповань військ (сил), наразі не може проводитися виключно силами і засобами ПС ЗС України, а повинна мати міжвидомчий та міжвидовий характер, зокрема із залученням частин і з'єднань СВ, ДШВ, ССО ЗС України, проведення спеціальних операцій, асиметричних дій, застосування нестандартних тактичних рішень і прийомів тощо.

Історія війн та військових конфліктів містить достатньо прикладів операцій і воєнних дій, які дозволяли стороні з меншим військовим потенціалом здобувати перемогу над противником за рахунок неочікуваної

тактики та нових прийомів. Розглянемо декілька таких історичних прикладів [24; 68-76].

Завоювання переваги (панування) у повітрі в умовах чисельної переваги противника на першому етапі військового протистояння здатне визначити долю конфлікту та забезпечити реалізацію стратегічного замислу ведення наступальної операції. Особливо важливим результатом завоювання панування в повітрі є забезпечення повної свободи дій власної бойової авіації на театрі війни, що досягається знищенням ВА, пунктів управління авіацією і ППО, засобів ППО та РЕБ противника.

Як свідчить воєнна історія, сторона, яка захопила контроль над повітряним простором, здатна досягти своїх цілей із мінімальним застосуванням наземної компоненти ЗС. Наземні угруповання військ противника, позбавлені повітряної підтримки й протиповітряного прикриття, вимушені розосереджуватися для підвищення живучості, відтак втрачають здатність концентрувати зусилля на важливих напрямках ведення воєнних дій. Відсутність повітряної підтримки спричиняє негативний вплив і на морально-психологічний стан та боєздатність особового складу з'єднань наземних військ.



Рис. 3.2. Застосування авіації для захоплення панування в повітрі

Проте, якщо завоювання переваги в повітрі досягається без повного знищення ПС іншої сторони, остання зберігає спроможність проводити хоч і обмежені, але потенційно ефективні повітряні операції, завдавати контрудари, забезпечувати повітряну підтримку дій наземних військ на окремих напрямках. Це дозволяє їй виграти час для пристосування своєї тактики до нових умов і відновлення втрачених на першому етапі спроможностей, що в перспективі здатне призвести до зриву переваги в повітрі супротивної сторони.

Так, класичним прикладом застосування авіації для захоплення панування в повітрі слугує операція «Фокус», проведена ізраїльськими ВПС на початку Шестиденної війни 1967 р. (рис. 3.2) [24].

Коаліція арабських держав (Єгипет, Сирія, Йорданія), за даними ізраїльської розвідки, була спроможна задіяти в повітряних боях 420 бойових літаків. Ізраїль міг протиставити їм 203 літаки, з яких повністю функціональними були 197. Співвідношення сил сторін за таких умов становило 2,1:1. Також, ураховуючи залучення до війни Іраку, який мав 131 бойовий літак, реальне співвідношення сил становило 2,8:1 на користь арабських держав.

В Армії оборони Ізраїлю (АОІ) знівелювали несприятливе співвідношення сил за рахунок упереджувального авіаційного удару, масування сил і засобів ВПС на окремих напрямках проти кожного противника по черзі, якіснішої підготовки льотного складу і обслуговування літаків, ретельного похвилинного планування операції (чіткі завдання визначалися для кожної пари літаків).

Завдяки злагодженню і тренуванням інженерно-технічного складу ВПС АОІ вдалося скоротити час міжпольотних регламентних робіт на аеродромах до 7 хв 30 с, необхідних для дозаправки паливом і перезарядки боекомплектів, що дозволило ізраїльській авіації при меншій чисельності здійснювати за добу більше літако-вильотів, ніж авіація арабських держав.

Для руйнування ворожих аеродромів ізраїльські літаки були оснащені бетонобійними бомбами нового зразка, удари якими по злітно-посадковим смугам аеродромів надовго виводили їх з ладу.

Для введення противника в оману ізраїльська авіація проводила регулярні навчання за участі великої кількості літаків одночасно (від 40 од.) у районі Середземного моря. Це дозволило ввести противника в оману та завдати удару по тилових об'єктах Єгипту з північно-західного напрямку, тоді як основна єгипетська наземна ППО була зосереджена на сході, прикриваючи кордон з Ізраїлем.

Під час кожного бойового вильоту ізраїльські літаки здійснювали аерофотозйомку об'єктів ураження для контролю результатів застосування авіації. Після повернення літаків на аеродроми для дозаправки знімки негайно передавалися у штаб для аналізу та коригування наступних дій.

Час для завдання першого удару ізраїльтянами було визначено в проміжку 08.45–08.55 (за єгипетським часом) таким чином, аби застати на землі єгипетські літаки, що завершили ранкове патрулювання повітряного простору. Ізраїльські літаки рухалися до цілей на гранично малих висотах для уникнення виявлення противником. Для участі в операції ВПС АОІ сформували угруповання зі 185 літаків, що становило 90 % всієї бойової авіації Ізраїлю.

Завдяки наведеним факторам ізраїльські ВПС завоювали панування в повітрі за один день – 5 червня 1967 р., знищивши 302 бойових і 70 транспортних літаків та вертольотів противників на аеродромах і збивши 26 літаків у повітряних боях. За перші вісім годин операції ВПС Ізраїлю втратили всього 21 літак. Вирішальним фактором успіху стало захоплення противника зненацька – завдання превентивного удару по ворожій авіації на землі з неочікуваного (північно-західного) напрямку в обхід наземної ППО. Завдяки вирішальній концентрації сил і засобів Ізраїлю вдалося в перші години з початку операції вивести з бою найбільш грізного противника – ВПС Єгипту, після чого зусилля переносилися на інші напрямки [24].

Виходячи з досвіду ізраїльської повітряної кампанії в Шестиденній війні, чимало країн Близького Сходу, НАТО, соціалістичного блоку розпочали будівництво підземних ангарів і сховищ на аеродромах для укриття літаків, боєприпасів і пального. Такі заходи пасивної ППО здатні суттєво посилити живучість літаків у місцях базування, зокрема проти невеликих БпЛА.

Антиіракська коаліція під час операції «Буря в пустелі» у війні в Перській затоці 1991 р. застосувала аналогічний підхід (завдання превентивного повітряного удару з неочікуваного напрямку), хоч і мала чисельну перевагу на іракською авіацією у співвідношенні 2,6:1 (рис. 3.3) [24]. Ураховуючи, що станом на 1991 р. Ірак мав чи не найбільші ЗС і ВПС на Близькому Сході, маючи на озброєнні понад 700 літаків, стандартна ПНО з класичними повітряними боями означала б понесення повітряними силами коаліції великих втрат. До того ж, хоч система ППО Іраку і була орієнтована на протиповітряне прикриття територій на кордонах з Іраном та в зонах досяжності авіації Ізраїлю, усе ж вона нараховувала 500 радарів, 700 ЗРК та 6 000 зенітних установок.



Рис. 3.3. Завдання превентивного повітряного удару з неочікуваного напрямку в операції «Буря в пустелі» у війні в Перській затоці 1991 р.

Відповідно, замість поступового знищення системи ППО й авіації Іраку, ПНО коаліції була спланована таким чином, щоб на самому її початку ударами малопомітних бомбардувальників F-117 «Стелс» знищити Операційний центр ППО в Багдаді. Це унеможливило координацію іракських зусиль із протидії авіаударам коаліції. Основним напрямком дій авіації коаліції був обраний південний – найслабше прикритий ППО Іраку.

Без підтримки наземної ППО та ефективної координації іракські літаки не могли ефективно боротися з американськими і найчастіше були вимушені уникати прямого босіткнення. За час операції «Буря в пустелі» 40 іракських літаків були збиті в повітряних боях, і лише один американський F/A-18C був збитий іракським МиГ-25.

Таким чином, антиіракська коаліція змогла досягти стратегічних цілей своєї операції в першу чергу завдяки захопленню панування в повітрі. Водночас ВПС Іраку не були остаточно розгромлені – продовжували здійснювати бойові вильоти, а згодом, для уникнення знищення, близько 100 іракських бойових літаків були перебазовані на територію Ірану.

Так само головну ставку на досягнення стратегічних цілей проведенням ПНО зробили сили НАТО у війні в Югославії (операція «Союзна сила» 1999 р.). Співвідношення кількісного складу по родах авіації становило від 1,3:1 по винищувальній до 2,2:1 по винищувально-бомбардувальної авіації на користь авіаційного угруповання НАТО, а більшість ОБТ ВПС та ППО Югославії були фізично застарілими.

Однак після місяця повітряних боїв та МРАУ, які знищували критичну і військову інфраструктуру Югославії, сербська авіація та ППО продовжували зберігати певний рівень боєздатності. Зокрема, літаки НАТО уникали польотів на середніх і низьких висотах, виконуючи операції на висоті в середньому 5 000 м, щоб не потрапити під вогонь ЗРК. А наприкінці квітня 1999 р. сербська авіація почала завдавати ударів по противнику. Так, 24 квітня був здійснений наліт 9 літаків ВПС Югославії на аеродром військової бази НАТО в боснійському м. Тузла. У результаті було пошкоджено 17 літаків і 3 вертольоти НАТО на аеродромі. При цьому втрати сербів становили 2 літаки, підбиті ЗРК. А вже 26 квітня югославські винищувачі здійснили наліт на аеродром Рінас, розташований поблизу столиці Албанії Тірани, де базувалися американські бойові вертольоти АН-64 «Apache». Таким чином, дії ПС Югославії є прикладом збереження спроможностей повітряних сил в умовах панування іншої сторони конфлікту в повітрі.

Виходячи з теорії, боротьба за контроль над повітряним простором передбачає *застосування частин та підрозділів ППО СВ та ВМС, ССНО* для боротьби з повітряним противником та зниження спроможностей і наступального потенціалу ворожих ПС.

Наприклад, ще в роки Другої світової війни диверсійно-розвідувальні групи британських ССПО зі складу Групи пустельної глибинної розвідки (LRDG) і Спеціальної повітряної служби (SAS) здійснювали атаки на аеродроми противника в глибокому тилу, підтримуючи операції своїх військ у північній Африці. За період із кінця листопада 1941 р. по липень 1943 р. ними було знищено біля 250 літаків на аеродромах, а також десятки складів пального, боєприпасів, казарм з особовим складом [24].

Британські ССПО здійснювали висадку парашутного десанту, нічні рейдові дії, застосовували партизанську тактику, мінували ворожі об'єкти, захоплювали полонених. Тактика дій Спеціальної повітряної служби (SAS) постійно змінювалася, застосовувалися нестандартні прийоми. Як правило, британські ССПО проводили свої операції, одночасно атакуючи 20-30 аеродромів противника невеликими групами (по 5-7 осіб у кожній).

Як демонструють приклади війн минулого, для збереження живучості наземних військ вагому роль відіграють пасивні методи ППО. Наприклад, досвід В'єтнамської війни продемонстрував важливість введення в тактику дій СВ таких прийомів, як маскування, уникнення скупчень живої сили і військової техніки, розосередження в разі загрози завдання противником авіаційних ударів. Характер місцевості на театрі воєнних дій дозволяв в'єтнамцям у 1960-70-х рр. задіювати в бойових діях наземні сили при повному пануванні противника в повітрі [24].

Ще від часів війни з французами в'єтнамці вкопували в печери і ретельно камуфлювали артилерію, посилюючи її живучість проти ударів французької авіації. Для протидії перевазі ВПС США в повітрі, в'єтнамські загони з 1962 р. активно маскували райони зосередження живої сили й військової техніки. Так само вони ховали артилерію в печерах і спеціально викопаних котлованах. Для укриття особового складу й військової техніки використовувалися складки місцевості, споруджувалися системи підземних тунелів, у яких розміщувалися казарми, шпиталі, ремонтні майстерні, склади. Ефективними проти американської АА виявилися кулеметні засідки.

Поява та розвиток БпЛА дозволили застосовувати асиметричний підхід у нівелюванні переваги противника в повітрі. Зокрема, цим активно скористалися ті держави, що не мали необхідної кількості ПА, а також ресурсів і часу для її нарощування. БпЛА увійшли і до арсеналу незаконних збройних формувань [23].

Водночас держави з потужною авіаційною компонентою також застосовували БпЛА для раціональнішого використання наявних ресурсів ПА. Так, під час операції в Іраку у 2003 р. використання ПС США БпЛА для цілевказання дозволило у 15 разів зменшити кількість літако-вильотів для ураження тієї ж кількості цілей за день, у порівнянні з операцією 1991 р. Також для успішного проведення повітряної операції обов'язковою умовою є придушення ППО противника, для чого в тому числі застосовуються БпЛА. Відповідно використання БпЛА для нівелювання повітряної переваги противника має два аспекти: придушення засобів ППО та ураження літаків й аеродромної інфраструктури.

З появою БпЛА сучасних типів їх у першу чергу почали використовувати для виявлення важливих об'єктів оборони противника, як-то сил і засобів ППО. У ході арабо-ізраїльської війни 1973 р. АОІ, через значні втрати літаків від єгипетського зенітного вогню, уперше почала використовувати БпЛА як приманку для виявлення позицій ворожої ППО та виснаження запасів ЗКР. Уже в ході війни 1982 р. за допомогою БпЛА АОІ виявила 19 батарей сирійських ППО «Куб» і 2 батареї «Двина». ПС АОІ спочатку запускали БпЛА «Mastif», які провокували системи ППО вмикати радар, оскільки розпізнавалися як літаки. Щойно «Mastif» фіксували сигнал випромінювання радара, вони одразу передавали його БпЛА «Scout», що знаходилися поза межами дії ППО противника. Далі інформація передавалася до командних центрів ПС АОІ для завдання ураження ударами авіації [24].

У ХХІ ст., з появою ударних БпЛА та баражуючих боєприпасів, їх почали застосовувати не лише для виявлення, а й для ураження систем ППО противника. У 2020 р. ПС Туреччини, у ході операції «Весняний щит» у Сирії, уразили 8 новітніх російських зенітно-гарматних систем «Панцирь-С1» завдяки комбінованому використанню розвідувальних БпЛА «Anka-S» та ударних «Bayraktar TB-2». Для ураження однієї цілі залучалося не менше двох БпЛА. У ході цієї операції БпЛА вперше були використані як основний повітряний ударний компонент для придушення ППО противника.

Подальше застосування БпЛА для придушення ППО набуло розвитку під час Другої Нагірно-Карабаської війни 2020 р. Зокрема, для виявлення систем ППО противника ЗС Азербайджану використовували (переважно вночі) літаки АН-2 як обманну ціль. Для цього їх оснащували системами безпілотного керування. Коли вірменські ППО вражали такі фальш-цілі, азербайджанські БпЛА фіксували й уражали вірменські системи ППО. Також використання АН-2 як фальш-ціль дозволило відрізнити позиції діючих ЗРК від їхніх макетів. Спочатку завдавалися удари по системах ППО ближнього радіусу дії типу «Оса» та «Стрела», які залишали системи С-300ПС без прикриття. Останні уражалися за допомогою баражуючих боєприпасів «Нагор». Уже в перший день війни було уражено до 80 % систем ППО Вірменії на території «Нагірно-Карабаської Республіки». Швидке завоювання панування в повітрі дало можливість ПА Азербайджану здійснити за 44 дні війни близько 600 літако-вильотів.

Водночас із розвитком систем БпЛА їх почали застосовувати для ураження літаків на аеродромах та аеродромної інфраструктури. Таку

тактику нівелювання повітряної переваги противника почали активно застосовувати у 2010-х рр. під час військових конфліктів на Близькому Сході та в Північній Африці різного роду незаконних збройних формувань, а іноді й урядові сили. Наприклад, під час війни в Сирії 31 грудня 2017 р. сили ІДІЛ уразили не менше 7 російських літаків (4 Су-24, 2 Су-35С та Ан-72) і склад боєприпасів на авіабазі Хмеймім [30]. Ураження було завдано за допомогою БпЛА, виготовлених із цивільних планерів та оснащених системою безпілотного керування і двома саморобними вибуховими пристроями. БпЛА були невеликого розміру і мали низьку швидкість польоту, що ускладнювало їх виявлення системами ППО. Удар був нанесений у момент, коли російська система РЕБ була тимчасово вимкнена. Однак повторна атака БпЛА 5 січня 2018 р. була відбита системами ППО та РЕБ.

Іншим збройним конфліктом, де активно застосовувалися БпЛА для ударів по авіації противника, став Ємен. 10 січня 2019 р. група вищих військових командирів цієї держави, включно з головою воєнної розвідки, була знищена ударом БпЛА «Abadil T» іранського виробництва на повітряній базі Аль-Анад. Удару завдали антиурядові сили хуситів. База знаходилася на відстані не менше 30 км від території, контрольованої хуситами. У подальшому, 23 травня 2019 р. хусити з використанням БпЛА атакували аеропорт Найран на півдні Саудівської Аравії, однак усі повітряні цілі були перехоплені системами ППО. 31 липня 2021 р. хусити завдали удару по аеропорту Абха за допомогою цивільних дронів, обладнаних вибухівкою, та пошкодили пасажирський літак.

Активно застосовувались удари БпЛА по літаках і під час війни в Лівії. 25 липня 2019 р. ПС Лівії знищили Іл-76, склад зброї та повітряний радар баражуючими боєприпасами китайського виробництва Wing Loong II на авіабазі Аль-Джуфра, яку контролювали антиурядові сили Лівійської Національної Армії (ЛНА). 6 жовтня 2019 р. сили ЛНА завдали удару БпЛА по аеропорту Містрата, останньому працюючому аеропорту в контрольованій урядовими військами частині Лівії. У результаті було знищено 2 літаки цивільної авіації.

Таким чином, застосування БпЛА для нівелювання повітряної переваги противника пройшло еволюцію від обманної цілі, яка виявляла сили ППО противника та виснажувала запаси ракет класу «земля-повітря», до повноцінного засобу ураження, що завдавав удари по системах ППО, літаках на аеродромах та аеродромній інфраструктурі. БпЛА стали асиметричною відповіддю для сил, що не мають достатньої розвинутої ПА в боротьбі із сильнішим противником [23; 24].

Також одним із факторів боротьби за повітряний простір може виступати *морально-психологічний вплив* з метою деморалізації, дезорієнтації та введення в оману ворога. Так, серед причин невдач повітряної операції ПС США у В'єтнамі 1965-1968 рр. була низка факторів саме морально-психологічного характеру. Бомбардування Північного В'єтнаму було використане противниками США для поширення пропаганди, що фокусувала увагу на цивільних жертвах і руйнуваннях. Це спричинило протести проти бомбардування В'єтнаму всередині США та за їх межами, тиск суспільства на командування. Подібним чином у відповідь на повітряні атаки Ізраїлю на бази Хезболли ЗМІ більшості близькосхідних країн відповіли розповсюдженням пропагандистських матеріалів про цивільні жертви і руйнування від авіанальотів, що сприяло поширенню антиізраїльських настроїв у світі.

Ефекту може досягти індивідуальний або груповий психологічний вплив на російських військовослужбовців. Чималий досвід проведення психологічних операцій мають США. Наприклад, метою психологічного тиску на супротивника у В'єтнамі було переконати його в безперспективності боротьби із сильнішим противником, у разі програшу в якій на нього чекала смерть.

У війні коаліції європейських держав проти Іраку в 1991 р. союзники активно здійснювали радіотрансляції, застосовували гучномовці, розкидали листівки та використовували групи полонених з метою пропаганди. На операції з морально-психологічного впливу на ворога під час війни 1991 р. США витратили чимало – 16 млн доларів. У результаті психологічних операцій у полон до американців та їхніх союзників здалися до 87 тисяч іракських військовослужбовців. Під час операції «Свобода Іраку» (2003 р.) авіація ПС США знову активно використовувала радіо- і телетрансляції, а також розкидання пропагандистських листівок над ворожими позиціями, що виявилось досить ефективним засобом морально-психологічного впливу. Одним із різновидів такого впливу на супротивника було анонсування американцями атаки на військову техніку певного підрозділу в певний час та здійснення цієї атаки. Супротивник впевнювався в неминучості атак і розумів, що їхньою метою є лише техніка, що призводило до залишення техніки і дезертирства особового складу [71].

Під час війни в Перській затоці (1991 р.) Ірак також намагався використати елементи морально-психологічного тиску на льотний склад військ антиіракської коаліції. Так, іракське телебачення показало захоплених у полон пілотів коаліції, які називали війну агресією проти Іраку

та засуджували свою участь у ній. Проте через нестерпні умови полону пілоти виглядали виснаженими, що мало негативний ефект для Іраку, який здобув імідж порушника Женевських конвенцій, і позитивний – для іміджу західної коаліції та підтримки операції проти Іраку у світі.

Об'єктами операцій морально-психологічного впливу може бути й льотний склад російських ВКС, що бере участь у збройній агресії проти України. Прикладами таких операцій уже відзначилося Головне управління розвідки Міністерства оборони України. Досвід бойових дій 2022–2023 рр. показав, що супротивник має проблеми з необхідною кількістю досвідчених пілотів винищувальної, бомбардувальної і штурмової авіації. Крім пілотів літаків і вертольотів, які перебувають у безпосередній близькості до театру бойових дій, об'єктами спецоперацій можуть також бути екіпажі стратегічних бомбардувальників, які поки що безкарно наносять удари з російського повітряного простору.

Розроблення й реалізацію спеціальних операцій морально-психологічного впливу необхідно планувати заздалегідь, здійснювати комплексно, у співпраці всіх складових СО України і цивільного сектору, а також у співпраці з іноземними партнерами. Участь цивільного сектору в морально-психологічному тиску на ворога вже має свої результати в протистоянні широкомасштабній агресії рф.

Отже, проведений аналіз тактики боротьби за повітряний простір і конкретних історичних прикладів, які відображені на рис. 3.4 [24], дозволяє зробити *такі висновки*:

боротьба за контроль над повітряним простором має бути завданням не лише ПС ЗС України, а й інших складових СО – СВ, ДШВ, ССО



Рис. 3.4. Результати аналізу тактики боротьби за повітряний простір на конкретних історичних прикладах

ЗС України, і може включати застосування БпЛА, здійснення інформаційних та психологічних операцій;

виконання завдань завоювання переваги (панування) в повітрі родами військ ПС ЗС України вимагає нарощування їхніх спроможностей за рахунок отримання сучасного ОВТ (літаків, засобів ураження, ППО, РЕР і РЕБ, у т. ч. від держав-партнерів), що за своїми ТТХ перевершують російські зразки;

ретельне планування і створення необхідних умов здатні забезпечити нанесення ударів ПС, РВіА по місцях базування авіації противника навіть за умов його переваги в повітрі.

Проте залишається актуальною проблема масштабування таких ударів і проведення операцій. Проведення частинами і з'єднаннями спеціального призначення СВ, ДШВ і ССПО ЗС України спеціальних операцій, що включатимуть знищення авіації на аеродромах, протиповітряні засідки на маршрутах зльоту (посадки), знищення ворожого льотного складу в місцях дислокації, сприятиме послабленню ворожих повітряних сил у цілому. Насичення сухопутних (морських) підрозділів засобами ППО (ПЗРК), РЕБ під час ведення наступальних дій посилить живучість військ, надавши їм спроможність відбивати напади повітряного противника. Проведення психологічних та інформаційних спеціальних операцій проти особового складу повітряних сил противника має стати невід'ємною складовою боротьби за завоювання переваги (панування) в повітрі.

3.2. Визначення раціонального варіанта дій авіації під час завоювання переваги в повітрі в операції (бойових діях)

Результати аналіз ведення збройної боротьби в останніх локальних війнах та збройних конфліктах сучасності дозволяє дійти висновку, що в сьогоднішніх умовах основним носієм бойового потенціалу збройних сил провідних у військовому відношенні країн світу є авіація. У свою чергу, масове застосування авіації в операціях (бойових діях) потребує вирішення нагального питання щодо можливості виконання нею поставлених завдань в умовах протидії засобів ППО та ВА противника. За таких умов значно зростають вимоги до вибору доцільних варіантів дій авіації під час завоювання переваги в повітрі.

У сучасній теорії воєнного мистецтва під перевагою в повітрі розуміють таке співвідношення сил у повітряному просторі, за якого противник немає можливості активно протидіяти з повітря нашим військам,

а власна авіація має ініціативу та спроможна її тримати протягом певного часу.

Прикладами варіантів дій авіації під час завоювання переваги в повітрі є [24; 46-48]:

- зосередження зусиль авіації на знищенні ЗПН противника над своєю територією;

- знищення ЗПН противника силами авіації на території противника;

- комбіноване знищення ЗПН противника (поєднання першого та другого варіантів).

Необхідно зауважити, що можуть розглядатися й інші варіанти дій авіації, а формування всієї сукупності можливих варіантів дій під час завоювання переваги в повітрі зазвичай здійснюється за допомогою евристичних методів.

Для реалізації вказаних варіантів дій авіації можуть вирішуватися такі завдання [24]: ураження авіації противника на землі та в повітрі; порушення системи ППО противника; дезорганізація управління силами й засобами авіації та ППО противника; руйнування (виведенням з ладу) аеродромів противника; знищення найважливіших підприємств авіаційної промисловості, центрів підготовки льотного складу, запасів авіаційного пального та боєприпасів; знищення розвідувально-ударних комплексів.

Методичний підхід для вибору доцільних варіантів дій авіації передбачає такі етапи:

- визначення сукупності показників для оцінювання ефективності застосування ПС в операції (бойових діях);

- отримання кількісних значень цих показників;

- здійснення порівняння можливих варіантів дій авіації в операції (бойових діях).

Для порівняння можливих варіантів дій авіації пропонується використати методи багатомірного порівняльного аналізу, які конкретизовані відносно вирішення поставленого завдання. Показники для порівняльного оцінювання можливих варіантів дій авіації під час завоювання переваги в повітрі визначаються, як правило, практикою застосування авіації. Для проведення порівняльного оцінювання варіантів дій авіації пропонується використовувати групи показників, які визначають різноманітні властивості застосування сил і засобів ПС в операції (бойових діях). Такі показники наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Показники для порівняльного оцінювання варіантів дій авіації під час завоювання переваги в повітрі в операції (бойових діях)

Властивості, які визначають варіанти дій авіації під час завоювання переваги в повітрі	Показники для порівняльного оцінювання варіантів дій авіації під час завоювання переваги в повітрі
Ступінь переваги сил і засобів ПС	1. Кількісно-якісне співвідношення сил своєї авіації та противника на кінець операції (бойових дій)
	2. Математичне сподівання величини втрат, яке може бути завдано системі ППО противника
	3. Математичне сподівання величини втрат, яке може бути завдано розвідувально-ударним (розвідувально-вогневим) системам противника
	4. Втрати, які можуть бути завдані важливим державним об'єктам противника
	5. Втрати, які можуть бути завдані центрам підготовки льотного складу противника
	6. Втрати запасів авіаційного пального та боєприпасів противника
	7. Математичне сподівання величини втрат своєї авіації
	8. Математичне сподівання величини втрат своїх засобів ППО
	9. Втрати, які можуть бути завдані противником важливим державним об'єктам країни
Ресурсні витрати під час підготовки та ведення операції (бойових дій)	1. Витрати на підготовку до ведення операції (бойових дій)
	2. Витрати на ведення операції (бойових дій)
	3. Витрати на відновлення боєздатності авіації
Показники, які сприяють виконанню завдань авіацією	1. Можливості щодо управління авіацією та засобами ППО
	2. Можливості щодо захисту об'єктів ПС від ударів авіації противника
	3. Можливості щодо маневру авіацією та засобами ППО

Варто зазначити, що різкі межі між групами показників відсутні. Крім того, більшість указаних у табл. 3.1 показників є взаємозалежними. Це накладає певні обмеження під час застосування математичних методів для порівняння можливих варіантів дій авіації.

Указані показники можуть визначатися з використанням як формальних методів, так і шляхом експертного опитування. Для порівняльного оцінювання варіантів дій авіації можуть використовуватися й інші показники.

Для багатомірного порівняння об'єктів, процесів (альтернатив) на сьогодні широко застосовуються таксономічні методи і МАІ [15].

Основним поняттям, що використовується в таксономічних методах, є так звана таксономічна відстань – відстань між точками багатомірного простору, яка обчислюється за правилами аналітичної геометрії. Розмірність такого простору визначається кількістю показників, що в нашому випадку характеризують дії авіації за варіантами під час завоювання переваги в повітрі. Кожному можливому варіанту дій авіації відповідає визначена точка в багатомірному просторі. За допомогою таксономічної відстані визначається розташування певної точки щодо інших та її місце в усій сукупності точок. Це дозволяє впорядковувати як показники, так і можливі варіанти дій авіації під час завоювання переваги в повітрі, що порівнюються.

Сутність методу таксономії під час порівняння альтернатив полягає в тому, що всі показники поділяються на стимулятори і дестимулятори з урахуванням їхнього впливу на кінцевий результат. Далі будується еталонний варіант дій авіації (точка в багатомірному просторі) з максимальними значеннями показників – стимуляторів і мінімальними значеннями показників – дестимуляторів.

У подальшому визначаються таксономічні відстані між точкою, яка відповідає еталонному варіанту дій, і точками, що відповідають решті можливих варіантів. Ці відстані нормуються, і тим самим забезпечується ранжирування можливих варіантів дій авіації під час завоювання переваги в повітрі в операції (бойових діях).

Визначення важливості показників на підставі оцінювання відстаней між ними не дозволяє за фізичною сутністю враховувати ступінь їхнього впливу на доцільність застосування варіантів дій авіації під час завоювання переваги в повітрі. Тому для оцінювання коефіцієнтів важливості показників (їх ранжирування) доцільно використати МАІ.

Указаний метод апробовано в багатьох галузях військової справи під час вирішення багатокритеріальних завдань. Він відноситься

до математичної обробки знань, що відображають взаємозв'язок багатьох елементів, від яких залежить розв'язання тих або інших складних проблем.

Перевагами МАІ в порівнянні з іншими існуючими методами оцінювання альтернатив є: внесок в аналіз структури проблеми за результатами ієрархічного представлення її елементів та чіткий вираз суджень; відсутність необхідності пошуку функціональної залежності корисності альтернативи від її критеріїв; використання парних порівнянь часткових критеріїв у шкалі відношень, що вилучає необхідність нормування метричних критеріїв та зменшує помилку під час перетворення якісних характеристик у числа, оскільки людині значно простіше дати порівняльну оцінку двом неметричним критеріям, ніж приписати їм міру.

Цей метод дозволяє визначати коефіцієнти важливості показників, що вимірюються відносно одиниці. При цьому сума коефіцієнтів важливості показників становить одиницю.

Ключовим моментом використання МАІ є побудова ієрархії розв'язання завдання. При цьому потрібно вважати, що під час застосування МАІ не рекомендується порівнювати більше ніж 9 елементів. Коли необхідно порівнювати більшу кількість елементів, то вони групуються у класи приблизно із 7 елементів у кожному.

Для заповнення матриць парних порівнянь експертами використовується відповідна шкала, запропонована в МАІ. Для кожної матриці парних порівнянь за рядками визначаються відповідні вектори й обчислюються компоненти цих векторів як геометричні середні. Далі компоненти векторів нормалізуються до одиниці. Таким чином, для кожної матриці парних порівнянь отримуються оцінки векторів пріоритетів (визначаються локальні пріоритети). Узгодженість локальних пріоритетів перевіряється за відповідною процедурою, запропонованою в МАІ.

Структурну схему методики порівняльного оцінювання варіантів дій авіації під час завоювання переваги в повітрі в ході операції (бойових дій) наведено на рис. 3.5.

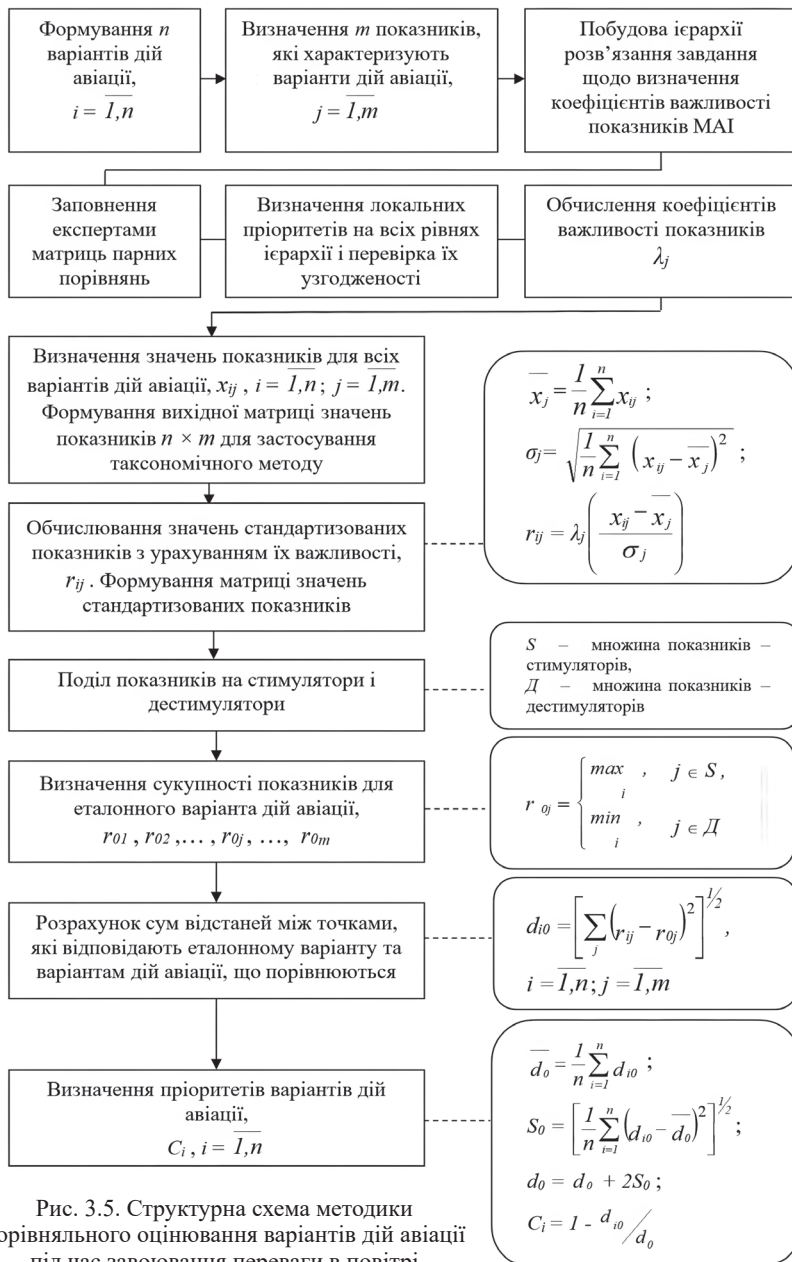


Рис. 3.5. Структурна схема методики порівняльного оцінювання варіантів дій авіації під час завоювання переваги в повітрі в операції (бойових діях)

3.3. Визначення раціональних нарядів ракетних військ та ударної авіації для ураження об'єктів противника

Ефективне планування завдання РАУ в операціях (бойових діях) сьогодні неможливе без визначення раціональних полігонних нарядів ракетних військ (РВ) та УА для нанесення заданого ступеня ураження об'єктів противника.

Вибір раціонального наряду повинен здійснюватися з урахуванням особливостей умов бойової обстановки, потенційних можливостей вогневих засобів ураження в конкретних умовах обстановки та забезпечувати нанесення заданого ступеня ураження об'єкту. Тому для ОВУ вкрай важливо мати відповідний методичний апарат, що забезпечує якісне вирішення даного завдання [36].

На сьогодні наряди РВ та УА визначаються відповідно до методичних підходів, які не повною мірою дозволяють наряди з урахуванням конкретних умов бойової обстановки та існуючих можливостей військ.

Досягнення мети завдання РАУ забезпечується заданим ступенем вогневого ураження об'єктів противника. Ступінь вогневого ураження об'єктів противника встановлюється під час вироблення замислу та планування операції (бойових дій) залежно від обраної просторово-часової послідовності вогневого ураження противника.

Ступінь вогневого ураження об'єктів противника – це чисельна характеристика рівня втрат, що планується та досягається в результаті впливу вогневих засобів на об'єкти противника.

У результаті вогневого ураження об'єкти противника можуть бути знищеними, розгромленими або придушеними.

Знищеним вважається об'єкт, який неспроможний тривалий час виконувати завдання за призначенням. При цьому безповоротні втрати елементів об'єкта становлять більше 70 %, а час припинення його функціонування – не менше 7 діб.

Розгромленим вважається об'єкт, який зазнав значних втрат, управління якого дезорганізоване і він не спроможний організовано вести бойові дії щодо виконання бойових завдань. При цьому безповоротні втрати елементів об'єкта становлять більше 50-70 %, а час припинення його функціонування – не менше однієї доби.

Придушеним вважається об'єкт, який зазнав значних втрат і стає обмежено боєздатним на короткій термін. При цьому безповоротні втрати елементів об'єкта становлять більше 30-50 %, а час припинення його функціонування – не менше однієї години.

Досягнення вказаних ступенів вогневого ураження характеризується відповідною ймовірністю ураження об'єкта вогневыми засобами для різних умов застосування РВ та УА. Така ймовірність визначається експериментально в полігонних умовах.

Теоретично ймовірність ураження об'єкта певного типу вогневим засобом може бути визначена за допомогою відомих методик оцінки ефективності застосування засобів ураження по різних типах об'єктів. В основу запропонованих методик покладено залежність імовірності ураження об'єкта бойовою головою від потужності бойового заряду, характеристик розсіювання точок наведення (падіння) ракети (бомби), а під час групового застосування – від кількості вогневих засобів в ударі (наряді).

Початковим етапом проведення розрахунків із визначення раціональних полігонних нарядів РВ та УА для завдання заданого ступеня ураження об'єктів противника є формування вихідних даних (визначених для РВ та УА бойових завдань, даних про об'єкти, результатів прогнозу погоди тощо).

У результаті обробки вихідних даних визначаються [19; 63]: можливі об'єкти удару РВ та УА; типи літальних апаратів (ЛА), які застосовуються по об'єктах; потенційні можливості ракетного комплексу та ЛА під час нанесення РАУ; можливі варіанти нарядів РВ та УА для ураження об'єктів.

Після формування можливих варіантів нарядів РВ та УА проводиться їхня перевірка за показниками:

можливість досяжності вогневих засобів до об'єкта ураження – $k_{доc}$;

можливість застосування вогневого засобу по об'єкту – $k_{заст}$.

Можливість досяжності ракетного комплексу або ЛА до об'єкта ураження визначається шляхом порівняння їх тактичних радіусів дій від місця розташування ракетного комплексу (аеродрому базування УА) (R_o) з відстанню до об'єкта (D_o).

Тобто можливість досяжності вогневого засобу до об'єкта ураження забезпечується, коли виконується умова [63]:

$$R_o \geq D_o \quad (3.1)$$

При цьому величини тактичних радіусів ЛА (R_o) розглядаються для трьох типових профілів та режимів польоту з різними варіантами

заправління (без паливно-підвісних баків, з використанням паливно-підвісних баків) та озброєння.

Значення тактичних радіусів дії основних типів ЛА УА з різними варіантами озброєння та профілях польоту визначається їхніми тактико-технічними характеристиками.

Під час проведення розрахунків за типові профілі та режими польоту приймаються: постійний профіль на великій висоті (на висоті практичної стелі) на режимі максимальної дальності; змінний профіль (політ на режимі максимальної дальності на висоті практичної стелі на задану дальність, зниження та політ до цілі на гранично малих висотах на заданій швидкості, політ від цілі на гранично малій висоті на заданій швидкості на визначену дальність, набір висоти та політ до рубежу зниження для виконання посадки на режимі максимальної дальності та висоті практичної стелі на задану дальність); постійний профіль на гранично малій висоті на заданій швидкості.

Чисельне значення k_{doc} визначається за правилом:

$$k_{doc} = \begin{cases} 1, & \text{якщо варіант може бути реалізований} \\ 0, & \text{якщо варіант не може бути реалізований} \end{cases} \quad (3.2)$$

Можливість застосування того чи іншого варіанта полігонних нарядів РВ та УА для ураження об'єктів ($k_{заст}$) оцінюється шляхом перевірки збігу існуючих та потрібних значень параметрів щодо:

рівня підготовки обслуги ракетного комплексу або екіпажу ЛА;
технічного стану ракетного комплексу або ЛА;

можливості застосування ракетного комплексу або ЛА з певним варіантом озброєння в конкретних метеорологічних умовах (вдень або вночі);

можливості застосування ракетного комплексу або ЛА чи варіанта озброєння в тактичній, навігаційній або іншій обстановці, що склалася на час бойового застосування;

наявності потрібних варіантів озброєння ЛА тощо.

Чисельне значення $k_{заст}$ визначається за правилом:

$$k_{заст} = \begin{cases} 1, & \text{якщо варіант може бути реалізований} \\ 0, & \text{якщо варіант не може бути реалізований} \end{cases} \quad (3.3)$$

Після перевірки можливих варіантів полігонних нарядів РВ та УА для ураження об'єктів за показниками $k_{\text{доп}}$ та $k_{\text{заст}}$ здійснюється визначення їхньої ефективності.

Ефективність полігонних нарядів ракет для ураження об'єктів противника здійснюється за такими етапами.

На *першому етапі* визначається ймовірність ураження незначного за розмірами (елементарного) об'єкта однією ракетою ($P_{1м}$).

Визначення ймовірності ураження незначного за розмірами об'єкта зводиться до визначення влучення ракети в круг, центр якого сполучений із центром об'єкта. При цьому радіус об'єкта $R_{об}$ дорівнює розміру радіуса зони ураження бойової частини ракети $R_з$.

У ряді випадків імовірність ураження об'єкта може визначатися як імовірність влучення ракети у квадрат. Кругову зону ураження замінюють рівновеликою за площею квадратною (прямокутною) зоною зі сторонами, що рівнобіжні до головних осей розсіювання точок падіння ракет, а сторону квадрата приймають рівною $1,8 R_з$.

У цьому випадку ймовірність ураження об'єкта однією ракетою визначається за формулою:

$$P_{1м} = \left[2 F_T \left(\frac{0,9 R_з}{B_{\text{дн}}} \right) - 1 \right] \left[2 F_T \left(\frac{0,9 R_з}{B_{\text{бн}}} \right) - 1 \right] \quad (3.4)$$

де $F(x)$ – функція Лапласа;

$B_{\text{дн}}$, $B_{\text{бн}}$ – приведені середні відхилення точки падіння ракети по дальності і бічному напрямку відповідно.

Приведені середні відхилення точки падіння ракети по дальності і бічному напрямку визначаються за формулами:

$$B_{\text{дн}} = \sqrt{B_{\text{нд}}^2 + E_{\text{д}}^2}, \quad B_{\text{бн}} = \sqrt{B_{\text{нб}}^2 + E_{\text{б}}^2} \quad (3.5)$$

де $B_{\text{нд}}$, $B_{\text{нб}}$ – середні відхилення точки наведення ракети від центру розсіювання по дальності і бічному напрямку відповідно;

$E_{\text{д}}$, $E_{\text{б}}$ – середні відхилення, що характеризують помилки підготовки даних для стрільби по дальності і по бічному напрямку відповідно.

На *другому етапі* визначається ймовірність ураження значного за розмірами об'єкта однією ракетою ($P_{1з}$). За умови, що ураження здійснюється по лінійному закону, ймовірність ураження великого за розмірами об'єкта однією ракетою чисельно дорівнює математичному сподіванню площі об'єкта, що уражається. У такому випадку ймовірності ураження значного за розмірами об'єкта однією ракетою визначається за формулою:

$$P_{1з} = 1 - \exp\left(-\frac{\rho^2 R_s^2}{B_n^2 + 0,11 R_y^2}\right) \quad (3.6)$$

де $R_{об}$ – радіус об'єкта, який прийнято за круговий;

$B_n = 0,5(B_{он} + B_{он})$ – середнє значення приведених відхилень точок падіння ракети;

ρ – постійна нормального закону розподілу ($\rho = 0,477$).

У разі потреби ймовірність ураження значного за розмірами об'єкта під час застосування по ньому певної кількості ракет (n_p) розраховується за формулою:

$$P_{пз} = 1 - \exp\left(-\frac{\rho^2 R_s^2 n_p}{B_n^2 + 0,11 R_y^2}\right). \quad (3.7)$$

На *третьому етапі* визначається потрібний наряд ракет для ураження об'єктів ($n_{пномр}$). При цьому наряди ракет визначаються окремо для ураження незначного за розмірами (елементарного) об'єкта [36]:

$$n_{пномр} = \frac{\lg(1 - P_{зад})}{\lg(1 - P_{1,м})}, \quad (3.8)$$

та ураження значного за розмірами об'єкта:

$$n_{пномр} = \frac{\lg(1 - P_{зад})}{\lg(1 - P_{1з})}, \quad (3.9)$$

де $P_{зад}$ – задана ймовірність ураження типового об'єкта.

Під час проведення розрахунків можна прийняти, що приведені відхилення точок падіння ракет від центру розсіювання (B_n) у середньо-

му становить 50-60 метрів. Радіуси зони ураження бойової частини ракети (R_z) можна визначити, виходячи з площі ураження об'єктів АЗУ. Для цього доцільно за еквівалент брати авіаційні бомби (некеровані авіаційні ракети), маси яких приблизно однакові порівняно з масами бойової частини ракети.

Аналіз можливих зон ураження авіаційних засобів свідчить, що під час визначення потрібного наряду ракети можна прийняти:

для ураження пускових установок на відкритих вогневих позиціях $R_z = 30$ м;

для ураження радіолокаційних засобів – $R_z = 35$ м;

для ураження літаків на відкритих стоянках – $R_z = 40$ м.

На *четвертому етапі* формується сукупність потрібних нарядів ракет для ураження типових об'єктів із заданою ймовірністю ($P_{зад}$) залежно від співвідношення середнього значення приведених відхилень точок падіння ракети B_n до радіусу зони ураження бойової частини ракети R_z .

Для прикладу в табл. 3.2 наведено потрібні наряди ракет для ураження з ймовірністю $P_{зад} = 0,5$ незначного за розмірами об'єкта.

Таблиця 3.2

**Потрібні наряди ракет для ураження з ймовірністю $P_{зад} = 0,5$
незначного за розмірами об'єкта**

Значення	Співвідношення B_n/R_z						
	2,0	1,75	1,5	1,25	1,0	0,75	0,5
Ймовірність ураження об'єкта однією ракетою, $P_{1м}$	0,057	0,074	0,099	0,139	0,208	0,338	0,601
Потрібний наряд ракет, $n_{потр}$	12	9	7	5	3	2	1

Структурну схему визначення сукупності раціональних нарядів ракет для застосування по об'єктах противника наведено на рис. 3.6.

Розв'язання завдання щодо визначення раціональних нарядів УА для застосування по об'єктах противника насамперед пов'язане з необхідністю врахування під час планування вогневого ураження двох груп параметрів – керованих та некерованих.

До керованих параметрів належать:

параметри, що характеризують бойову зарядку ЛА: кількість, типи та калібри АЗУ, характеристика підривачів та часу їхньої затримки, способи скидання, пуску, стрільби, параметри примусового розсіювання АЗУ;

параметри, що визначають спосіб та умови атаки: спосіб, висота і швидкість застосування АЗУ, напрямок заходу на ціль, спосіб розв'язання завдання прицілювання, маневр у районі цілі;

елементи рішення на бойові дії: маршрут і профіль польоту, розподіл сил та засобів по цілях, бойовий порядок, схема нанесення удару тощо.

До некерованих параметрів належать параметри, значення яких не залежать від рішення командира, який планує застосування УА:

параметри, що характеризують об'єкт ураження: характер діяльності, розміри, уразливість, можливість виявлення, віддаленість від аеродрому базування, рухомість, ступінь прикриття засобами ППО;

параметри, що характеризують можливості ЛА: діапазон швидкостей та висот, радіус дій при різних бойових зарядах і профілях польоту, озброєння, прицільно-навігаційне обладнання, час підготовки до повторного вильоту, маневрені можливості тощо;

характеристика АЗУ: характеристики елементів ураження дії, систем управління, наявність АЗУ на складах та аеродромах;

параметри, що характеризують професіональний рівень підготовки екіпажів, рівень їх льотної, бойової підготовки та морально-психологічної підготовки;

параметри, що характеризують умови виконання бойового завдання: пора року, доби, метеорологічні умови, умови природного освітлення, рельєф місцевості, наявність орієнтирів, хвилювання моря, радіоелектронна та радіаційна обстановка тощо.

Визначення потрібних нарядів УА доцільно здійснювати шляхом визначення раціональних значень керованих параметрів з одночасною фіксацією некерованих.

До таких параметрів насамперед належать: параметри, що характеризують бойову зарядку ЛА; параметри, що характеризують можливості різних типів ЛА, їхні тактико-технічні характеристики, рівень підготовки льотного складу.

У цілому визначення раціональних нарядів УА для застосування по об'єктах противника проводиться за такими етапами:

перший етап – формування вихідних даних для проведення розрахунків (об’єкт ураження, можливості ЛА, АЗУ, умови виконання бойового завдання тощо);

другий етап – розрахунок значень некерованих параметрів, що використовуються для визначення полігонних нарядів УА;

третій етап – розрахунок значень керованих параметрів, що використовуються для визначення полігонних нарядів УА;

четвертий етап – формування можливих варіантів полігонних нарядів для ураження об’єкта противника;

п’ятий етап – оцінювання ефективності можливих варіантів полігонних нарядів для ураження об’єкта противника;

шостий етап – визначення раціонального полігонного наряду для ураження об’єкта противника;

сьомий етап – формування сукупності раціональних варіантів нарядів УА для застосування по об’єктах противника.

Оцінювання ефективності можливих варіантів полігонних нарядів УА для ураження кожного типу об’єктів противника здійснюється за такими показниками:

час підготовки ЛА з обраним варіантом озброєння до бойового вильоту – $k_{\text{підг}}$;

трудомісткість підготовки ЛА з обраним варіантом озброєння до бойового вильоту – $k_{\text{ла}}$;

витрати палива ЛА з обраним варіантом озброєння під час бойового вильоту – $k_{\text{пал}}$;

вартість обраного варіанта озброєння, що застосовується ЛА по об’єкту, – $k_{\text{озбр}}$.

Час підготовки ЛА з обраним варіантом озброєння до бойового вильоту ($k_{\text{підг}}$) визначається витратою часу для підготовки авіаційної техніки без зміни та зі зміною варіантів бойового спорядження.

Трудомісткість підготовки ЛА з обраним варіантом озброєння до бойового вильоту ($k_{\text{ла}}$) оцінюється витратами людського ресурсу та часу за формулою:

$$k_{\text{ла}} = \sum_{i=1}^n T_{\text{підг}_i} m_{\text{підг}_i}, \quad (3.10)$$

де $T_{\text{підг}_i}$ – витрати часу на проведення i -ї операції підготовки ЛА з обраним варіантом озброєння до бойового вильоту, год;

$m_{i\text{од}i}$ – витрати людського ресурсу на проведення i -ї операції підготовки ЛА з обраним варіантом озброєння до бойового вильоту, *чол*;

n – кількість потрібних операцій для підготовки ЛА з обраним варіантом озброєння до бойового вильоту, *од*.

Вихідні дані для проведення розрахунків визначаються відповідно до нормативних документів.

Витрати палива основних типів ЛА УА з обраним варіантом озброєння під час бойового вильоту ($k_{\text{нал}}$) визначаються з урахуванням заправлення певного типу ЛА паливом та його витратами для різних висот польоту.

Вартість обраного варіанта озброєння, що застосовується ЛА по об'єкту ($k_{\text{озбр}}$), визначається шляхом розрахунку вартості певного типу АЗУ на їхню кількість при обраному варіанті ураження об'єкта противника.

Визначення раціонального наряду ЛА УА для ураження об'єкта противника здійснюється шляхом знаходження компромісу між різними показниками, які є незалежними між собою. Тоді завдання прийняття рішення щодо раціонального полігонного наряду УА формально може бути зведене до пошуку відображення F , яке кожній сукупності показників, що характеризують варіант полігонного наряду (альтернативу), ставить у відповідність дійсне число.

Для пошуку дійсних чисел часткових показників формується сукупність часткових показників ефективності застосування j -х нарядів по k -му об'єкту $\{N_{\text{еф}ij}\}$, визначаються їхні безрозмірні значення та коефіцієнти важливості a_j .

При цьому перехід від розмірного значення конкретного часткового показника до безрозмірного визначається за формулою:

$$x_j = \frac{k_j}{k_{j\text{max}}} , \quad (3.11)$$

де k_j – значення конкретного часткового показника;

$k_{j\text{max}}$ – максимальне значення часткового показника із сукупності значень часткових показників, що характеризують певну властивість ефективності наряду УА.

Коефіцієнти важливості a_j визначаються експертним методом. Для цього робиться опитування групи експертів. Кожний експерт визначає набір чисел, що відображають його погляд про важливість часткових показників.

Узагальнений показник ефективності полігонного наряду ЛА УА визначається за формулою:

$$N_{ef} = \sum_{j=1}^n a_j x_j, \quad \sum_{i=1}^R a_j = 1, \quad (3.12)$$

де n – кількість полігонних нарядів УА, які можуть бути застосовані по j -му об'єкту, од;

$a_1, a_2, \dots, a_R$ – коефіцієнти важливості часткових показників ($k_{нідс}, k_{ла}, k_{нал}, k_{озбр}$).

За результатами розрахунків формується відповідна матриця ефективності полігонних нарядів УА для ураження об'єкта противника (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

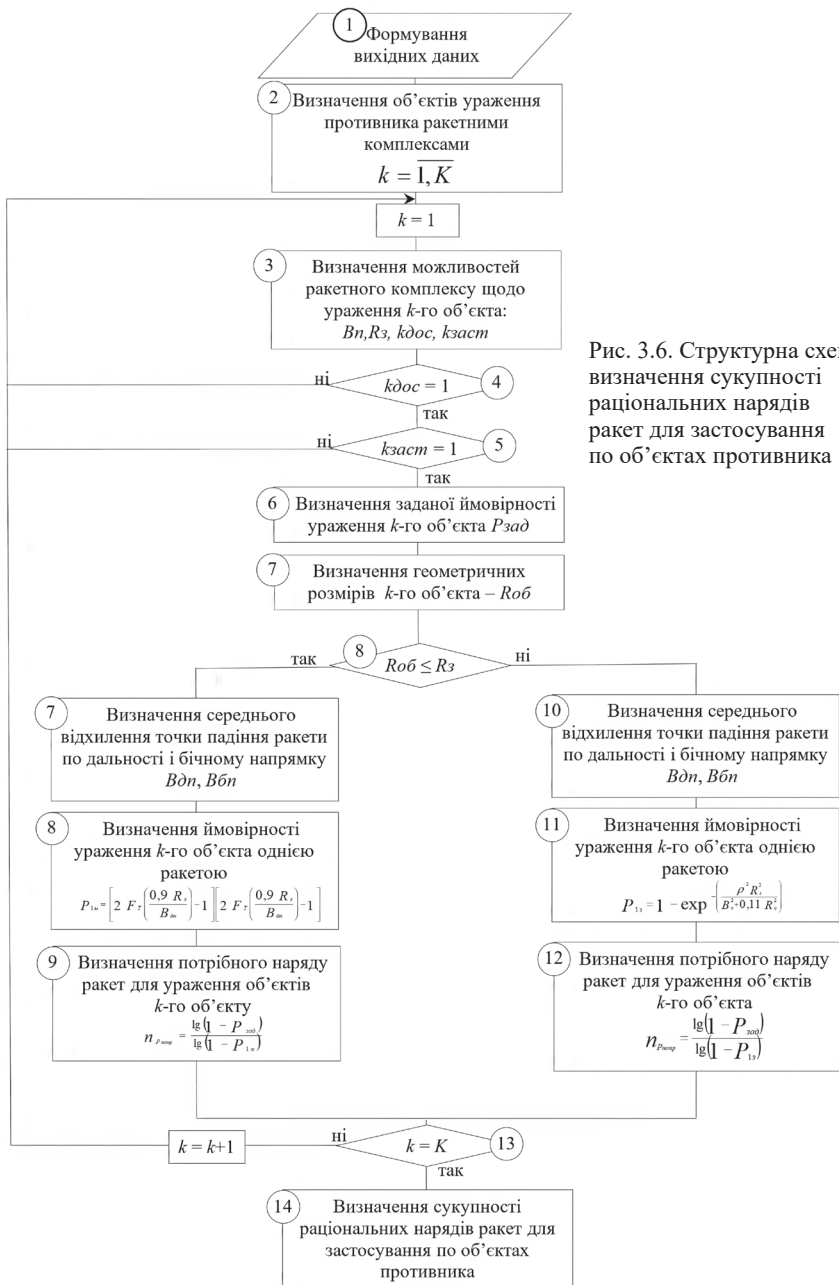
Матриця ефективності полігонних нарядів УА для ураження об'єкта противника

Варіанти полігонних нарядів УА	Значення часткових показників ефективності наряду								Ефективність варіантів полігонних нарядів УА
	$k_{нідс}$		$k_{ла}$		$k_{нал}$		$k_{озбр}$		
	Вага	Оцінка	Вага	Оцінка	Вага	Оцінка	Вага	Оцінка	
N_1	b_1	$k_{нідс1}$	b_2	$k_{ла1}$	b_3	$k_{нал1}$	b_4	$k_{озбр1}$	N_{ef1}
N_2		$k_{нідс2}$		$k_{ла2}$		$k_{нал2}$		$k_{озбр2}$	N_{ef2}
...		...		...		...		...	...
N_n		$k_{нідсn}$		$k_{лан}$		$k_{налn}$		$k_{озбрn}$	N_{efn}

Обов'язковою умовою визначення раціонального наряду УА є мінімізація часткових показників. З урахуванням цього узагальненим критерієм визначення раціонального варіанта є [33; 39; 42]:

$$N_{ef\text{ рац}} = \sum_{j=1}^n a_j x_j \rightarrow \min. \quad (3.13)$$

Структурну схему визначення сукупності раціональних нарядів УА для застосування по об'єктах противника наведено на рис. 3.6, 3.7.



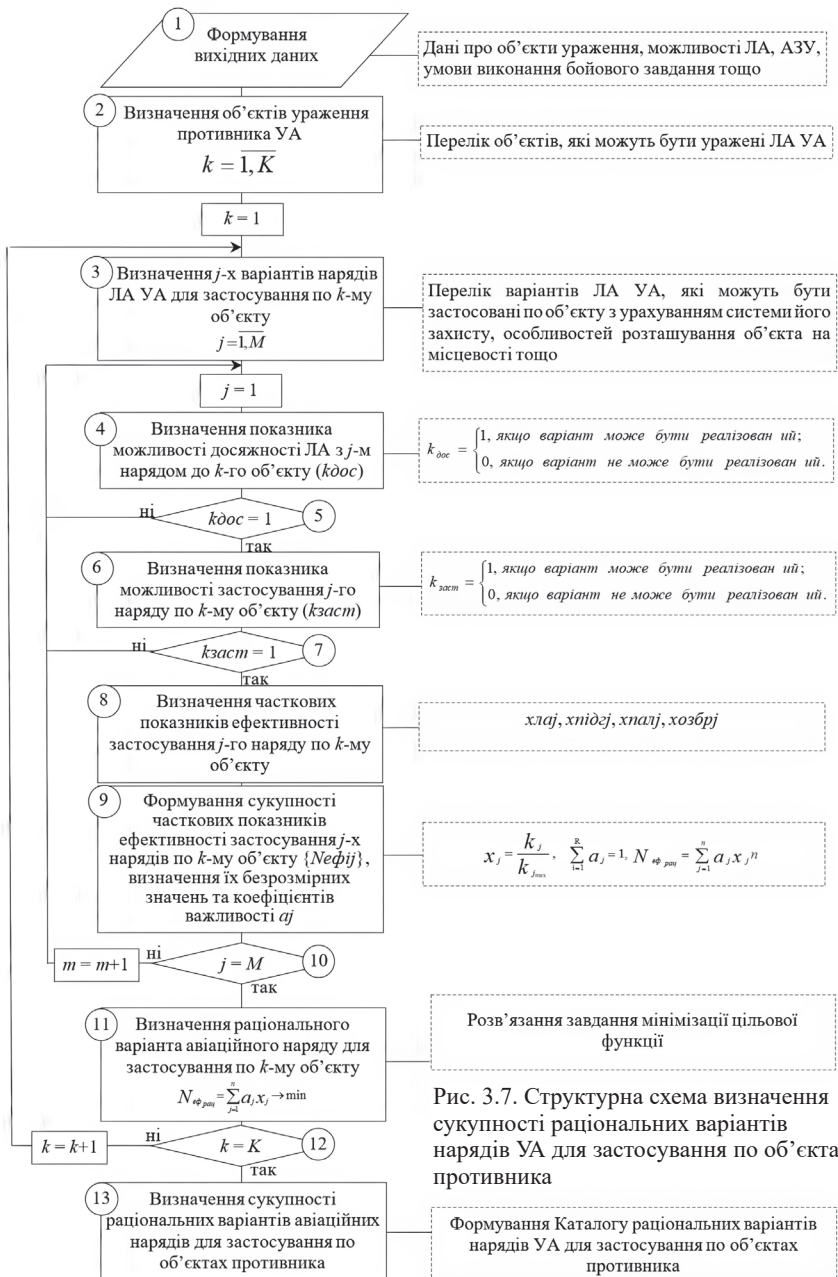


Рис. 3.7. Структурна схема визначення сукупності раціональних варіантів нарядів УА для застосування по об'єктах противника

РОЗДІЛ 3

СИНТЕЗ СИСТЕМ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

4.1. Методика визначення ймовірності відсічі державою збройної агресії

Оцінювання можливостей держави щодо відсічі збройної агресії противника є найважливішим завданням органів державного і військового управління. Успіх відсічі збройної агресії визначається не лише бойовими, а й воєнно-економічними, духовними воєнно-політичними, воєнними, науково-технічними можливостями держави, що ускладнює виконання завдання.

Відсіч агресії не можна інтерпретувати як звичайне продовження минулого – такого минулого може не існувати. Тому для оцінювання можливостей щодо відсічі збройної агресії доцільно використовувати системну методологію передбачення, що ґрунтується на висновках експертів [32].

Від обґрунтованості оцінювання можливостей щодо відсічі агресії залежить воєнна безпека держави, її територіальна цілісність, незалежність. На підставі передбачуваних можливостей відсічі агресії мають за потреби прийматися рішення щодо зміцнення обороноздатності держави, що обумовлює прагматичність та актуальність проблеми [37].

Можливості щодо відсічі збройної агресії насамперед залежать від співвідношення воєнних потенціалів протиборчих сторін.

Воєнний потенціал (ВП) – це можливості держави утримувати та вдосконалювати збройні сили, підвищувати їхню боєздатність, поповнювати навченими кадрами, оснащувати сучасним озброєнням та військовою технікою, усіма видами постачання в мирний та воєнний час, забезпечити досягнення цілей війни.

За сценарієм війни, коли одна держава здійснює збройний напад, а друга – обороняється, для обґрунтування критеріїв воєнної переваги у війні можуть використовуватися воєнні потенціали протиборчих держав. При цьому воєнний потенціал держави, як правило, поділяють на: воєнно-економічний; духовний; воєнно-політичний;

воєнний науково-технічний; бойовий [6]. Для визначення залежності ймовірності відбиття агресії від співвідношення воєнних потенціалів сторін застосовується логістична функція.

За іншим підходом розглядається воєнна могутність держави, яка структурно складається з воєнного, економічного, духовного і наукового потенціалів. У цьому випадку воєнний потенціал розглядається як бойовий потенціал ЗС України і за сутністю відповідає складовій воєнного потенціалу [24; 33].

Категорії «воєнний потенціал» і «воєнна могутність» держави у структурному відношенні можна вважати рівнозначними.

Для розв'язання завдання оцінювання воєнної могутності держав може бути використаний нечіткий інтеграл Сугено. У такому випадку фізичний зміст оцінки воєнної могутності держав трактується як рівень її відповідності еталону.

Під час оцінювання воєнного потенціалу держави необхідно використовувати часткові показники його складових та інтегрований показник. Проте кількісна оцінка в абсолютних одиницях складових воєнного потенціалу ускладнена, а в більшості випадків – неможлива.

Оцінювання воєнного потенціалу здійснюється з метою забезпечення воєнної безпеки держави, тобто оцінювання необхідно здійснювати відносно країни, яка становить найбільшу небезпеку відносно для держави у воєнній сфері.

Ураховуючи невизначеність таких відносин, за аналогією нечіткої логіки воєнний потенціал доцільно оцінювати за лінгвістичними параметрами (оцінками): «дуже високий», «високий», «середній» та ін. У цьому випадку лінгвістичні параметри характеризують рівень воєнного потенціалу відносно країни, яка становить небезпеку для держави у воєнній сфері.

При такому підході рівні воєнного потенціалу можна вважати за альтернативи. Під час визначення їх пріоритетів необхідно врахувати структуру воєнного потенціалу і фактори, що впливають на складові цієї структури. Тобто завдання визначення пріоритетів рівнів воєнного потенціалу стає ієрархічним.

Таке завдання найбільш просто розв'язується з використанням МАІ, який засновується на попарних порівняннях. МАІ є систематичною процедурою ієрархічного представлення елементів, які визначають суть розв'язуваного завдання [58-60]. Метод полягає в декомпозиції завдання на більш прості складові частини і подальшій обробці послідовності суджень експертів попарним порівнянням [43; 44].

Пріоритети альтернатив (у нашому випадку пріоритети рівнів воєнного потенціалу), які отримуються з використанням МАІ, можна отождествити з ймовірностями вибору альтернатив. Пріоритети елементів ієрархії, що впливають на рейтинг альтернатив, можна вважати ймовірностями гіпотез. Тому спосіб обчислення пріоритетів альтернатив аналогічний застосуванню формули повної ймовірності.

МАІ є корисним для рейтингування альтернатив на підставі врахування неформалізованих факторів, вплив яких на мету завдання не описується аналітичними залежностями. Це обумовлює доцільність використання МАІ для визначення пріоритетів рівнів воєнного потенціалу.

У загальному випадку застосування МАІ містить такі етапи [44]:

- визначення мети завдання, яке розв'язується;
- ієрархічне зображення розв'язання завдання, починаючи з вершини (мети), через проміжні рівні ієрархії до нижчого рівня (який зазвичай є переліком альтернатив);
- побудову необхідної кількості матриць попарних порівнянь – по одній матриці для кожного елемента, який прилягає зверху до відповідного рівня ієрархії;
- формування з матриць попарних порівнянь локальних пріоритетів, які характеризують вплив множини елементів на елемент, що прилягає зверху до відповідного рівня ієрархії;
- перевірку узгодженості суджень експертів;
- перевірку узгодженості всієї ієрархії;
- розрахунок глобальних пріоритетів альтернатив.

У нашому випадку метою завдання є визначення пріоритетів рівнів воєнного потенціалу держави. Порівнюються п'ять альтернативних рівнів воєнного потенціалу: «дуже високий» (ДВ); «високий» (В); «середній» (С); «низький» (Н); «дуже низький» (ДН).

Відповідальним етапом є ієрархічне зображення (побудова моделі) розв'язання завдання визначення пріоритетів рівнів воєнного потенціалу.

Схема розв'язання завдання оцінювання пріоритетів рівнів воєнного потенціалу держави має такий вигляд (рис. 4.1) [37; 39-41]:

- мета – (*рівень 1*);
- складові воєнного потенціалу – (*рівень 2*);
- фактори – (*рівень 3*);
- альтернативи (лінгвістичні параметри оцінювання) – (*рівень 4*).

Відповідно до процедури МАІ на другому рівні ієрархії експертами складається одна квадратна обернена матриця попарних порівнянь

складових воєнного потенціалу розміром 5×5 . Експертами визначається, яка складова має найбільший вплив на рівень воєнного потенціалу держави.

На третьому рівні ієрархії (рис. 4.1) експертами складається п'ять матриць попарних порівнянь факторів, що впливають на складові воєнного потенціалу, розмірами: 6×6 ; 4×4 ; 5×5 ; 4×4 ; 8×8 . Експерти визначають, який фактор найбільше впливає на відповідну складову воєнного потенціалу.

На четвертому рівні ієрархії для кожного фактору (усього на рис. 4.1 27 факторів) складається матриця попарних порівнянь розміром 5×5 альтернатив – лінгвістичних параметрів оцінювання ДВ, В, С, Н, ДН. При цьому оцінюється, який лінгвістичний параметр (альтернатива) у найбільшому ступені визначає співвідношення фактора з країною – можливим противником.

Під час заповнення матриць попарних порівнянь використовується дев'ятибальна шкала МАІ. Оцінки експертів здійснюються у вигляді відношень ваг i -го і j -го елементів (ω_i / ω_j) , $i=j=\overline{1, n}$, де n – кількість елементів E_j , що порівнюються.

Вигляд матриці попарних порівнянь наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Вигляд матриці попарних порівнянь елементів

Елементи	Елементи					
	E_1	E_2	$\dots$	E_j	$\dots$	E_n
E_1	1	ω_1/ω_2	$\dots$	ω_1/ω_j	$\dots$	ω_1/ω_n
E_2	ω_2/ω_1	1	$\dots$	ω_2/ω_j	$\dots$	ω_2/ω_n
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$
E_i	ω_i/ω_1	ω_i/ω_2	$\dots$	1	$\dots$	ω_i/ω_n
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$
E_n	ω_n/ω_1	ω_n/ω_2	$\dots$	ω_n/ω_j	$\dots$	1

Заповнення матриць здійснюється групою експертів з 10-15 осіб. У цьому випадку ймовірність істинності колективного експертного висновку дорівнює приблизно 0,8.

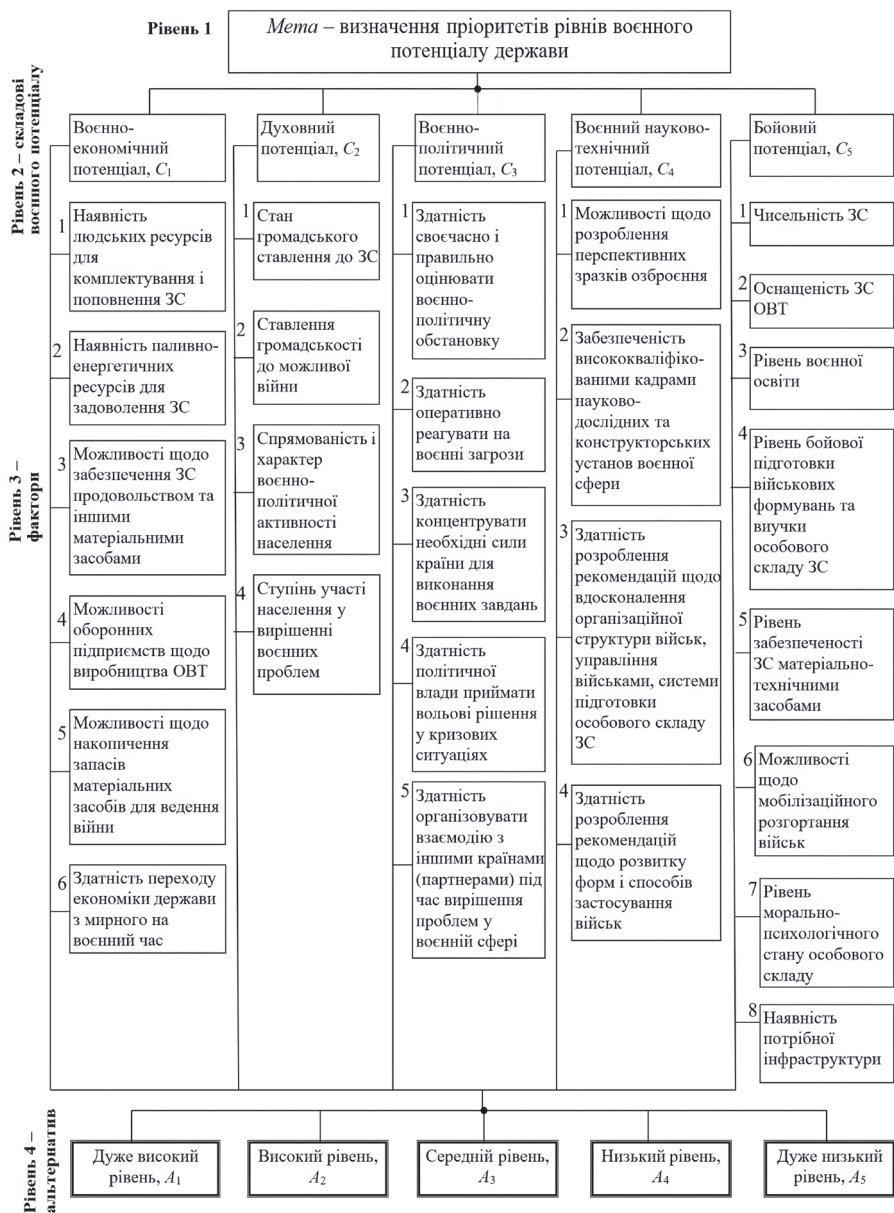


Рис. 4.1. Ієрархічне зображення (побудова моделі) розв'язання завдання визначення пріоритетів рівнів воєнного потенціалу держави (варіант)

Матриці заповнюються або на підставі консенсусу між експертами, або кожним експертом індивідуально. В останньому випадку результати зводяться до однієї матриці на підставі геометричного середнього відношень (табл. 4.1), що надаються кожним експертом.

Для оцінювання пріоритетів елементів E_i ($i=\overline{1,n}$) спочатку обчислюються за рядками матриці компоненти власного вектору за формулою [43]:

$$a_i = \sqrt[n]{\frac{\omega_i}{\omega_1} \times \frac{\omega_i}{\omega_2} \times \dots \times \frac{\omega_i}{\omega_j} \times \dots \times \frac{\omega_i}{\omega_n}}, \quad i=\overline{1,n} \quad (4.1)$$

Пріоритети елементів E_i отримують шляхом нормалізації компонентів власного вектору:

$$\phi_i = \frac{a_i}{\sum_i a_i}, \quad i=\overline{1,n}, \quad \sum_i \phi_i = 1. \quad (4.2)$$

Узгодженість матриць попарних порівнянь запропоновано характеризувати індексом узгодженості. Для цього визначається сума відношень (ω_i / ω_j) кожного стовпця матриці $x_j, j=\overline{1,n}$ та обчислюється величина λ_{max} за формулою:

$$\lambda_{max} = x_1 \phi_1 + x_2 \phi_2 + \dots + x_n \phi_n. \quad (4.3)$$

Індекс узгодженості визначається таким чином:

$$IY = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}, \quad n > 1. \quad (4.4)$$

У табл. 4.2 наведено середні узгодженості для випадкових матриць різного порядку.

Таблиця 4.2

Середні узгодженості для випадкових матриць

Розмір матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Середня випадкова узгодженість	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Показником узгодженості вважається відношення [37]:

$$B = \frac{IY}{BY} 100\%, \quad (4.5)$$

де BY – середня випадкова узгодженість (табл. 4.2).

Величина відношення В не повинна перевищувати 10 %. Коли В перевищує цю межу, необхідно перевірити правильність постановки завдання та судження експертів.

Таким чином визначаються пріоритети елементів для кожної матриці попарних порівнянь відповідно до ієрархічного зображення завдання на рис. 4.1.

Для розв'язання завдання щодо визначення пріоритетів рівнів воєнного потенціалу держави необхідно прийняти такі позначення відповідно до моделі на рис. 4.1:

C_i ($i = \overline{1, n}$) – i -та складова воєнного потенціалу;

Φ_{ij} ($j = \overline{1, m_i}$) – j -й фактор i -ї складової воєнного потенціалу;

A_r ($r = \overline{1, R}$) – r -та альтернатива (лінгвістичний параметр рівня воєнного потенціалу);

n – кількість складових воєнного потенціалу;

m_i – кількість факторів, що впливають на i -ту складову воєнного потенціалу;

R – кількість альтернатив.

З матриць попарних порівнянь визначаються:

пріоритети складових C_i воєнного потенціалу (e_i);

пріоритети впливу факторів Φ_{ij} на складові воєнного потенціалу (f_{ij});

пріоритети оцінювання факторів Φ_{ij} лінгвістичними параметрами $A_r(a_{rij})$.

Ступені впливу факторів Φ_{ij} на воєнний потенціал визначаються за формулою [37]:

$$d_{ij} = e_i f_{ij}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m_i}. \quad (4.6)$$

Пріоритети рівнів воєнного потенціалу обчислюються таким чином:

$$P(A_r) = \sum_i \sum_j d_{ij} a_{rij}. \quad (4.7)$$

У задачах дослідження розвитку процесів для визначення залежності вихідного ефекту від вхідних ресурсів часто використовується логістична функція, яка є рівнянням розвитку з обмеженим зростанням ресурсів. Логістична функція має властивість симетрії, яка, незважаючи на зовнішню штучність, є досить природною.

Загальний характер залежності воєнного успіху від співвідношення сил можна описати логістичною функцією, графік якої являє собою S-подібну криву. Передбачення результатів війни можна характеризувати ймовірністю відсічі агресії, яка визначається за формулою [66]:

$$P_{\epsilon} = \frac{1}{1 + \frac{1}{z} e^{1-z}}, \quad (4.8)$$

де z – співвідношення воєнного потенціалу держави, в інтересах якої оцінюється ймовірність P_{ϵ} , і воєнного потенціалу країни – можливого агресора.

Вид логістичної функції $P_{\epsilon} = f(z)$ наведено на рис. 4.2.

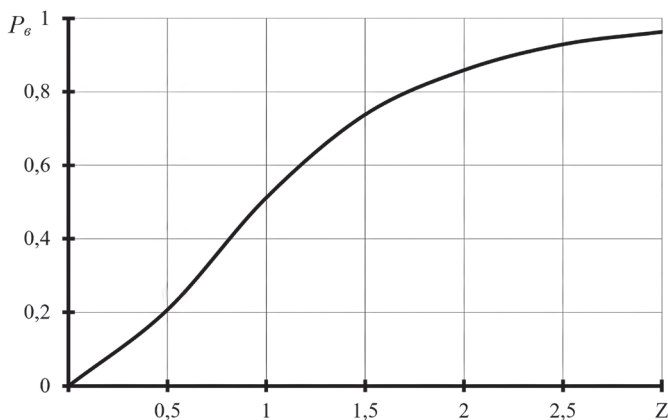


Рис. 4.2. Вид логістичної функції $P_{\epsilon} = f(z)$

Під час оцінювання пріоритетів рівнів воєнного потенціалу за допомогою МАІ використовувалося 5 лінгвістичних параметрів (характеристик) – *альтернатив*.

Можна вважати, що лінгвістичні параметри рівномірно розподілені на інтервали $[0; 1]$.

На відміну від нечіткого підходу, прийнято, що межі лінгвістичних параметрів не перетинаються. Параметру ДН відповідає відрізок $[0 - 0,2]$, Н – $[0,2 - 0,4]$, С – $[0,4 - 0,6]$, В – $[0,6 - 0,8]$, ДВ – $[0,8 - 1,0]$. Центрами відрізків є: для параметра ДН – 0,1; Н – 0,3; С – 0,5; В – 0,7; ДВ – 0,9.

За фізичною сутністю лінгвістичному параметру однієї сторони відповідає протилежний параметр іншої сторони. Наприклад, лінгвістичному параметру В відповідає параметр Н.

Тому можна визначити співвідношення воєнних потенціалів сторін Z_r ($r = \overline{1, R}$) як співвідношення центрів відрізків логістичних параметрів: $Z_1 = 9,00$; $Z_2 = 2,33$; $Z_3 = 1,00$; $Z_4 = 0,43$; $Z_5 = 0,11$.

Це дає змогу за формулою (4.8) визначити ймовірності відсічі агресії P_{er} .

Для п'яти логістичних параметрів імовірності відсічі агресії дорівнюють: $P_{e1} = 0,997$; $P_{e2} = 0,898$; $P_{e3} = 0,500$; $P_{e4} = 0,195$; $P_{e5} = 0,043$.

Наведений підхід до визначення співвідношення воєнних потенціалів сторін відрізняється використанням лінгвістичних параметрів (оцінок) воєнного потенціалу, які здійснюються експертами відносно країни – можливого агресора.

Імовірність відсічі збройної агресії з урахуванням пріоритетів рівнів воєнного потенціалу визначається за формулою:

$$Q_e = \sum_r P_{er} \Pi(A_r), \quad r = \overline{1, R}. \quad (4.9)$$

Структурну схему методики визначення ймовірності відсічі збройної агресії показано на рис. 4.3.

У разі отримання ймовірності $Q_e < Q_e^{zad}$ необхідно розробляти рекомендації щодо підвищення воєнного потенціалу держави. Рекомендації полягають у підвищенні впливу факторів на воєнний потенціал держави і враховуються експертами під час складання матриць попарних порівнянь для третього рівня ієрархії, спираючись на рис. 4.3.

Застосування методики розглянуто на ілюстративному прикладі оцінювання ймовірності відсічі державою збройної агресії з боку країни, яка становить найбільшу воєнну небезпеку. Вважається, що держава має відомості про склад і розвиток складових воєнного потенціалу країни – можливого агресора, які використовуються експертами під час здійснення порівняльних оцінок.

У прикладі застосовується ієрархічне зображення розв'язання завдання визначення пріоритетів рівнів воєнного потенціалу держави, яке наведено на рис. 4.1. Задана ймовірність відсічі агресії $Q_e = 0,7$.

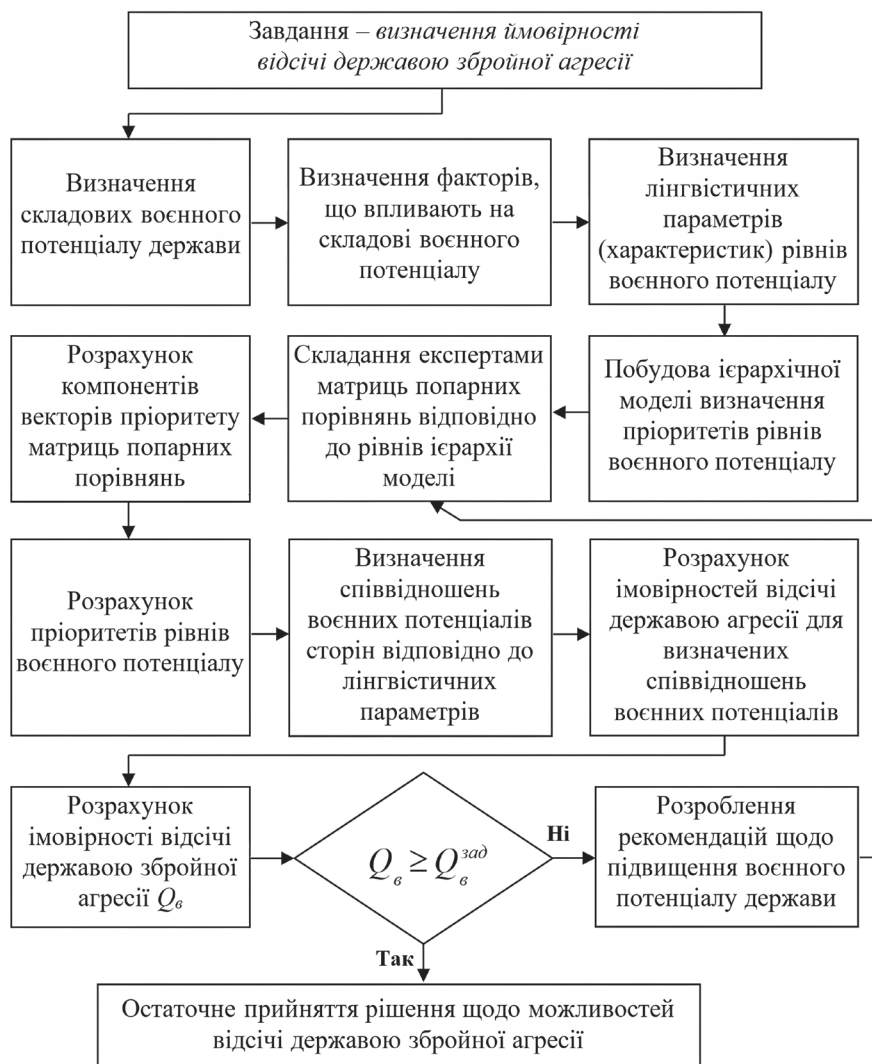


Рис. 4.3. Структурна схема методики визначення ймовірності відсічі державою збройної агресії

У табл. 4.3 наведено матрицю попарних порівнянь складових воєнного потенціалу, яка отримана експертами для другого рівня ієрархії.

Таблиця 4.3

Матриця попарних порівнянь складових воєнного потенціалу

Складові воєнного потенціалу	Воєнно- економічний потенціал, C_1	Духовний потенціал, C_2	Воєнно- політичний потенціал, C_3	Воєнний науково- технічний потенціал, C_4	Бойовий потенціал, C_5	Компоненти власного вектору	Пріоритети складових воєнного потенціалу, e_i
C_1	1	7/5	7/5	5/3	7/9	1,205	0,227
C_2	5/7	1	3/5	5/4	5/7	0,825	0,155
C_3	5/7	5/3	1	5/3	4/6	1,057	0,199
C_4	3/5	4/5	3/5	1	3/7	0,780	0,147
C_5	9/7	7/5	6/4	7/3	1	1,445	0,272

$$B=2,5\%$$

Аналогічно визначені експертами пріоритети факторів f_{ij} та пріоритети лінгвістичних параметрів a_{rij} .

У табл. 4.4 наведено пріоритети f_{ij} факторів Φ_{ij} та результати визначення за формулою (4.6) ступенів d_{ij} їхнього впливу на воєнний потенціал.

Таблиця 4.4

Пріоритети факторів та ступені їхнього впливу на воєнний потенціал

Номер фактору, j	f_{1j}	d_{1j}	f_{2j}	d_{2j}	f_{3j}	d_{3j}	f_{4j}	d_{4j}	f_{5j}	d_{5j}
1	0,22	0,050	0,26	0,040	0,23	0,046	0,38	0,056	0,15	0,041
2	0,16	0,036	0,45	0,070	0,18	0,036	0,24	0,035	0,14	0,038
3	0,13	0,029	0,18	0,027	0,28	0,056	0,22	0,032	0,09	0,025
4	0,18	0,041	0,11	0,018	0,16	0,032	0,16	0,024	0,12	0,032
5	0,14	0,032	—	—	0,15	0,029	—	—	0,13	0,035
6	0,17	0,039	—	—	—	—	—	—	0,14	0,038
7	—	—	—	—	—	—	—	—	0,15	0,041
8	—	—	—	—	—	—	—	—	0,08	0,022

Пріоритети a_{rij} оцінювання факторів Φ_{ij} складових воєнного потенціалу C_i лінгвістичними параметрами A_r наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5

Пріоритети оцінювання факторів лінгвістичними параметрами

Лінгвістичний параметр рівня воєнного потенціалу, A_r	Складові воєнного потенціалу, C_i														
	C_1						C_2				C_3				
	Фактори, Φ_{1j}						Фактори, Φ_{2j}				Фактори, Φ_{3j}				
	a_{r11}	a_{r12}	a_{r13}	a_{r14}	a_{r15}	a_{r16}	a_{r21}	a_{r22}	a_{r23}	a_{r24}	a_{r31}	a_{r32}	a_{r33}	a_{r34}	a_{r35}
A_1	0,21	0,07	0,08	0,15	0,12	0,12	0,30	0,25	0,15	0,12	0,12	0,16	0,14	0,18	0,09
A_2	0,25	0,15	0,22	0,16	0,18	0,18	0,27	0,26	0,25	0,28	0,15	0,21	0,28	0,21	0,25
A_3	0,28	0,25	0,45	0,21	0,35	0,40	0,18	0,21	0,35	0,26	0,31	0,38	0,35	0,26	0,28
A_4	0,15	0,33	0,15	0,32	0,21	0,20	0,13	0,16	0,16	0,21	0,25	0,12	0,16	0,18	0,26
A_5	0,11	0,20	0,10	0,16	0,14	0,10	0,12	0,12	0,09	0,13	0,17	0,13	0,07	0,17	0,12

Продовження таблиці 4.5

Лінгвістичний параметр рівня воєнного потенціалу, A_r	Складові воєнного потенціалу, C_i											
	C_4				C_5							
	Фактори, Φ_{4j}				Фактори, Φ_{5j}							
	a_{r41}	a_{r42}	a_{r43}	a_{r44}	a_{r51}	a_{r52}	a_{r53}	a_{r54}	a_{r55}	a_{r56}	a_{r57}	a_{r58}
A_1	0,06	0,18	0,17	0,16	0,10	0,16	0,15	0,16	0,17	0,11	0,35	0,18
A_2	0,15	0,21	0,23	0,24	0,28	0,24	0,20	0,31	0,21	0,20	0,26	0,21
A_3	0,41	0,23	0,22	0,21	0,33	0,28	0,35	0,21	0,35	0,40	0,21	0,32
A_4	0,22	0,17	0,18	0,19	0,17	0,20	0,19	0,14	0,12	0,16	0,12	0,14
A_5	0,16	0,21	0,20	0,20	0,12	0,12	0,11	0,18	0,15	0,13	0,06	0,15

Результати розрахунків пріоритетів рівнів воєнного потенціалу за формулою (4.7) та їхні складові наведено в табл. 4.6.

Найбільший пріоритет експерти віддали середньому рівню A_3 воєнного потенціалу держави. Наведені складові пріоритетів доцільно використовувати під час обґрунтування рекомендацій щодо підвищення воєнного потенціалу держави.

Таблиця 4.6

Пріоритети рівнів воєнного потенціалу та їхні складові

Рівні воєнного потенціалу, A_r	Пріоритети рівнів воєнного потенціалу, $P(A_r)$	Складові пріоритетів				
		Воєнно- економічна	Духовна	Воєнно- політична	Воєнна науково- технічна	Бойова
A_1	0,160	0,030	0,036	0,027	0,020	0,047
A_2	0,223	0,044	0,041	0,044	0,029	0,065
A_3	0,295	0,071	0,036	0,064	0,043	0,081
A_4	0,185	0,051	0,024	0,038	0,029	0,043
A_5	0,137	0,031	0,018	0,026	0,026	0,036

4.2. Визначення збалансованого складу Збройних Сил для ведення повітряної операції

Результати аналізу досвіду останніх воєнних конфліктів (Ірак, Югославія) свідчать, що на початку конфлікту основною формою застосування військ (сил) сторони, що його розв'язує, є ПНО. Така операція і в подальшому може вважатися за основну форму застосування військ (сил) на початку розв'язання будь-якого воєнного конфлікту [62; 64; 67].

За досвідом застосування військ (сил) у воєнних конфліктах ПНО являє собою скоординовані і сконцентровані бойові дії об'єднань, з'єднань і частин видів ЗС, переважно ПС і ВМС (КР і авіація), у яких різно-рідні сили, у тому числі і ППО, діють спільно під єдиними керівництвом для досягнення поставлених цілей.

Цілями ПНО можуть бути: завоювання переваги в повітрі; дезорганізація державного і воєнного управління; зрив розгортання угруповання військ (сил) сторони, що обороняється, та ін.

Для протидії ПНО стороною, що обороняється, може проводитися повітряна операція (ПО), яка за змістом містить як оборонні, так і наступальні дії.

Повітряна операція являє собою узгоджені бойові дії об'єднань, з'єднань, частин видів ЗС, родів військ, спеціальних військ, які проводяться при вирішальній ролі ПС під єдиним керівництвом для досягнення поставлених цілей.

Цілями ПО можуть бути [17]:

- зрив ПНО противника; недопущення завоювання противником переваги в повітрі;
- ураження об'єктів воєнно-промислового комплексу противника;
- порушення державного та військового управління;
- ураження резервів військ противника та ін.

У ПО можуть брати участь:

- авіаційні з'єднання і частини ПС;
- з'єднання, частини і підрозділи ППО ПС, СВ, ВМС;
- військові частини і підрозділи РТВ;
- з'єднання і частини РВіА;
- військові частини АА СВ;
- військові частини та підрозділи РЕБ;
- військові частини та підрозділи ССО, Десантно-штурмових військ.

Для проведення ПО створюються відповідні угруповання військ (сил), основними з яких є угруповання авіації та сил і засобів ППО ПС.

Від складу, збалансованості компонентів угруповань авіації та сил і засобів ППО залежить ефективність ведення ПО.

Під збалансованістю розуміються такі співвідношення між компонентами угруповань військ (сил), які забезпечують виконання бойових завдань із максимальною ефективністю при їх обмеженому кількісному складі.

Під час розвитку ЗС необхідно передбачити склад ПС, який може забезпечити створення збалансованих угруповань авіації та сил і засобів ППО для ведення ПО.

Тому визначення збалансованого складу ЗС для ведення ПО має не лише теоретичне, а й практичне значення.

На сьогодні для обґрунтування складів угруповань військ (сил) будь-якого призначення застосовуються методичні підходи, які ґрунтуються на використанні як однокритеріальних, так і багатокритеріальних методів аналізу. Зазвичай під час застосування цих підходів формується безліч варіантів складу угруповання військ (сил) ЗС з урахуванням обмежень на кількісний склад компонентів.

При застосуванні однокритеріального методу раціональний варіант бойового складу угруповання військ (сил) ЗС обирається виходячи із забезпечення максимальної ефективності за обмежених витрат на його створення або забезпечення потрібної ефективності за мінімальних витрат сил і засобів.

Однак такий підхід не забезпечує визначення збалансованого складу угруповання військ (сил), тому що для цього необхідно враховувати внески компонентів у загальну ефективність та витрати на їх створення. Крім цього, серед безлічі варіантів, отриманих способом випадкового перебору, може бути пропущений варіант, який забезпечує найкращу збалансованість компонентів угруповання військ (сил), тобто знадобиться застосування спеціальних методів для формування безлічі варіантів складу угруповання військ (сил).

Одним із можливих підходів щодо визначення складу загальновійськового міжвидового угруповання військ (сил) ЗС є використання методу багатокритеріального аналізу (таксономії). Основні положення цього підходу доцільно враховувати під час розроблення методики визначення збалансованого складу ЗС для ведення ПО. Для цього насамперед необхідно врахувати особливості застосування в ПО авіації та сил і засобів ППО ПС. Визначено, що за середньої кількості ЗПН противника, які залучаються до воєнного конфлікту, втрати об'єктів ППО практично не залежать від співвідношення ВА і ЗРВ, що обумовило прийняти фіксованим співвідношення літаків ВА і засобів ЗРВ залежно від їх наявності у складі ЗС. За такою умови не забезпечується визначення збалансованості всіх компонентів ПС.

Таким чином, розглянуті методичні підходи не можуть повною мірою забезпечити визначення збалансованого складу ЗС для ведення ПО і потребують удосконалення. ЗС України для ведення ПО має створюватися єдине за метою застосування угруповання військ (сил), яке містить усі сили і засоби, що знаходяться в їх складі. Таке угруповання військ (сил) можна вважати за складну систему військового призначення організаційно-технічного типу.

Відповідно до принципів системного аналізу складну систему можна розчленувати на підсистеми, *об'єднані загальною метою функціонування підсистеми*: ударну авіаційну, винищувального авіаційного прикриття, зенітного ракетного прикриття, розвідки повітряного противника, управління, РЕБ, матеріального і технічного забезпечення.

Основу угруповання ЗС в ПО становлять перші три підсистеми, які безпосередньо діють на противника. Тому визначення складу ЗС доцільно починати з обґрунтування складу саме цих підсистем, які переважно визначають вимоги до інших підсистем. Ударну авіаційну, винищувального авіаційного прикриття, зенітного ракетного прикриття підсистеми утворюють роди ПС. З метою визначення збалансованого складу ці підсистеми розчленовуються на компоненти: бомбардувальної, штурмової, ВА, ЗРВ середньої дальності (СД), малої дальності (МД).

Структурну схему методики визначення збалансованого складу ЗС для ведення ПО наведено на рис. 4.4 [17].

Під час визначення збалансованого складу ЗС необхідно враховувати дію у ПО угруповань військ ППО, РВіА, АА СВ, частин і підрозділів РЕБ, сил ППО ВМС. Ефективність ПО залежить не лише від складу ЗС, а й від способів їхнього застосування, насамперед від порядку застосування сил і засобів ПС в операції. Завдання вибору раціонального способу застосування сил і засобів ПС у ПО та визначення збалансованого складу ЗС для ведення ПО взаємопов'язані й повинні розв'язуватися за єдиними методичними положеннями.

Процес протидії сторін у ПНО і ПО можна представити як обмін РАУ з метою виконання поставлених завдань для досягнення цілей операцій.

Пропонується для вибору раціональної послідовності завдання РАУ по військах і об'єктах противника формувати безліч варіантів дій сторін із використанням евристичних методів. Тобто на кожний варіант дій противника призначається безліч варіантів дій угруповання ЗС в ПО.

Варіант дій кожної сторони повинен містити [24; 46-48]:

- послідовність завдання ударів;
- завдання РАУ;
- склад сил і засобів, котрі залучаються для завдання і відбиття ударів (зокрема РВіА, військ ППО СВ, РЕБ).

Під час формування варіантів (способів) дій угруповання ЗС використовується базовий склад сил і засобів, який визначається як середнє значення кількісного складу його компонентів з урахуванням обмежень, прийнятих для дослідження.

Вибір раціонального варіанта (способу) бойових дій угруповання ЗС в ПО здійснюється з використанням принципів теорії ігор. Для цього складається матриця співвідношень бойових потенціалів сил і засобів протидіючих сторін ($n \times m$) на кінець ПО для всіх сполучень варіантів дій угруповання військ (сил) противника і угруповання ЗС. Співвідношення бойових потенціалів визначаються за формулою [24]:

$$S_{ij} = S_o \left(\frac{1 - M_{\text{em.i.j}}^{\text{np.}}}{1 - M_{\text{em.i.j}}^{\text{н.}}} \right); \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m} \quad (4.10)$$

де n, m – кількість варіантів (способів) бойових дій угруповання військ противника і угруповання ЗС відповідно;

S_o – співвідношення бойових потенціалів протидіючих сторін на початок ПО;

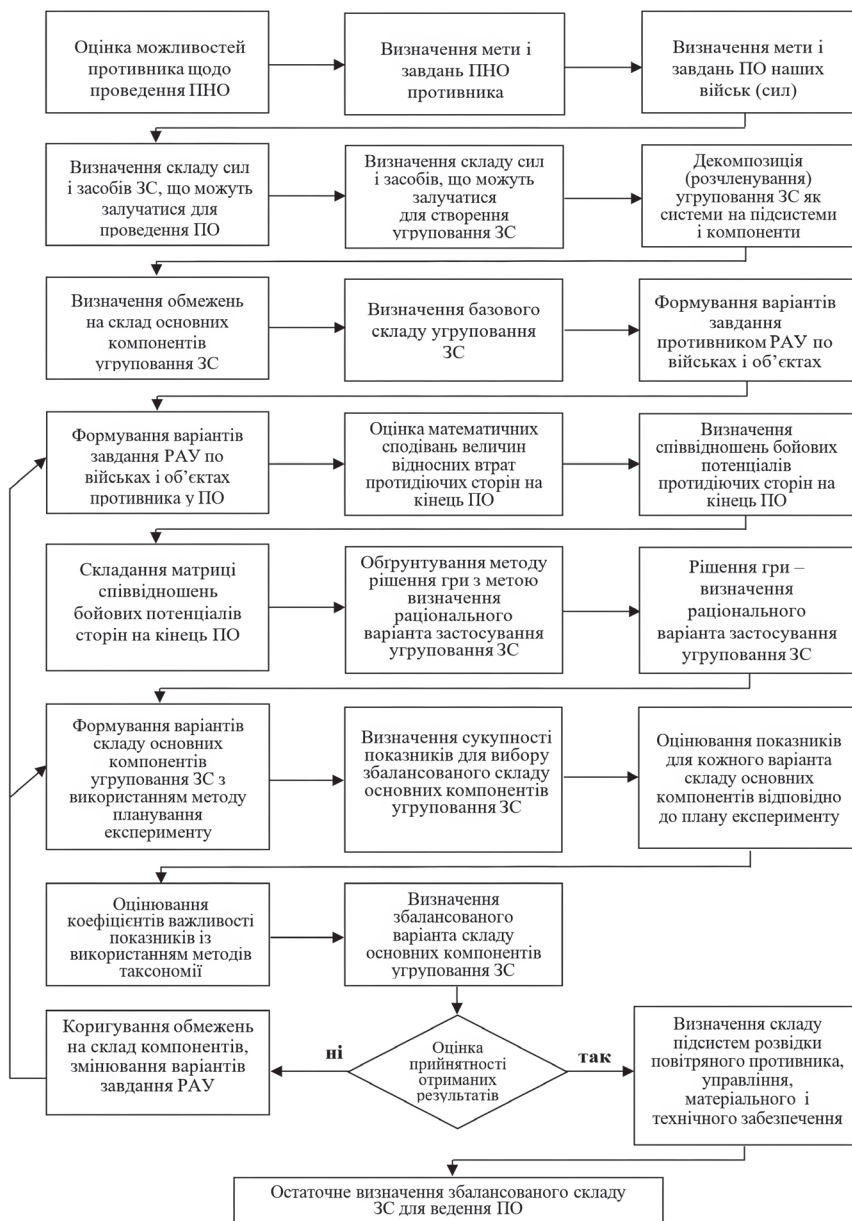


Рис. 4.4. Структурна схема методики визначення збалансованого складу ЗС для ведення ПО

$M_{\text{вт.}ij}^{\text{np.}}$, $M_{\text{вт.}ij}^{\text{н.}}$ – математичне сподівання величини відносних втрат бойових потенціалів угруповання військ (сил) противника і угруповання ЗС на кінець операції відповідно.

Відповідно до теорії ігор рішення гри може здійснюватися в «чистих» або «змішаних» стратегіях. За результатами рішення гри визначаються найбільш імовірний варіант (спосіб) бойових дій i^* угруповання військ (сил) противника і раціональний варіант (спосіб) бойових дій j^* угруповання ЗС.

Математичні сподівання $M_{\text{вт.}ij}^{\text{np.}}$, $M_{\text{вт.}ij}^{\text{н.}}$ можуть визначатися з використанням різноманітних аналітичних методик, які можуть також використовуватися для оцінювання втрат об'єктів державного управління і економіки.

Для визначення збалансованого складу основних компонентів угруповання ЗС формуються варіанти їх складу з використанням методу планування експерименту. У нашому випадку експеримент планується для п'яти параметрів (компонентів) і трьох рівнів їх варіювання. Для цього потрібно розглянути 21 варіант складу основних компонентів угруповання ЗС.

Рівні варіювання кількісного складу компонентів визначаються виходячи з можливостей створення й утримання видів та родів ЗС. Значення компонентів, які відповідають початковому складу угруповання ЗС, приймаються за *середній (базовий) рівень*.

Нижній і верхній рівень варіювання компонентів визначаються шляхом збільшення (зменшення) середнього рівня. При формуванні плану експерименту кількісні значення компонентів приводяться до єдиних умовних одиниць (бойових потенціалів).

Для визначення збалансованого складу основних компонентів угруповання ЗС для ведення ПО доцільно використовувати сукупність показників, які характеризують ефективність бойового застосування угруповання та його компонентів, бойовий потенціал компонентів, вартість бойових засобів. До таких показників відносяться [24]:

$M_{\text{вт.о.}}^{\text{н.}}$, $M_{\text{вт.о.}}^{\text{np.}}$ – математичне сподівання величин відносних втрат наших об'єктів державного управління та економіки і противника від РАУ на кінець ПО відповідно;

$M_{\text{вт.в.}}^{\text{н.}}$, $M_{\text{вт.в.}}^{\text{np.}}$ – математичне сподівання величин відносних втрат наших військ і противника відповідно;

δ_{ol}, δ_{el} – внесок кожного l -го компонента угруповання ЗС у загальні втрати об'єктів державного управління та економіки і військ противника (у загальну ефективність) відповідно;

C_l – вартість озброєння кожного l -го компонента угруповання ЗС;
 S – співвідношення бойових потенціалів протидіючих сторін на кінець ПО.

Математичні сподівання $M_{вт.д.}^{н.}, M_{вт.д.}^{np.}, M_{вт.в.}^{н.}, M_{вт.в.}^{np.}$ також можуть визначатися з використанням відомих методик або математичних моделей. Під час визначення цих показників ураховуються коефіцієнти важливості об'єктів державного управління та економіки і коефіцієнти оперативного-тактичної важливості військових об'єктів.

Внески компонентів δ_{ol}, δ_{el} визначаються за формулами:

$$\delta_{ol} = \frac{\Delta M_{вт.д.}^{np.}}{M_{вт.д.}^{np.}}; \delta_{el} = \frac{\Delta M_{вт.в.}^{np.}}{M_{вт.в.}^{np.}}; l = \overline{1, L};$$

$$\sum_{l=1}^L \delta_{ol} \leq 1; \sum_{l=1}^L \delta_{el} \leq 1,$$
(4.11)

де L – кількість компонентів угруповання ПС (у нашому випадку $L = 5$);

$\Delta M_{вт.д.}^{np.}, \Delta M_{вт.в.}^{np.}$ – математичне сподівання величини відносних втрат, що завдаються об'єктам державного управління та економіки і військовим об'єктам противника l -м компонентом угруповання ПС відповідно.

Якщо у ПО застосовуються РВіА, війська ППО СВ, сили і засоби ППО ВМС, АА СВ, то сума внесків компонентів угруповання ПС у загальну ефективність операції може бути менше одиниці.

Внески інших родів військ і сил у загальну ефективність ПО визначаються за формулами:

$$\delta_{in.q} = 1 - \sum_{l=1}^L \delta_{ol}; \delta_{in.в} = 1 - \sum_{l=1}^L \delta_{el}.$$
(4.12)

Вартість озброєння компонентів угруповання ЗС визначається підсумовуванням вартостей зразків озброєння, що складають ці компоненти.

Співвідношення бойових потенціалів протидіючих сторін S на кінець ПО визначається за формулою (4.10).

Відповідно до плану експерименту перелічені вище показники визначаються для всіх (у нашому випадку 21) варіантів складу компонентів угруповання ЗС. Під час оцінювання показників, що характеризують ефективність застосування угруповання ЗС, ураховується j^* -й раціональний спосіб бойових дій, визначений із використанням принципів теорії ігор.

Для визначення збалансованого складу основних компонентів угруповання ПС складається матриця показників (табл. 4.4).

З аналізу варіантів складу основних компонентів угруповання ЗС виключаються варіанти, для яких $S_k > S_{\text{зад}}$ ($S_{\text{зад}}$ – задане співвідношення бойових потенціалів протидіючих сторін на кінець ПО).

Отримана матриця значень показників (табл. 4.4) дозволяє застосувати для визначення збалансованого складу основних компонентів угруповання ПС методи багатокритеріального аналізу. Найбільш простими і випробуваними для розв’язання подібних завдань є методи таксономії (кластерного аналізу).

Вибір збалансованого найкращого варіанта складу угруповання ПС здійснюється в багатомірному просторі, розмірність якого визначається кількістю показників (табл. 4.4).

У нашому випадку розглядається 20 показників. Кожному варіанту складу основних компонентів угруповання ЗС відповідає сукупність значень показників у багатомірному просторі. Для використання методів таксономії здійснюється стандартизація показників, складається матриця стандартизованих значень показників.

Під час порівняння альтернатив (варіантів) усі показники поділяються на стимулятори і дестимулятори залежно від їхнього впливу на рейтинг альтернативи. Показники, збільшення яких спричиняє підвищення рейтингу альтернативи, називають стимуляторами, а зменшення – дестимуляторами.

У нашому випадку показники $M_{\text{ем.д}}^{\text{np.}}$, $M_{\text{ем.с}}^{\text{np.}}$, $\delta_{\text{ол}}$, $\delta_{\text{сл}}$ ($l=\overline{1,L}$) можна вважати стимуляторами, а показники $M_{\text{ем.д}}^{\text{н.}}$, $M_{\text{ем.с}}^{\text{н.}}$, C_l ($l=\overline{1,L}$), S – дестимуляторами.

Варіанти складу основних компонентів угруповання ЗС порівнюються з еталонним, якому відповідають максимальні значення показників – стимуляторів і мінімальні значення показників – дестимуляторів.

Для порівняння варіантів складу компонентів ЗС визначаються таксономічні відстані між точками в багатомірному просторі показників, які відповідають еталонному варіанту і альтернативним варіантам. Ранжирування варіантів складу компонентів угруповання ЗС здійснюється за таксономічним показником, який для кожного варіанта визначається шляхом нормування відстаней.

За фізичною сутністю еталонний варіант можна вважати ідеальним щодо збалансованості складу основних компонентів угруповання ЗС. Що ближче таксономічний показник варіанта до одиниці, то краще збалансованість основних компонентів угруповання ЗС.

Таблиця 4.4

**Значення показників для визначення збалансованого складу
основних компонентів угруповання ЗС в ПО**

Варіант складу компонентів угруповання ПС, k	Показники													
	$M_{k\text{ вт.д.}}^{np.}$	$M_{k\text{ вт.с.}}^{np.}$	$M_{k\text{ вт.д.}}^{н.}$	$M_{k\text{ вт.с.}}^{н.}$	$\delta_{k\partial 1}$	...	$\delta_{k\partial L}$	$\delta_{k\epsilon 1}$	...	$\delta_{k\epsilon L}$	C_{kl}	...	C_{kL}	S_k
1	$M_{1\text{ вт.д.}}^{np.}$	$M_{1\text{ вт.с.}}^{np.}$	$M_{1\text{ вт.д.}}^{н.}$	$M_{1\text{ вт.с.}}^{н.}$	$\delta_{1\partial 1}$	...	$\delta_{1\partial L}$	$\delta_{1\epsilon 1}$	...	$\delta_{1\epsilon L}$	C_{1l}	...	C_{1L}	S_1
2	$M_{2\text{ вт.д.}}^{np.}$	$M_{2\text{ вт.с.}}^{np.}$	$M_{2\text{ вт.д.}}^{н.}$	$M_{2\text{ вт.с.}}^{н.}$	$\delta_{2\partial 1}$	...	$\delta_{2\partial L}$	$\delta_{2\epsilon 1}$	...	$\delta_{2\epsilon L}$	C_{2l}	...	C_{2L}	S_2
⋮	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
K	$M_{k\text{ вт.д.}}^{np.}$	$M_{k\text{ вт.с.}}^{np.}$	$M_{k\text{ вт.д.}}^{н.}$	$M_{k\text{ вт.с.}}^{н.}$	$\delta_{k\partial 1}$	...	$\delta_{k\partial L}$	$\delta_{k\epsilon 1}$	...	$\delta_{k\epsilon L}$	C_{kl}	...	C_{kL}	S_k
⋮	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
K	$M_{K\text{ вт.д.}}^{np.}$	$M_{K\text{ вт.с.}}^{np.}$	$M_{K\text{ вт.д.}}^{н.}$	$M_{K\text{ вт.с.}}^{н.}$	$\delta_{K\partial 1}$	...	$\delta_{K\partial L}$	$\delta_{K\epsilon 1}$	...	$\delta_{K\epsilon L}$	C_{Kl}	...	C_{KL}	S_K

Методи таксономії також використовуються з метою визначення коефіцієнтів важливості показників. Коефіцієнти важливості показників визначаються шляхом нормування сум відстаней відносно цього показника. За такого підходу коефіцієнт найбільш важливого показника

дорівнює одиниці. Знання коефіцієнтів важливості показників дозволяє опосередковано судити про їхній вплив на збалансованість основних компонентів угруповання ЗС.

Результати визначення раціонального варіанта завдання РАУ по військах і об'єктах противника, а також збалансованого складу основних компонентів угруповання ЗС оцінюються на прийнятність їхнього використання під час створення угруповання ЗС і планування ПО. Коли ці результати не прийнятні, може здійснюватися коригування обмежень на склад компонентів або змінювання варіантів завдання РАУ по військах і об'єктах противника. У цьому випадку розрахунки повторюються.

Під час визначення складу підсистем управління, матеріального і технічного забезпечення за основу приймається збалансований склад основних компонентів угруповання ЗС. Як і під час визначення збалансованого складу основних компонентів, доцільно формувати безліч варіантів складу цих підсистем.

Для порівняння варіантів доцільно використовувати методи експертного опитування. Експерти повинні оцінювати прогнозований ступінь виконання підсистемами завдань за призначенням. За одиницю приймається виконання підсистемами завдань у повному обсязі якісно і своєчасно.

За раціональний приймається варіант складу підсистем, якому відповідає максимальне значення суми прогнозованих ступенів виконання завдань за призначенням. Водночас методичні положення щодо визначення раціонального складу підсистем управління, матеріального і технічного забезпечення потребують подальшого пророблення і розвитку.

Підсистему розвідки повітряного противника утворюють частини і підрозділи РТВ. Ця підсистема має забезпечувати інформацією про повітряного противника пункти управління (командні пункти) військами, авіацією, силами ППО і бойовою інформацією – вогневі засоби. Для ведення радіолокаційної розвідки і видання інформації радіотехнічними частинами, підрозділами створюється радіолокаційне поле, яке характеризується параметрами: висота нижньої межі; висота верхньої межі; рубежі виявлення повітряних об'єктів для заданої висоти польоту, коефіцієнт перекриття поля та ін.

Вимоги до параметрів радіолокаційного поля визначаються забезпеченням функціонування основних підсистем угруповання ПС та ППО СВ.

4.3. Структурний синтез систем військового призначення з використанням методів багатокритеріального аналізу

Розвиток ЗС будь-якої держави неможливий без створення новітніх (удосконалення існуючих) систем збройної боротьби різного призначення. Це підтверджується досвідом російсько-української війни, локальних війн і збройних конфліктів [91-95]. На сьогодні дослідження структур складних систем має особливе значення у зв'язку з реалізацією концепцій мережецентричних війн.

Відомо, що реалізація концепцій мережецентричних війн передбачає підвищення бойової ефективності військових формувань та угруповань військ (сил) за рахунок інтеграції за мережевим принципом засобів розвідки, зв'язку і управління, ураження і придушення об'єктів і військ противника.

Технічною основою ведення мережецентричних війн є мережецентричні системи (МЦС) збройної боротьби, у складі яких можуть перебувати і вже існуючі системи озброєння [24]. Однак застосування таких систем озброєння у складі МЦС потребує їхнього вдосконалення. Безумовно під час створення і вдосконалення будь-яких систем військового призначення вирішальним є *синтез їхніх структур*.

Інтенсифікація досліджень у даній галузі обумовлена насамперед наявністю резервів підвищення ефективності функціонування систем за рахунок оптимізації структур [44; 58-61].

Для систем військового призначення характерні структури організаційно-технічного типу – елементи, що містять підрозділи зі штатним озброєнням і військовою технікою. Такими елементами структури можуть бути підрозділи розвідки, управління, зв'язку, ураження, забезпечення та іншого призначення.

Система вогневого ураження противника, система ППО військ і об'єктів, ударна система загальновійськових формувань, система захисту військ і об'єктів від високоточної зброї та ін. можуть розглядатися як системи організаційно-технічного типу [33].

Структурно елементи таких систем об'єднуються в одне ціле для виконання поставлених бойових завдань.

Корисним є розроблення загальних методичних положень синтезу структур різноманітних систем військового призначення організаційно-технічного типу.

Під час синтезу структури насамперед необхідно визначити завдання-функції і заходи, які повинні виконуватися системою для досягнення мети за призначенням.

Завдання-функції системою виконуються проведенням відповідних заходів. Під час визначення завдань-функцій і заходів доцільно враховувати можливість використання систем військового призначення у складі МЦС збройної боротьби.

Наприклад, для ударної системи (призначеної для ураження військ і об'єктів противника) характерними є такі умовні завдання-функції: розвідувально-інформаційна; підготовка до бойових дій, зокрема розроблення плану і замислу бойових дій; управління силами і засобами; безпосереднє ураження військ і об'єктів противника; забезпечення бойових дій; відновлення сил і засобів; забезпечення повсякденної діяльності.

Заходи, що мають проводитися для виконання завдань-функцій, взаємопов'язані.

Частина з них зазвичай буде проводитися в інтересах виконання декількох завдань-функцій. Крім цього, частина заходів за сутністю робіт, що повинні виконуватися, має загальний характер. Тому під час структурного синтезу системи необхідно здійснювати групування заходів [8; 33; 63].

Схему взаємозв'язку мети, завдань-функцій, заходів і структури системи показано на рис. 4.5.

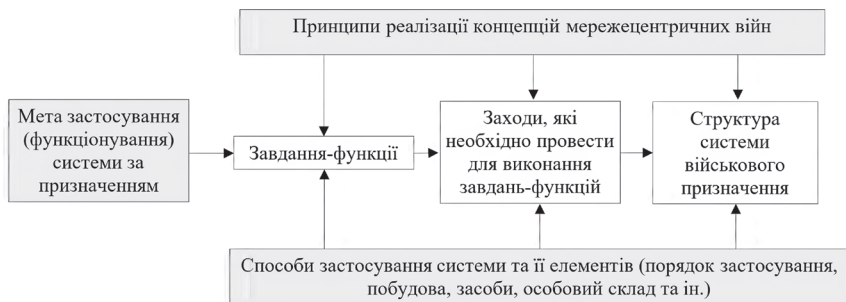


Рис. 4.5. Схема взаємозв'язку мети, завдань-функцій, заходів і структури системи

Основа відомих принципів групування полягає у визначенні сукупності взаємопов'язаних або сумісно виконуваних заходів відносно конкретного завдання-функції системи. Для системи військового призначення це може виконуватися з використанням евристичних методів або методів експертного оцінювання. Під час використання для групування заходів евристичних методів аналізуються структури побудови існуючих систем, подібних за призначенням.

Заходи, що проводяться структурними елементами (підрозділами) таких систем, є основою для групування заходів під час синтезу структури нової системи.

Під час використання методів експертного оцінювання кількисно визначається ступінь взаємозв'язку заходів, наприклад, у балах, що дозволяє формалізувати завдання групування та визначити, які групи (підрозділи) доцільно мати в структурі системи військового призначення і як вони повинні брати участь у виконанні завдань-функцій. Під час формування груп необхідно враховувати порогові значення ступеня взаємозв'язку заходів.

Експертами розглядаються m завдань-функцій ($i=\overline{1,m}$), кожне з яких виконується проведенням заходів ($j=\overline{1,m_i}$), і враховуються принципи групування.

До основних із них належать [33; 53; 68; 78]:

- групування за процесами, що відбуваються під час застосування системи та її елементів;
- урахування специфічних особливостей проведення заходів для виконання завдань-функцій;
- групування за часом застосування;
- урахування ефективності застосування (функціонування) системи та її елементів;
- групування за сферами застосування, за типами об'єктів ураження та способами дій противника;
- урахування місць розташування елементів системи, їх можливої підпорядкованості та ін.

Усього експертами розглядається R заходів:

$$R = \sum_i n_i, \quad i = \overline{1,m}. \quad (4.13)$$

Результати експертного оцінювання ступеня взаємозв'язку заходів для поліпшення аналізу зводяться в таблицю, вид якої показано на рис. 4.6.

На рис. 4.6 у таблиці індекси при ступенях взаємозв'язку заходів позначають: *нижні* – номери заходів, що аналізуються експертами; *верхні* – номери завдань-функцій, яким належать ці заходи. Наведена таблиця є квадратною матрицею.

№ завдань-функцій, № заходів		$i = 1$				$i = 2$				...	$i = m$			
		$J=1$	$J=2$	...	$J=n_1$	$J=1$	$J=2$	...	$J=n_2$	...	$J=1$	$J=2$	...	$J=n_m$
$i = 1$	$J=1$	—	a_{12}^{11}	...	$a_{1n_1}^{11}$	a_{12}^{11}	a_{12}^{12}	...	$a_{1n_2}^{12}$	...		a_{12}^{1m}	...	$a_{1n_m}^{1m}$
	$J=2$	—	—	...	$a_{2n_1}^{11}$	a_{21}^{12}	a_{22}^{12}	...	$a_{2n_2}^{12}$	...		a_{22}^{1m}	...	$a_{2n_m}^{1m}$
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...	.	.	.	.
	$J=n_1$	—	—	...	—	$a_{n_11}^{12}$	$a_{n_12}^{12}$	...	$a_{n_1n_2}^{12}$	...	$a_{n_11}^{1m}$	$a_{n_12}^{1m}$	...	$a_{n_1n_m}^{1m}$
$i = 2$	$J=1$	—	—	...	—	—	a_{12}^{22}	...	$a_{1n_2}^{22}$	...	a_{11}^{2m}	a_{12}^{2m}	...	$a_{1n_m}^{2m}$
	$J=2$	—	—	...	—	—	—	...	$a_{2n_2}^{22}$	...	a_{21}^{2m}	a_{22}^{2m}	...	$a_{2n_m}^{2m}$
	.	.	.	.	.	.	.	...	.	...	.	.	...	.
	$J=n_2$	—	—	...	—	—	—	...	—	...	$a_{n_21}^{1m}$	$a_{n_22}^{1m}$	...	$a_{n_2n_m}^{1m}$
		.	.	.	.	.	.	.	.	..	.	.	.	.
$i = m$	$J=1$	—	—	...	—	—	—	...	—	...	—	a_{12}^{mm}	...	$a_{1n_m}^{mm}$
	$J=2$	—	—	...	—	—	—	...	—	...	—	—	...	$a_{2n_m}^{mm}$
	.	.	.	...	.	.	.	...	.	...	.	.	...	.
	$J=n_m$	—	—	...	—	—	—	...	—	...	—	—	...	—

Рис. 4.6. Вид таблиці результатів експертного оцінювання ступеня взаємозв'язку заходів

Кількість її значущих елементів визначається за формулою [15]:

$$C = \frac{R(R-1)}{2} \quad (4.14)$$

У разі залучення для оцінювання ступенів взаємозв'язку заходів групи з декількох експертів числове значення судження визначається як геометричне середнє окремих суджень експертів.

Результати експертного оцінювання ступенів взаємозв'язку заходів, які проводяться для виконання завдань-функцій, дозволяють їх згрупувати відповідно до встановлених принципів групування і тим самим визначити підрозділи, які доцільно мати у структурі системи. Але для визначення саме структури системи необхідно залучати інші методи, у тому числі евристичні, які ґрунтуються на врахуванні досвіду побудови подібних систем.

Часто під час структурного синтезу системи здійснюється порівняльне оцінювання їхніх альтернативних варіантів, які створюються на

підставі групування заходів для виконання поставлених завдань-функцій. Такий підхід цілком прийнятний і для структурного синтезу систем військового призначення.

Водночас не виключається підхід, коли на початку синтезу розглядається тільки одна конкретна структура системи, яка визначена на підставі групування заходів.

Визначення раціональної структури системи здійснюється за сукупністю показників, які характеризують: ефективність функціонування (застосування) системи та її структурних елементів; витрати на створення, утримання і застосування системи та інші властивості. Тобто вважається, що структура повинна оцінюватися за тими показниками, що і сама система.

Відомо, що показники ефективності повинні задовольняти чотирьом вимогам, а саме: відповідати цілям і завданням функціонування (застосування) системи; мати ясне фізичне розуміння; бути чутливими до умов функціонування (застосування) системи і рішень, що приймаються; бути зручними для обчислень і використання.

Ефективність функціонування (застосування) системи зазвичай оцінюється ймовірностями виконання цілей і завдань або математичними сподіваннями результатів функціонування (застосування) [57; 63; 65; 67].

Для оцінювання ефективності функціонування (застосування) структурних елементів системи використовуються ті самі показники, а також їхні внески в загальну ефективність системи, яка зазвичай приймається за узагальнений показник.

Для отримання числових значень показників ефективності систем військового призначення переважно використовуються математичні моделі.

Для підходу, який передбачає розгляд спочатку синтезу одного варіанта структури системи, блок-схему методики наведено на рис. 4.7.

Методикою передбачається порівняння значень показників з установленними критеріями (блок 8). Порівнюватися можуть усі показники (узагальнені і часткові) або декілька основних показників.

Коли умови порівняння виконуються, структура системи вважається прийнятною.

Коли не виконуються, здійснюється перевірка реальності виконання системою мети застосування (функціонування) (блок 9).

При позитивному оцінюванні реальності виконання мети здійснюється коригування групування заходів (блок 4) і відповідно структури системи (блок 5).

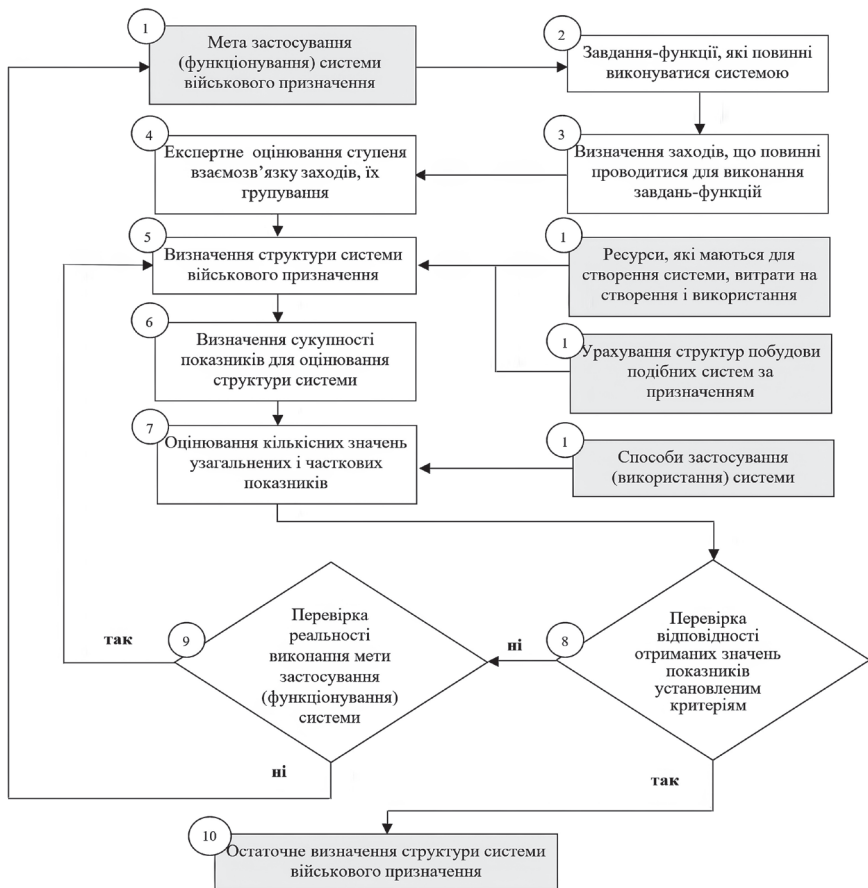


Рис. 4.7. Укрупнена блок-схема методики синтезу структури системи (спочатку синтезу розглядається один варіант структури)

У разі негативного оцінювання уточнюється мета застосування (функціонування) системи (блок 1) і повністю повторюється синтез її структури. Процедура синтезу повторюється до моменту виконання умов перевірки (блок 8).

Таким чином, шляхом послідовного уточнення початкової структури здійснюється її синтез.

За результатами групування заходів і врахування результатів аналізу структур побудови систем, подібних за призначенням, може формуватися декілька або безліч альтернативних варіантів структури системи військового призначення.

Зазвичай структурний синтез системи передбачає визначення і складу структурних елементів (компонентів, підрозділів). Водночас під час визначення складу системи її структура може вважатися відомою. При цьому для формування варіантів складу системи може застосовуватися метод планування експериментів, а для визначення доцільного варіанта (способу) застосування системи – принципи теорії ігор [15; 18].

При необхідності структурного синтезу системи формування варіантів структури, як зазначалося раніше, доцільно здійснювати на підставі групування заходів, що мають бути проведені для виконання завдань-функцій. Одночасно з формуванням варіантів структури системи визначається склад її елементів та системи в цілому.

Порівняння альтернативних варіантів структури системи військового призначення може здійснюватися з використанням як однокритеріальних, так і багатокритеріальних методів аналізу.

Під час однокритеріального аналізу альтернативи порівнюються за одним з основних показників при обмеженнях, які накладаються на решту показників. Загалом під час вибору раціонального варіанта структури системи можна застосувати три типи математичної постановки завдання [15; 18; 33; 57; 63]:

$$\begin{aligned} E &\geq E_{\text{зад}} \text{ при } B = B_{\text{min}} ; \\ E &= E_{\text{max}} \text{ при } B \leq B_{\text{зад}} ; \\ E &= E_{\text{max}} \text{ при відсутності обмежень на показник } B, \end{aligned} \quad (4.15)$$

де E – ефективність застосування (функціонування) системи військового призначення;

B – обсяг ресурсів.

Для вибору раціонального варіанта системи може також використовуватися відношення двох показників, які характеризують об'єм витрачених ресурсів та ефективність застосування (функціонування) системи:

$$W = \frac{B}{E} \quad (4.16)$$

Водночас необхідно зазначити, що однокритеріальний аналіз не може повною мірою забезпечити вибір збалансованого варіанта струк-

тури системи військового призначення. Тобто саме такого варіанта структури, за якого співвідношення між елементами (компонентами, підрозділами) дозволяють виконувати завдання з потрібною ефективністю за мінімальних втрат (витрат) або з максимальною ефективністю за обмежених (заданих) втрат (витрат). Це пояснюється тим, що не враховуються показники, які характеризують застосування (функціонування) структурних елементів системи, їхні внески в загальну ефективність застосування (функціонування) системи. Тому для структурного синтезу системи доцільно застосовувати методи багатокритеріального аналізу.

Укрупнену блок-схему методики структурного синтезу системи військового призначення з використанням методів багатокритеріального аналізу наведено на рис. 4.8.

Для розв'язання подібних завдань можуть застосовуватися методи парето-оптимізації і таксономії.

Результати аналізу свідчать, що за зручністю застосування для структурного синтезу систем військового призначення організаційно-технічного типу найбільш прийнятними є методи таксономії.

У подальшому в методиці вважається, що протидіючі сторони застосовують способи (стратегії), яким відповідають максимальні значення частот стратегій ($\max_v P_v$; $\max_c P_c$).

Для рішення гри у «змішаних» стратегіях доцільно використовувати метод ітерацій. Застосування принципів теорії ігор дозволяє зменшити невизначеність у можливих способах дій противника. Якщо структурний синтез системи здійснюється в умовах детермінованих дій противника, то принципи теорії ігор у методиці не застосовуються.

Під час застосування методу парето-оптимізації для вибору раціонального варіанта структури системи створюється узагальнена математична модель її застосування (функціонування), яка містить поліноміальні залежності показників від параметрів (складу) системи. Для створення математичної моделі застосування (функціонування) системи військового призначення зазвичай використовуються поліноми другого ступеня, що мають такий вигляд [15]:

$$E = \beta_o + \sum_r \beta_{rr} P_r^2 + \sum_r \beta_r P_r + \sum_{r(c)} \beta_{rc} P_r P_c, \quad (4.17)$$

$$\overline{r=1, z}; c=1+r,$$

де E – показник;
 β_o – вільний член полінома;
 $\beta_{rr}, \beta_r, \beta_{rc}$ – коефіцієнти полінома (визначаються з використанням методу найменших квадратів);

z – кількість параметрів системи; P_r – значення r -го параметра системи.

Отримання поліноміальних залежностей показників дозволяє формувати велику кількість варіантів структури системи з використанням спеціальних методів зондування простору параметрів. Парето-ефективні варіанти структури системи визначаються за відомою процедурою. Для вибору одного з них можуть бути використані різні правила прийняття рішення.

Розв'язання завдання вибору раціонального варіанта структури системи з використанням методів таксономії здійснюється в багатомірному просторі, розмірність якого визначається кількістю показників. Кожному варіанту структури системи відповідає визначена сукупність значень показників у багатомірному просторі. Застосування методів таксономії передбачає створення за показниками-стимуляторами і показниками-дестимуляторами еталонного варіанта структури системи. Далі визначаються таксономічні відстані за формулою [15]:

$$d_{so} = \left[\sum_t (b_{st} - b_{ot})^2 \right]^{1/2}, \quad s = \overline{1, S}; \quad t = \overline{1, T}, \quad (4.18)$$

де S – кількість варіантів структури системи;

T – кількість показників, які обрані для аналізу варіантів структури системи;

b_{st}, b_{ot} – значення t -го показника для s -го і еталонного варіанта структури системи відповідно.

Ці відстані нормуються з використанням залежностей [15]:

$$\begin{aligned} \overline{d_o} &= \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S d_{so}; \\ \sigma_o &= \left[\frac{1}{S} \sum_{s=1}^S (d_{so} - \overline{d_o})^2 \right]^{1/2}; \end{aligned} \quad (4.19)$$

$$d_o = \overline{d_o} + 2\sigma_o ;$$

$$C_s = 1 - \frac{d_{so}}{d_o}$$
(4.19)

За раціональний приймається варіант структури системи, значення таксономічного показника якого ближче до одиниці.

У методиці, блок-схему якої наведено на рис. 4.8, після визначення раціональної структури системи здійснюється її перевірка на відповідність установленим вимогам (за ефективністю, вартістю та іншими показниками).

Якщо вимоги не виконуються (блок 21), то можливе змінювання способу застосування (дій) системи або збільшення об'єму ресурсів.

Останнє передбачає по-новому формування варіантів структури системи та складу її елементів (блок 7).

Якщо проведення таких заходів не може забезпечити виконання установлених вимог до системи, здійснюється перевірка реальності виконання системою мети застосування за призначенням (блок 24).

У разі позитивної відповіді на це запитання по-новому здійснюється групування заходів, що мають проводитися для виконання завдань-функцій (блок 5).

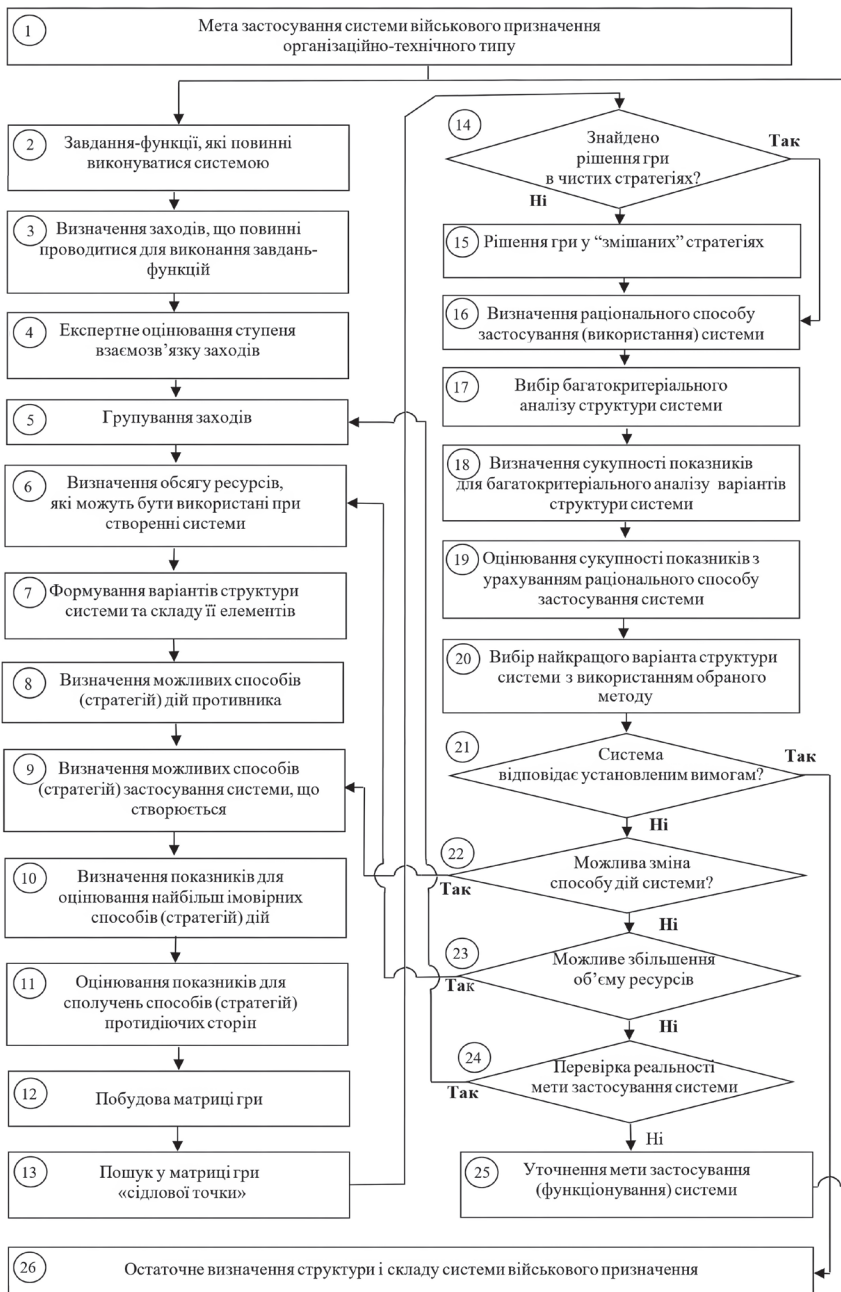
Якщо мета застосування системи вважається нереальною, здійснюється її уточнення (блок 25).

Розрахунки для досягнення установлених вимог до системи можуть повторюватися неодноразово.

Запропоновані методичні підходи до структурного синтезу систем військового призначення ґрунтуються на комплексному використанні принципів групування заходів, що повинні проводитися для виконання системою завдань-функцій, принципів теорії ігор та методів однокритеріального і багатокритеріального аналізу. Використання перелічених принципів і методів дозволяє визначити раціональну структуру системи, її збалансований склад та раціональний спосіб застосування (функціонування).

На стор. 144:

Рис. 4.8. Укрупнена блок-схема методики структурного синтезу системи військового призначення з використанням методів багатокритеріального аналізу



4.4. Синтез системи управління Повітряних Сил

Подальший розвиток ЗС України в сучасних умовах неможливий без проведення обґрунтованих заходів щодо трансформації системи управління ПС.

Перспективна СУ ПС має бути спроможною здійснювати ефективне управління військами і зброєю відповідно до визначених вимог ведення збройної боротьби в повітряному середовищі, здатною забезпечити [38; 62; 63]:

- єдине (сумісне) завчасне планування використання сил та засобів під єдиним керівництвом, по єдиному замислу і плану застосування військ (сил) в операціях (бойових діях);
- спільну підготовку військ (сил) з метою навчання та постійного вдосконалення професійних навичок і навченості органів управління, військ (сил) під час виконання завдань в операціях (бойових діях);
- ефективне управління різновидовими та різновідомчими силами та засобами.

СУ ПС є складною системою, яка характеризується тими ж основними ознаками, що і об'єкти, які розглядаються в теорії складних систем, а саме [61; 63]:

- ієрархічною структурою управління та інтенсивним потоком інформації, який циркулює всередині системи;
- значною кількістю взаємопов'язаних елементів, у тому числі взаємодіючих елементів міжвидових та міжвідомчих підсистем управління;
- різнотипністю та складністю функцій систем управління, які організують виконання завдань застосування авіації та ППО на міжвидовому та міжвідомчому рівнях;
- можливістю розподілу системи управління ПС на видові та відомчі підсистеми управління, завдання яких підпорядковані загальній меті виконання завдань ЗС.

Під час удосконалення існуючої системи управління ПС необхідно враховувати [21; 61; 63]:

- існуючі тенденції розвитку збройної боротьби в повітрі;
- оперативно-стратегічний розподіл території України, який передбачає визначену кількість сухопутних та повітряних операційних зон;
- існуючий та перспективний стан, дислокацію, технічне оснащення пунктів управління ПС, оперативних командувань (армійських

корпусів), ВМС, оперативно-стратегічних (оперативно-тактичних угруповань військ), особливості побудови та функціонування їх органів управління, засобів зв'язку і автоматизації;

- райони польотної інформації регіональних диспетчерських центрів Об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху України;

- комплексний характер функціонування системи управління авіацією та ППО;

- склад і структуру існуючого та перспективного комплексу військових частин ПС та ЗС України;

- можливі шляхи вдосконалення системи управління за показниками ефективності та вартості.

Перспективна СУ ПС повинна забезпечувати [61; 67]:

- поетапну інтеграцію системи управління ПС в Єдину автоматизовану систему ЗС, яка узгоджена з визначеними етапами трансформації системи управління ЗС України. При цьому структура перспективних ОВУ ПС повинна відповідати складу підпорядкованих військових частин, а їхня чисельність – обсягу завдань управління, існуючій та перспективній підсистемі пунктів управління ПС;

- ієрархічну відповідність органів управління ПС ієрархії завдань управління авіацією та ППО із суворим розподілом функцій на кожному рівні управління ЗС України. При цьому формуються такі органи управління, які вирішують різномасштабні завдання управління повітряним компонентом як у ході виконання завдань із ППО держави, так і під час застосування ПС в операціях (бойових діях);

- реалізацію існуючих бойових можливостей військових частин ПС та дозволяти управляти авіацією та ППО із чітким визначенням відповідальності та повноважень керівного складу за прийняті рішення;

- виключення дублювання відповідальності за виконання функцій управління та паралельного виконання одних і тих самих видів робіт різними органами управління;

- можливість резервування (взаємозамінності) ОВУ ПС у визначених сухопутних та повітряних операційних зонах, що дозволяє підтримувати безперервне управління військовими частинами ПС як у мирний час, так і в особливий період;

- можливість організації якісної взаємодії ОВУ ПС з іншими ОВУ, яка в подальшому забезпечує ефективне управління на стратегічному, оперативному та тактичному рівні як авіацією і ППО ПС, так і АА та ППО СВ, ВМС, інших військових формувань.

Вибір доцільних шляхів трансформації системи управління ПС вимагає застосування відповідних методик та моделей. На сьогодні є значна кількість методик та моделей, які можуть бути використанні для оцінки ефективності функціонування системи управління ПС, визначення її раціональної структури та складу. Проте їх використання для обґрунтування обрису перспективної системи управління повною мірою неможливе. Це обумовлює потребу *вдосконалення існуючих методичних підходів* з урахуванням особливостей управління ПС.

Удосконалені методичні підходи повинні дозволяти визначати [61; 63]: ступінь реалізації оперативних (бойових) спроможностей військ (сил) під час функціонування перспективної системи управління; ступінь відповідності перспективної системи управління законами управління та загальним вимогам до управління збройною боротьбою в повітрі; ефективність функціонування перспективної системи управління з урахуванням міжвидового та міжвідомчого характеру виконання завдань; ступінь зниження рівня функціонування перспективної системи управління в умовах різноманітних видів впливу противника (здатність перспективної системи управління щодо відновлення порушеного управління); кількісну оцінку переваг та недоліків, які можуть бути виявлені в результаті змін в організаційно-штатній структурі органів управління, у системі пунктів управління, у системах зв'язку та автоматизованого управління військами; вплив рівня підготовленості особового складу органів управління на ефективність вирішення завдань управління військами (силами); порівняння характеристик своєї системи управління і системи управління противника, виявлення їх сильних та слабких сторін, пошук способів захисту об'єктів своєї системи та виведення з ладу об'єктів системи управління противника; вплив рівня підготовленості особового складу органів управління на ефективність вирішення завдань управління військами (силами).

Алгоритм обґрунтування обрису перспективної системи управління ПС і кожної з її підсистем практично однаковий і повинен включати такі етапи [61; 67]:

Перший (попередній) – визначення вихідних даних для обґрунтування необхідного обрису системи управління, що передбачає проведення таких заходів: конкретизація цілей функціонування системи управління; генерація альтернатив, тобто ідей про можливі форми, способи і підходи функціонування системи управління; послідовно для кожної підсистеми управління декомпозиція управлінських завдань (побудова «дерева цілей»); визначення методичного апарату та вибір критерію

(критеріїв) ефективності виконання завдань управління для кожного ієрархічного рівня; обґрунтування кількісно-якісних показників вибраних критеріїв (оперативні, оперативно-тактичні, тактичні вимоги до виконання завдань управління); визначення обсягу завдань управління, які відповідають потрібній ефективності їх виконання, варіантів системи управління, потреби в силах та засобах під час вирішення цих завдань; вибір раціонального варіанта системи управління за критерієм «ефективність-вартість».

Результатом досліджень на першому етапі буде обсяг управлінських завдань, які мають вирішуватися в інтересах ефективного функціонування ПС в операціях (бойових діях).

Другий (основний) – обґрунтування потрібного обриса системи управління ПС та оцінка ефективності розв'язання нею управлінських завдань. При цьому доцільно використовувати *синтез* – дослідження системи управління в її єдності та взаємному зв'язку її складових частин (елементів).

Для формулювання завдання синтезу системи управління ПС необхідно визначити [51; 56; 63; 65]: призначення перспективної системи управління, яке визначається через сукупність реалізованих (втілених) нею функцій; умови функціонування системи управління; обмеження на значення характеристик суттєвих властивостей перспективної системи управління; обмеження на діючий ресурс, який вона планує використовувати під час синтезу; критерії і показники, на основі яких буде оцінюватися перевага того чи іншого варіанта перспективної системи управління.

Проте розв'язати це завдання строгими математичними методами неможливо. Для цього пропонується використати такі два підходи.

Суть *першого підходу* засновано на виборі деякої сукупності можливих та цілеспрямованих структур системи управління ПС. Після чого проводиться параметричний синтез кожної структури, а потім для кожної вже параметризованої структури визначається значення цільової функції. Далі як раціональна (удосконалена) з усіх розглянутих структур обирається та, у якій значення цільової функції є найбільшим (максимальним).

Під час *другого підходу* необхідно спочатку побудувати деяку допустиму структуру, здійснити її параметричний синтез та розрахувати значення цільової функції. Після чого провести аналіз «вузьких» місць, тобто місць у перспективній системі управління ПС, які перешкоджають зростанню значення цільової функції.

Далі з урахуванням залишеного ресурсу або шляхом перерозподілу існуючого здійснюється «удосконалення» побудованої структури і знову проводиться параметричний синтез, але вже з удосконаленою структурною системою управління ПС. Така ітераційна процедура продовжується доти, поки не будуть вичерпані всі можливості з удосконалення системи управління. Наприклад, буде використаний увесь наявний ресурс, або це вдосконалення вже не буде давати відчутного виграшу в прирості значення цільової функції.

Під час оцінювання ефективності функціонування системи управління ПС можуть бути застосовані такі підходи.

Під час використання *першого підходу* визначається, наскільки близько отримані значення існуючих показників ефективності функціонуєчої системи управління ПС відповідають визначеним вимогам до неї.

Другий підхід базується на визначенні внеску системи управління ПС в досягнення цілі застосування військ (сил) в операціях (бойових діях). Іншими словами, необхідно визначити той приріст в ефективності застосування військ (сил), який вносить СУ ПС.

Очевидно, що другий підхід оцінки ефективності функціонування системи управління ПС дозволяє знайти компроміс між ефективністю та вартістю. Цей підхід також дає можливість визначити вплив того чи іншого варіанта вдосконалення системи управління та її підсистем на дії військ (сил).

Параметричний синтез, який застосовується в запропонованих методичних підходах, передбачає необхідність оцінювання системи управління ПС як у цілому, так і її складових підсистем.

Обґрунтування обрису системи управління ПС неможливе без оцінки ефективності її функціонування, яке безпосередньо пов'язане зі ступенем реалізації оперативних (бойових) спроможностей військ (сил). При цьому ефективним слід уважати таке управління, що забезпечує своєчасне вироблення оптимальних рішень та планів, тобто рішень та планів, що в найбільшій мірі відповідають конкретній обстановці, та досягнення високого ступеня реалізації потенційних оперативних (бойових) спроможностей військ (сил) [21; 58; 61].

Під час оцінювання ефективності системи управління ПС необхідно враховувати, у якій мірі досягається реалізація даних вимог по трьох групах часткових показників (критеріїв).

Перша група забезпечує оцінку відповідності СУ до вимог, які пред'являються щодо бойової готовності, оперативності, якості, стійкості,

безперервності та прихованості. Інтегральний показник (критерій) цієї групи дозволяє оцінити різні варіанти СУ за ступенем їх відповідності до визначених вимог.

Друга група часткових показників (критеріїв) та її інтегральний показник (критерій) сприяє визначенню, наскільки в даній СУ дотримані вимоги специфічних законів управління.

Третя група характеризує рівень підготовки посадових осіб органів управління, які впливають на якість управління.

Загальний показник (критерій), який формується за рахунок об'єднання інтегральних показників (критеріїв) вказаних трьох груп, є критерієм бойової ефективності. Запропоновані методичні підходи дозволяють провести об'єктивне дослідження СУ ПС в цілому і кожного її елемента окремо; забезпечити проведення декомпозиції генеральної цілі функціонування системи і завдань, покладених на кожну підсистему; обґрунтувати оперативно-тактичні вимоги до їх виконання; визначити необхідну структуру й оптимальний склад за критерієм «ефективність-вартість» для виконання визначених завдань.

РОЗДІЛ 5

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЙ СИЛ І ЗАСОБІВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

5.1. Вибір доцільного варіанта (способу) маскування військових об'єктів від технічних засобів повітряної розвідки противника

У сучасних умовах ведення збройної боротьби маскування військових об'єктів від технічних засобів повітряної розвідки (ТЗПР) противника набуває пріоритетного значення. Це обумовлено, з одного боку, зростанням можливостей ТЗПР ЗС РФ, а з іншого – потребою ефективного виконання завдань щодо введення противника в оману та приховування діяльності військ у сучасних операціях (бойових діях). За таких умов значно зростають вимоги щодо правильного вибору доцільного варіанта (способів) маскування військових об'єктів від ТЗПР противника [36].

На сьогоднішній день у практиці роботи ОВУ вибір доцільного варіанта (способів) маскування військових об'єктів здійснюється з використанням емпіричних методів з урахуванням досвіду ведення збройної боротьби в локальних війнах та збройних конфліктах сучасності, практичного виконання завдань маскування в ході російсько-української війни [20; 43]. Водночас є значна кількість методик визначення раціональних способів застосування угруповань військ (сил), основні положення яких можуть бути використані під час обґрунтування доцільного варіанта (способів) маскування військових об'єктів.

Базовою основою для визначення доцільного варіанта (способів) є завдання, які мають вирішуватися для маскування військових об'єктів від ТЗПР противника [15]. Проте визначити такі завдання можливо лише відносно існуючого стану ТЗПР, характеру їхніх дій на підставі проведення відповідного прогнозу, урахування замислу (ідеї) маскування військ, напрямів зосередження зусиль щодо введення противника в оману та приховування діяльності військ (сил).

Вирішення даного науково-практичного завдання потребує розроблення відповідної методики, яка дозволяє обґрунтовувати доцільний варіант (способи) маскування військових об'єктів з урахуванням прогнозованого варіанта дій ТЗПР противника та визначеного замислу (ідеї) маскування.

В основу методики, яка пропонується, покладено порівняльне оцінювання можливих варіантів (способів) маскуванню військових об'єктів з метою вибору з них найбільш доцільного. Для цього насамперед повинні бути визначені можливі варіанти (способи) маскуванню військових об'єктів від ТЗПР, доцільність застосування яких визначається багатьма факторами. Тобто вибір доцільного варіанта (способів) маскуванню є багатокритеріальним завданням.

Ураховуючи значну кількість факторів, які будь-якою мірою визначають вплив кожного варіанта (способу) на маскуванню військових об'єктів, ранжирувати їх лише за допомогою формальних методів практично неможливо. Тому для цього пропонується використати МАІ – метод, запропонований Т. Сааті. Метод полягає в декомпозиції проблеми (її ієрархічному зображенні) на простіші складові частини та подальшій обробці послідовності суджень експертів попарним порівнянням. Для застосування МАІ рекомендується призначати групу експертів із 10–15 осіб [5; 7; 15; 39; 42].

Цей метод застосовується для підтримки прийняття рішень шляхом ієрархічної композиції завдання і рейтингування альтернативних рішень. МАІ є корисним під час ухвалення компромісних рішень на підставі формалізованих та неформалізованих факторів, вплив яких на мету завдання не описується аналітичними залежностями. Ступінь переваги альтернатив зазвичай розраховують відносно одиниці, їх сума дорівнює одиниці.

У загальному випадку МАІ містить такі етапи [15]:

- визначення мети завдання, що має розв'язуватися (у нашому випадку – вибір доцільного варіанта (способів) маскуванню військових об'єктів);
- ієрархічне зображення завдання;
- побудова експертами необхідної кількості матриць попарних порівнянь;
- формування з матриць попарних порівнянь локальних пріоритетів;
- перевірка узгодженості суджень експертів та всієї ієрархії.

Основою формування варіантів (способів) маскуванню є замисел (ідея) маскуванню військових об'єктів від ТЗПР противника в операції (бойових діях). Такий замисел (ідея) зазвичай визначається з урахуванням прогнозованої мети, складу, цілей і прогнозованих завдань ТЗПР противника в операції (бойових діях).

Можливі варіанти (способи) маскування військових об'єктів від ТЗПР противника для певного замислу (ідеї) маскування, які визначені експертами, наведено в табл. 5.1.

Для визначення доцільного варіанта (способів) маскування військових об'єктів від ТЗПР противника пропонується будувати трирівневу ієрархію.

На *першому рівні* ієрархії формулюється мета розв'язання завдання – визначення доцільного варіанта (способів) маскування військових об'єктів відповідно до замислу застосування сил і засобів маскування.

На *другому рівні* групуються критерії, з використанням яких експертами оцінюється доцільність застосування варіантів (способів) маскування військових об'єктів.

На *третьому рівні* групуються можливі варіанти маскування, які являють собою логічно взаємоузгоджені між собою комплекси відповідних способів маскування.

Таблиця 5.1

Можливі варіанти (способи) маскування військових об'єктів від ТЗПР противника

Замисел (ідея) маскування військових об'єктів від ТЗПР противника	Варіант маскування	Способи маскування військових об'єктів від ТЗПР противника					
		Захист державної таємниці	Протидія ТЗПР	Зниження помітності об'єктів	Дезінформація противника	Імітація	Демонстративні дії
«Збереження бойового потенціалу» – максимальне зниження ефективності виявлення військових об'єктів ТЗПР противника	C1	+	+	+	+	–	–
	C2	+	+	+	–	+	–
	C3	+	+	+	–	–	+
	C4	+	–	+	+	–	+
«Уявна сила» – створення у противника хибного уявлення щодо реальних намірів та дій наших військ	C5	+	–	–	+	–	+
	C6	+	–	+	+	–	+
	C7	+	–	–	+	+	+
	C8	+	+	–	+	+	+
«Уявна слабкість» – створення у противника хибного уявлення щодо стану та положення військових об'єктів ТЗПР противника	C9	+	–	–	+	+	–
	C10	+	–	+	+	–	+
	C11	+	–	+	+	–	+
	C12	+	+	–	+	+	–

На рис. 5.1 наведено ієрархічне зображення завдання вибору доцільного варіанта (способів) маскування військових об'єктів від ТЗПР противника з метою збереження їх бойового потенціалу.

Подібна ієрархія може бути збудована для іншого замислу маскування військових об'єктів від ТЗПР противника (табл. 5.1).

Відповідно до ієрархічного зображення завдання на рис. 5.1 експертами на другому рівні ієрархії будується одна матриця попарних порівнянь розміром 6×6 , у якій визначається ступінь впливу критеріїв на рейтинг альтернатив (варіантів (способів) маскування військових об'єктів).

На третьому рівні ієрархії експертами будується шість матриць попарних порівнянь розміром 4×4 , (за кількістю альтернатив), у яких визначається ступінь впливу варіанта (способів) маскування на критерій.

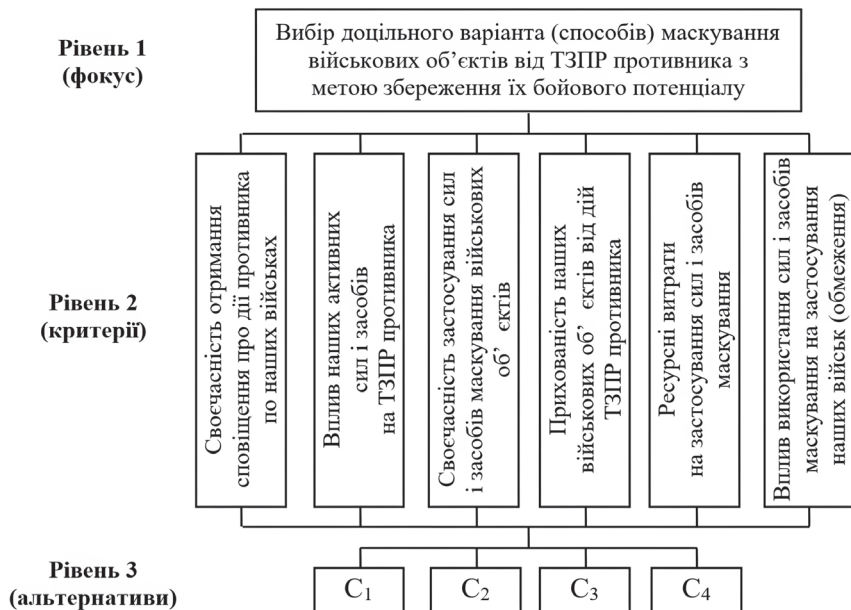


Рис. 5.1. Ієрархічне зображення завдання вибору доцільного варіанта (способів) маскування військових об'єктів від ТЗПР противника з метою збереження їх бойового потенціалу

Для кожної матриці з використанням відомої в МАІ процедури обчислюються власні вектори.

Оцінки експертів розміщуються у квадратній матриці $m \times m$ у вигляді ваг i -го і j -го елементів ω_i / ω_j , які визначаються оцінюванням важ-

ливості i -го елемента порівняно з j -м щодо визначеного елемента попереднього рівня (табл. 5.2).

Під час заповнення матриць експерти використовують шкалу від 1 до 9, яка наведена в МАІ.

Для визначення значущості кожного елемента обчислюється власний вектор матриці оцінок. Компоненти рядків матриці перемножуються, добувається корінь m -го ступеня і далі здійснюється нормалізація цих значень [15]:

$$a_i = \sqrt[m]{\omega_i / \omega_1 \cdot \omega_i / \omega_2 \cdots \omega_i / \omega_m}; \quad (5.1)$$

$$X_i = \frac{a_i}{\sum_i a_i}; \quad i = \overline{1, m}; \quad \sum_i X_i = 1. \quad (5.2)$$

Таблиця 5.2

Матриця експертних оцінок

Елементи	1	2	...	j	...	m
1	1	ω_1 / ω_2	...	ω_1 / ω_j	...	ω_1 / ω_m
2	ω_2 / ω_1	1	...	ω_2 / ω_j	...	ω_2 / ω_m
...	...	...	...	...	...	...
i	ω_i / ω_1	ω_i / ω_2	...	ω_i / ω_j	...	ω_i / ω_m
...	...	...	...	...	...	...
m	ω_m / ω_1	ω_m / ω_2	...	ω_m / ω_j	...	1

У нашому випадку для третього рівня ієрархії таким чином будується матриця власних векторів розміром 4×6 .

З метою отримання переваг застосування варіантів (способів) маскування військових об'єктів необхідно матрицю із шести власних векторів помножити на власний вектор матриці другого рівня ієрархії.

Для цього перший елемент рядка матриці власних векторів помножується на перший елемент власного вектора матриці другого рівня ієрархії, другий елемент рядка матриці – на другий елемент власного вектора і т. д. Потім ці величини підсумовуються – й отримується коефіцієнт переваги застосування варіанта (способів) маскування військових об'єктів із використанням виразу:

$$A(C_i) = \sum_j X_{ji} \cdot Y_j; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, \quad (5.3)$$

де m – кількість варіантів (способів) маскування військових об'єктів (альтернатив);

n – кількість критеріїв для оцінювання доцільності застосування варіантів (способів) маскування військових об'єктів;

X_{ji} – j -й елемент власного вектора для i -ї альтернативи;

Y_j – j -й елемент власного вектора критеріїв (вага j -го критерію).

Далі наведено приклад розрахунку пріоритетів застосування варіантів (способів) маскування військових об'єктів.

Матриця власних векторів третього рівня ієрархії X_{ji}						Вага критеріїв Y_j	Пріоритет варіантів, $A(C_i)$
0,24	0,14	0,16	0,18	0,17	0,24	0,10	0,1872
0,38	0,53	0,14	0,16	0,26	0,27	0,20	0,2541
0,18	0,15	0,58	0,62	0,32	0,23	0,26	0,4013
0,20	0,18	0,12	0,04	0,25	0,26	0,16	0,1574
						0,15	

З наведених результатів доцільним варіантом (способами) маскування військових об'єктів від ТЗПР противника в операції (бойових діях) є варіант C_3 – захист державної таємниці, протидія ТЗПР противника, зниження помітності об'єктів, демонстративні дії.

Визначений таким чином доцільний варіант (способи) маскування є основою для обґрунтування раціонального складу сил та засобів маскування військових об'єктів від ТЗПР противника в операції (бойових діях).

Розроблена методика обґрунтування доцільного варіанта (способів) маскування військових об'єктів від ТЗПР противника з використанням МАІ дозволяє обирати доцільний варіант (способи) маскування з урахуванням визначеного замислу (ідеї) маскування.

5.2. Вибір раціонального маршруту маневру з'єднань та частин зенітних ракетних військ

На сучасному етапі розвитку ЗС України важливе місце займає спроможність з'єднань та частин ЗРВ щодо реалізації своїх бойових можливостей. Відомо, що бойові спроможності з'єднань та частин ЗРВ складаються з розвідувальних, вогневих та маневрених можливостей [33; 61-64].

Знання бойових спроможностей підпорядкованих з'єднань та частин дозволяє командирам (начальникам) приймати обґрунтовані рішення на їх застосування, ставити реальні бойові завдання, найбільш ефективно використовувати сили та засоби в ході операції (бойових дій). Реалізація маневрених можливостей ЗРВ значною мірою залежить від якості управлінських рішень з питань вибору раціональних маршрутів.

Для вибору раціонального маршруту, як правило, використовується показник розрахункового часу підготовки шляхів з урахуванням різниці дорожнього покриття відповідних ділянок маршруту. Раціональним маршрутом маневру пропонується вважати найкоротший шлях. Проте, як свідчить практика застосування військ, довжина маршруту не завжди дозволяє визначати найменший час на його подолання. При цьому також не враховуються умови прохідності за наявності перешкод і руйнувань на шляхах руху, умови забезпечення фронту робіт для підрозділів, які призначаються для забезпечення їх подолання.

Виходячи з практики застосування військ, для вибору раціональних маршрутів маневру з'єднань та частин ЗРВ доцільно застосувати показник розрахункового часу маневру. Указаний показник пропонується визначати за формулою [35]:

$$T_p = \sum_{j=1}^J \left(\frac{l_j}{V_j} + \sum_{i=1}^n t_{ij} \right), \quad (5.4)$$

де l_j – протяжність j -ї ділянки шляху, км;

V_j – допустима швидкість руху на j -й ділянці шляху, км/год;

t_{ij} – час пророблення проходів, обладнання переходів через перешкоди під час подолання об'єктів i -го типу на j -й ділянці шляху, год.

У свою чергу, допустима швидкість руху на j -й ділянці шляху буде визначатися залежністю [35]:

$$V_j = V_n \cdot \prod_{k=1}^K K_k, \quad (5.5)$$

де V_n – нормативна швидкість руху на j -й ділянці шляху, км/год;

$\prod_{k=1}^K K_k$ – добуток коригуючих коефіцієнтів (табл. 5.3), які

враховують такі характеристики місцевості [35]:

k_{Π} – пересіченість рельєфу місцевості;

$k_{\text{дп}}$ – якість дорожнього покриття;

$k_{\text{пр}}$ – ширина проїзної частини.

Таблиця 5.3

Значення коригуючих коефіцієнтів урахування характеристик місцевості

Значення коефіцієнта k_{Π}								
Відносний ухил місцевості (i_r)	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Значення k_{Π}	1	0,92	0,84	0,76	0,65	0,56	0,45	0,34
Значення коефіцієнта $k_{\text{дп}}$								
Частка шляхів із ґрунтовим покриттям ($m_{\text{гр}}$)	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Значення $k_{\text{дп}}$	1	0,99	0,96	0,93	0,9	0,89	0,86	0,83
Значення коефіцієнта $k_{\text{пр}}$								
Ширина проїзної частини ($b_{\text{пр}}$, м)	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5			
Значення $k_{\text{пр}}$	0,6	0,7	1,0	1,05	1,2			

Час пророблення проходів, обладнання переходів через перешкоди під час подолання об'єктів i -го типу розраховується таким чином [35]:

$$t_i = \frac{Q_{ni}}{V_{pi}}, \quad (5.6)$$

де Q_{ni} – потрібний обсяг завдань із пророблення проходів, обладнання переходів через перешкоди під час подолання об'єктів i -го типу, км;

V_{pi} – розрахунковий темп виконання завдань із пророблення проходів, обладнання переходів через перешкоди під час подолання об'єктів i -го типу, км/год, з урахуванням обмеження фронту робіт пропонується визначати як [15, 35]:

$$V_{pi} = \begin{cases} m_i \cdot K_{n(in)i} \cdot q_{0i} \cdot K_{\text{вт}}, & \text{якщо } m_i \leq x_i^{\text{max}} \\ x_i^{\text{max}} \cdot K_{n(in)i} \cdot q_{0i} \cdot K_{\text{вт}}, & \text{якщо } m_i > x_i^{\text{max}} \end{cases}, \quad (5.7)$$

де m_i – наявна кількість підрозділів, які призначаються на виконання завдань із пророблення проходів, обладнання переходів через перешкоди під час подолання об’єктів i -го типу;

$x_i^{\max}$ – максимальна кількість підрозділів, яка, виходячи з умов забезпечення фронту робіт, може призначатися для виконання завдань із пророблення проходів, обладнання переходів через перешкоди під час подолання об’єктів i -го типу;

$K_{n(i)n_i}$ – коефіцієнт навченості підрозділів інженерних військ (інженерної підготовки підрозділів родів військ), які призначаються для виконання завдань на i -му об’єкті;

q_{0i} – нормативні можливості одного підрозділу під час виконання завдань із пророблення проходів, обладнання переходів через перешкоди під час подолання об’єктів i -го типу, км/год;

$K_{вт}$ – коефіцієнт, що враховує втрату продуктивності виконання завдань у часі (для умов відсутності вогневого впливу противника – 0,9...0,98; в умовах вогневого впливу противника – 0,6...0,8).

Вибір раціонального маршруту маневру з урахуванням можливих руйнувань пропонується здійснювати за такими етапами [33; 35]:

На *першому* етапі визначається допустимий час маневру з’єднань та частин ЗРВ в операції (бойових діях).

На *другому* етапі формується можлива мережа маршрутів ЗРВ в операції (бойових діях).

На *третьому* етапі за формулами (5.1-5.4) здійснюються розрахунки показника розрахункового часу маневру та формується сукупність допустимих маршрутів маневру з’єднань та частин ЗРВ в операції (бойових діях).

На *четвертому* етапі із сукупності допустимих маршрутів маневру з’єднань та частин ЗРВ в операції (бойових діях) за допомогою *методу динамічного програмування* обирається раціональний маршрут маневру.

При цьому формалізація завдання вибору раціонального маршруту маневру здійснюється за схемою, яка наведена на рис. 5.2.

Постановка завдання здійснюється в такий спосіб: між вершинами $u_{0,1}$ та $u_{h,1}$ обирається маршрут, який дає екстремальне значення сумарної ваги дуг, що його становлять. Тобто знаходиться найменша сумарна довжина дуг d_{ij} між проміжними вершинами мережі, які характеризують час T_{pij} здійснення маневру. За цільову функцію обрано вираз [33; 35]:

$$D(T_p) = \sum_T d_{ij} \rightarrow \min \quad (5.8)$$

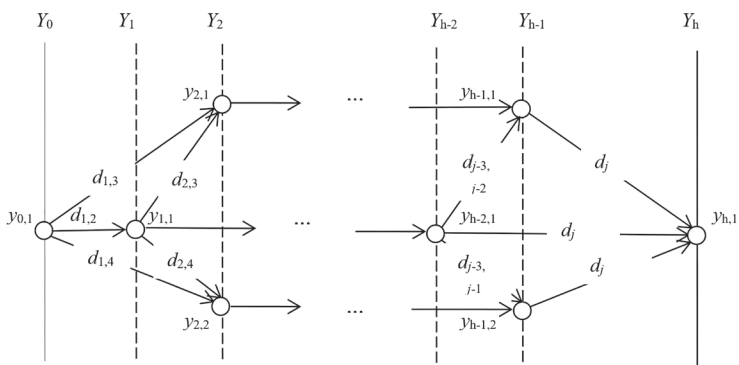


Рис. 5.2. Схема формалізації завдання

Послідовність розв'язання завдання здійснюється таким чином: мережа маршрутів маневру розподіляється на шари; визначаються вершини графу (вузлів мережі) та протяжності дуг (тривалість подолання маршрутів маневру); здійснюється послідовне визначення потенціалів та вибір найменшого для кожної вершини шарів графу (етап умовної оптимізації); за сумарною протяжністю дуг обирається раціональний маршрут маневру.

Приклад розподілу мережі шляхів (маршрутів) висування, розгортання та маневру на шари, визначення вершини графу (вузлів мережі) та протяжності дуг наведено на рис. 5.3.

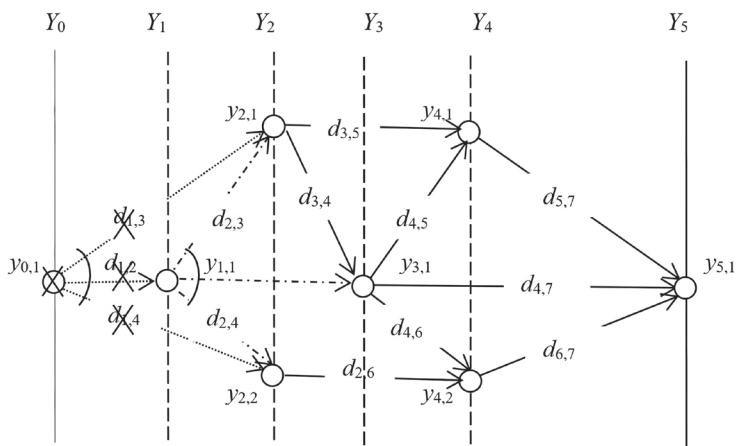


Рис. 5.3. Приклад розподілу спрямованого графу на шари та його розмітка

Процес розподілу графу на шари полягає в такому. Перший шар Y_0 утворює вершина $y_{0,1}$ – початковий стан. Вершина $y_{0,1}$ та дуги (ділянки маршрутів), які з неї виходять, викреслюються.

На графі (рис. 5.3), який залишився, визначаються вершини, що не мають дуг, які входять до них. Ці вершини утворюють другий шар.

Така процедура продовжується до моменту розподілу за шарами всіх вершин графу. Останній шар утворює вершина $y_{5,1}$ (рис. 5.3), що характеризує кінцевий стан.

Визначення потенціалів та вибір найменшого для кожної вершини шарів графу (етап умовної оптимізації) здійснюється за формулою [33, 35]:

$$D_i = \min_{(j)} \{d_{ij} + D_j\}, \quad i = \overline{(n-1)}; 0, \quad (5.9)$$

де D_i – потенціал наступної вершини графу, год;

d_{ij} – протяжність проміжної дуги, год;

D_j – потенціал попередніх вершин графу, год.

Вибір раціонального маршруту маневру наведено на рис. 5.4.

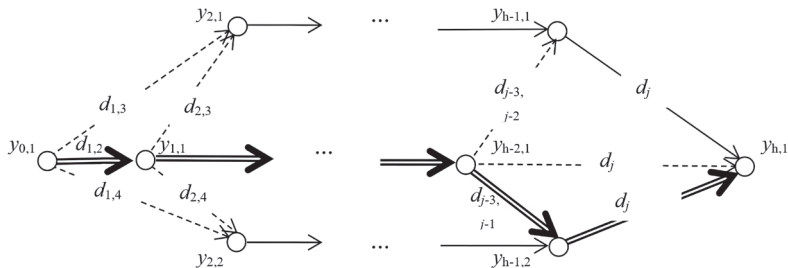


Рис. 5.4 Вибір за сумарною протяжністю дуг найменшого (раціонального) маршруту маневру

За результатами проведених розрахунків визначається оптимальний вектор $D(T_p) \in \langle d_{0,2}, d_{2,5}, \dots, d_{j-3,j-1}, d_{j-1,j} \rangle$ дуг шляху, вершини якого будуть становити вузли раціонального маршруту маневру.

Запропонований методичний підхід дозволяє обирати раціональний маршрут маневру з'єднань та частин ЗРВ в операції (бойових діях) з урахуванням умов прохідності, наявності перешкод і руйнувань на шляхах руху, умов забезпечення фронту робіт для підрозділів, які призначаються для забезпечення їх подолання.

5.3. Застосування аерозольних утворень для прикриття об'єктів від ударів крилатих ракет з оптико-електронними системами наведення

Використання на КР повітряного і морського базування для підвищення точності наведення на кінцевій ділянці польоту оптико-електронних систем (типу DIGISMAC) обумовлює можливість застосування аерозольних утворень (АУ) для захисту об'єктів від їх ударів [13].

Принцип функціонування оптичних кореляційно-екстремальних систем наведення (КЕСН), що застосовуються на КР, засновується на порівнянні двомірних зображень (поточного та еталонного) ділянки поверхні, виявленні неузгоджень і виробленні сигналів для автоматичного управління рухом ракети.

У цифровому корелятиві системи типу DIGISMAC миттєве телевізійне зображення ділянки земної поверхні місцевості в районі об'єкта удару, яке перетворено в цифрову форму, порівнюється з еталонним зображенням, що зберігається в цифровому вигляді у пам'яті обчислювального обладнання.

Сукупність еталонних цифрових зображень місцевості становить карту заданого курсу (КЗК), а сукупність поточних телевізійних зображень – карту реального курсу (КРК). Після сполучення КЗК і КРК за координатами, масштабом і кутом повороту площин в корелятиві обчислюється функція взаємної кореляції і формуються команди для корекції польоту КР і усунення неузгоджень.

За орієнтири для корекції польоту КР використовуються оптично примітні об'єкти або ділянки місцевості. Їхня придатність для корекції польоту КР визначається за такими показниками, як фізичні розміри, час існування, а також оптичні властивості. Ступінь придатності орієнтирів для корекції польоту КР оцінюється зазвичай експериментальним шляхом.

Район, у межах якого можливе наведення КР за допомогою КЕСН, обмежується кругом, радіус якого дорівнює протяжності маршруту польоту КР з використанням оптичної КЕСН, а центр збігається із центром об'єкта удару. Така протяжність маршруту польоту КР становить 10–15 км. У межах району корекції визначаються можливі орієнтири, за якими можуть бути прогнозовані один або декілька напрямків польоту КР [13; 63].

Для захисту об'єктів від ударів ЗПН з оптико-електронними засобами виявлення цілей і наведення зброї (авіаційних ракет, бомб, БЛА, касет та ін.) постановка АУ здійснюється для маскування самих об'єктів. Виходячи з принципу функціонування оптичних КЕСН, який

викладено вище, маскування самого об'єкта удару не може спричинити зриву наведення КР. Тому під час захисту об'єктів від ударів КР аерозолі застосовують для маскування можливих орієнтирів у районі корекції. Маскуванню належать або найбільш яскраві, або найбільш темні об'єкти (ділянки місцевості), які можуть використовуватися за орієнтири для корекції польоту КР [52].

З аналізу принципів функціонування оптичних КЕСН випливає, що зрив наведення КР на об'єкт є випадковою подією, яка залежить від: правильності визначення орієнтирів для корекції польоту КР та напрямку їх удару; своєчасного застосування АУ; видимості АУ.

Можна вважати, що, найбільш імовірно, удар КР буде здійснюватися з напрямку, на якому розташовується більша кількість орієнтирів для корекції їх польоту (рис. 5.5).

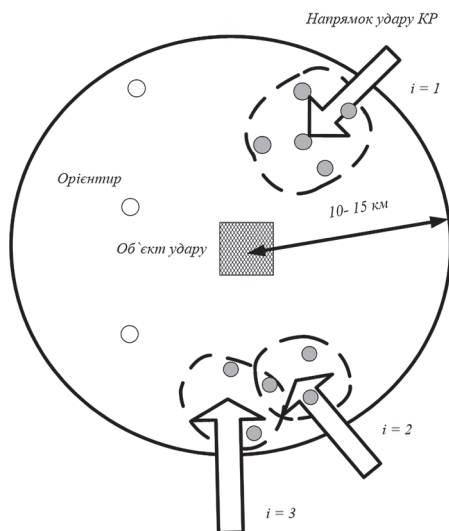


Рис. 5.5. До визначення напрямків удару КР

Імовірність завдання удару КР по об'єкту з i -го напрямку визначається за формулою [13; 63]:

$$P_{напр.i} = \frac{n_i}{\sum_i n_i}, \quad i = \overline{1, N}; \quad \sum_i P_{напр.i} = 1, \quad (5.10)$$

де n_i – кількість орієнтирів, що придатні для корекції польоту КР на i -му напрямку удару КР;

N_i – кількість спрогнозованих напрямків удару КР.

Відповідно рис. 1, $P_{\text{напр.1}} = 0,454$; $P_{\text{напр.2}} = 0,273$; $P_{\text{напр.3}} = 0,273$. Звідси найбільш імовірним є удар КР з першого напрямку ($i = 1$).

Використовуючи формулу повної ймовірності можна записати загальний вираз для визначення ймовірності виявлення орієнтиру КЕСН крилатої ракети в умовах застосування АУ [51]:

$$P_{\epsilon} = P_{\epsilon}^* [P_{\text{с.п.}} P_{\text{нр.}} + (1 - P_{\text{с.п.}})], \quad (5.11)$$

де P_{ϵ}^* – ймовірність виявлення орієнтира КЕСН КР в умовах відсутності АУ;

$P_{\text{с.п.}}$ – ймовірність своєчасного застосування АУ;

$P_{\text{нр.}}$ – ймовірність видимості АУ.

Для визначення ймовірностей $P_{\text{с.п.}}$, $P_{\text{нр.}}$ доцільно використовувати спеціальні методики.

Можна прийняти, що для забезпечення нормального функціонування оптичної КЕСН КР необхідне виявлення не менше m_i орієнтирів із n_i орієнтирів, розташованих на i -му напрямку удару КР на відстані 10...15 км від об'єкта [13].

Є очевидним, що на напрямку удару орієнтири розташовані на різних відстанях від об'єкта, можуть мати різні геометричні розміри і контрастність. Тому і значення ймовірностей $P_{\text{с.п.}}$ та $P_{\text{нр.}}$ у формулі (5.11) для різних орієнтирів будуть розрізнятися.

Таким чином необхідно за формулою (5.11) розрахувати значення ймовірностей виявлення кожного ℓ -го орієнтира на i -му напрямку удару $P_{\epsilon_{\ell i}}$, $\ell = \overline{1, n_i}$.

У цьому випадку задача визначення ймовірності виявлення КЕСН не менше m_i орієнтирів із n_i орієнтирів, розташованих на i -му напрямку удару КР, може бути вирішена з використанням загальної теореми про повторювання спроб.

Для спрощення запису загальної теореми про повторювання спроб позначимо $P_{\epsilon_{\ell i}} = P_{\ell}$, $1 - P_{\epsilon_{\ell i}} = q_{\ell}$. У цьому випадку теорема може бути записана в такому вигляді [33]:

$$\prod_{\ell=1}^n (q_{\ell} + P_{\ell} z) = \sum_{m=0}^n P_{m,n} z^m; \quad \sum_{m=0}^n P_{m,n} = 1 \quad (5.12)$$

де z – довільний параметр;

$P_{m,n}$ – ймовірність виявлення m орієнтирів із n орієнтирів, які розташовані на напрямку удару КР.

Розкриваючи дужки в лівій частині виразу (5.12) і виконуючи приведення подібних членів, отримаємо ймовірності $P_{0,n}; P_{1,n}; \dots, P_{n,n}$ як коефіцієнти при відповідних ступенях параметра Z .

Імовірність виявлення не менше m орієнтирів із n орієнтирів визначається за формулою [33]:

$$R_{m,n} = \sum_{\ell=m}^n P_{\ell,n}, \quad (5.13)$$

або

$$R_{m,n} = 1 - \sum_{\ell=m-1}^{m-1} P_{\ell,n}. \quad (5.14)$$

Імовірність зриву наведення КР на об'єкт удару на i -му напрямку [13; 33]:

$$P_{зр.i} = \sum_{\ell=m-1}^{m-1} P_{\ell,n}^{(i)}. \quad (5.15)$$

Для упорядкування запису формул (5.13–5.15) прийнято, що змінний ℓ відповідає кількості виявлених орієнтирів m .

Припустимо, що на будь-якому напрямку удару КР розташовано $n=5$ орієнтирів, які можуть використовувати оптичні КЕСН. Імовірності виявлення орієнтирів КЕСН в умовах застосування аерозолів розраховані за формулою (5.11) та спеціальними методиками і становлять $P_1 = 0,5$; $P_2 = 0,4$; $P_3 = 0,3$; $P_4 = 0,8$; $P_5 = 0,1$.

Тоді відповідно до (5.12) можна скласти рівняння:

$$(0,5+0,5Z) (0,6+0,4Z) (0,7+0,3Z) (0,2+0,8Z) (0,9+0,1Z) = \sum_{m=0}^{n=5} P_{m,n} Z^m.$$

Розкриваючи дужки в лівій частині цього виразу, отримаємо таке рівняння:

$$0,0378+0,2346Z+0,3946Z^2+0,2606Z^3+0,0676Z^4+0,0048Z^5 = \sum_{m=0}^{n=5} P_{m,n} Z^m.$$

Результати визначення ймовірностей $P_{m,n}$ наведено на рис. 5.6.

Імовірності зриву наведення КР на об'єкт удару на окремо-му напрямку становлять: при $m=1$ $P_{зр.} = 0,0378$; $m=2$ $P_{зр.} = 0,2724$; $m=3$ $P_{зр.} = 0,6670$; $m=4$ $P_{зр.} = 0,9276$; $m=5$ $P_{зр.} = 0,9952$.

Необхідно зазначити, що потрібна кількість орієнтирів, які мають бути виявлені для наведення КР на об'єкт удару, визначається принципами функціонування і характеристиками оптичної КЕСН.

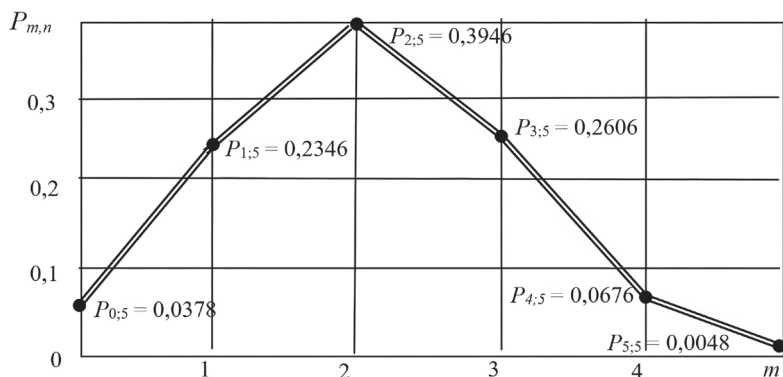


Рис. 5.6. Результати визначення ймовірностей $P_{m,n}$

Тоді, ураховуючи (5.10), ймовірність зриву наведення КР на об'єкт удару [13; 52]:

$$P_{зр.} = \sum_i P_{напр.i} \cdot P_{зр.i}, \quad i = \overline{1, N}. \quad (5.16)$$

При орієнтованому визначенні ймовірності ураження об'єкта групою КР можна прийняти, що ймовірності зриву наведення всіх КР на окремому напрямку удару однакові. У цьому випадку вираз для ймовірності ураження об'єкта групою КР в умовах застосування для його захисту АУ має вигляд [51]:

$$W = W^* \left[\sum_i P_{напр.i} (1 - P_{зр.i})^r \right], \quad (5.17)$$

де W^* ймовірність ураження об'єкта групою КР за відсутності дії аерозолів (запланована ймовірність ураження об'єкта);

r – кількість КР в ударі, од.

Ефективність застосування аерозолів для захисту об'єкта від удару КР з КЕСН визначається за формулою [52]:

$$E_{аер.} = \frac{W^* - W}{W^*}. \quad (5.18)$$

За сутністю показник $E_{аер.}$ характеризує відносне зниження ймовірності ураження об'єкта КР за рахунок використання аерозолів для його захисту.

Імовірність видимості АУ оптико-електронними засобами розвідки залежить від кількості типів аерозольних засобів, що використовуються для закриття орієнтирів, способів їх застосування. Тому при оцінюванні ефективності застосування аерозолів необхідно враховувати витрати аерозольних засобів (Q).

Зазвичай під час вибору раціональних способів застосування АУ або їхнього вдосконалення має розв'язуватися задача [15; 52]:

$$E_{aep.} \rightarrow E_{aep.max} \text{ при } Q = Q_{ад.}, \quad (5.19)$$

де $E_{aep.max}$ максимально можливе значення ефективності застосування аерозолів;

$Q_{ад.}$ – задана кількість аерозольних засобів, що можуть використовуватися для закриття орієнтирів.

Сукупність показників, які доцільно використовувати під час оцінювання ефективності застосування АУ для захисту об'єктів від ударів КР з оптико-електронними системами наведення, наведено на рис. 5.7.

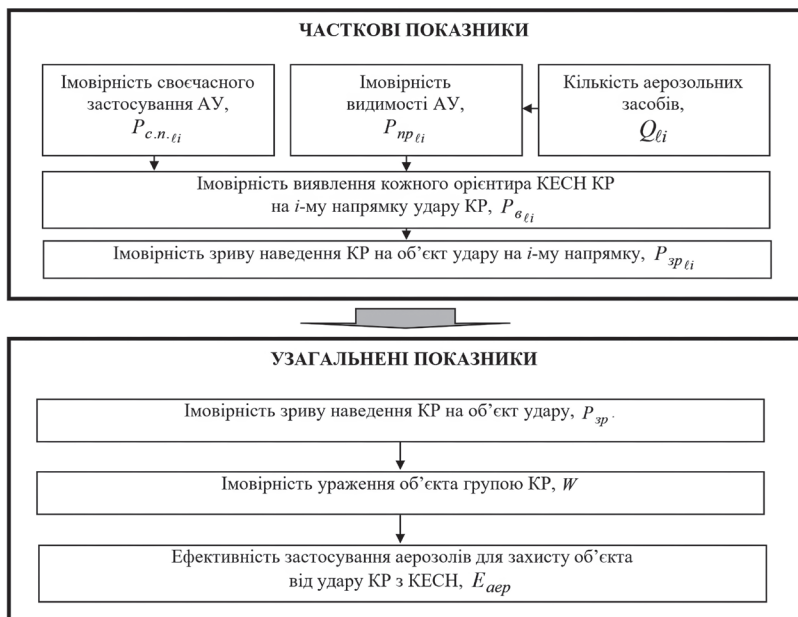


Рис. 5.7. Сукупність показників, які доцільно використовувати під час оцінювання ефективності застосування АУ для захисту об'єктів від ударів КР з КЕСН

Загальна послідовність розрахунків щодо оцінювання ефективності застосування аерозолів для прикриття об'єктів від удару КР з оптичними КЕСН відповідає схемі на рис. 5.7.

Наведений методичний підхід дозволяє: використовувати для оцінювання ефективності застосування АУ з метою прикриття об'єктів від ударів КР з КЕСН раніше розроблені методики щодо визначення ймовірності своєчасного застосування аерозолів і ймовірності їх видимості при маскуванні орієнтирів; оцінювати ефективність застосування аерозолів за різних варіантів маскування орієнтирів і тим самим виробляти рекомендації щодо використання АУ для прикриття об'єктів від ударів КР з оптичними КЕСН.

РОЗДІЛ 6

НАПРЯМИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ СИЛ ТА ЗАСОБІВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

6.1. Тенденції розвитку системи управління військами та зброєю

Сучасні складні геополітичні реалії, нові виклики та загрози, з якими стикаються демократичні держави для забезпечення національної безпеки, вимагають оперативного впровадження передових інноваційних технологій у діяльність СО держави. Найважливішою технологічною тенденцією сьогодення є швидкий розвиток та широко-масштабне впровадження на полі бою безпілотних систем повітряного, наземного та морського базування, систем ситуаційної обізнаності, автоматизованих та автоматичних систем управління військами та зброєю [30; 51; 77].

При цьому ефективність застосування військ та зброї насамперед залежить від спроможності мати перевагу над противником в управлінні військами та зброєю на всіх рівнях управління – стратегічному, оперативному та тактичному. Така перевага за досвідом російсько-української війни здатна забезпечити перемогу навіть над противником, який переважає за чисельністю та вогневими засобами [21; 51].

Збільшення просторових меж, висока маневреність і активність бойових дій, різкі зміни обстановки, зростання ролі та місця фактору часу, збільшення обсягу управлінських функцій, потреба оперативно та обґрунтовано формувати варіанти рішень на застосування військ та зброї в умовах невизначеності вхідних даних для вироблення рішень, постійне оновлення технологічної бази систем ситуаційної обізнаності та управління, складність забезпечення їх живучості потребують нових підходів до подальшого розвитку управлінської діяльності. Боротьба за вигравш час, випередження противника в діях за рахунок прогнозування його дій та прийняття своєчасних та обґрунтованих рішень на застосування військ та зброї є основними вимогами до діяльності ОВУ в сучасних операціях (бойових діях).

Сьогодні підвищення ефективності бойового застосування військ та зброї досягається шляхом отримання синергетичного ефекту бойових дій за рахунок інтеграції в єдиному інформаційно-комунікаційному просторі тільки певної кількості сил і засобів, здатних здійснити технологічно таку інтеграцію.

Тому постійно зростаючі можливості засобів збройної боротьби та масштаби їхнього застосування приводять до необхідності застосування нових підходів до автоматизації функцій управління військами та зброєю.

Результати процесів планування та застосування військ та зброї свідчать, що існуючі механізми управління, що використовують автоматизовані засоби для розв'язання частки функціональних завдань, не забезпечують необхідної оперативності прийняття та реалізації рішень у сучасних операціях (бойових діях).

Можливим напрямом вирішення даного проблемного питання є сполучення інтелекту командирів (начальників) та ШІ, широке використання математичних методів підтримки прийнятих рішень, пошук нових підходів до автоматизації функцій управління військами та зброєю, розроблення нових математичних моделей і методів автоматизації процесів організаційного управління військами та зброєю.

Суттєві зміни теорії та практики ведення сучасної збройної боротьби за досвідом російсько-української війни приводять до виникнення суперечностей між тенденціями розвитку збройної боротьби і станом СУ військами та зброєю. Це обумовлює необхідність вирішення проблеми впровадження в систему управління військами та зброєю новітніх технологій ведення сучасної збройної боротьби [21; 90-95].

Військовий ландшафт сьогодні стрімко змінюється, вимагаючи інноваційних та адаптивних рішень для досягнення перемоги в сучасній війні. Основною причиною таких змін є поява нових технологій ведення сучасної війни. Досвід російсько-української війни переконливо свідчить, що на полі бою перемогу здобуває той, хто володіє адекватною високотехнологічною зброєю, яка відповідає умовам ведення війни. Насамперед це високоточні засоби ураження, безпілотні комплекси та системи, системи ситуаційної обізнаності та автоматизованого (автоматичного) управління військами та зброєю, у яких реалізовано певні технології ШІ.

Поява нових високотехнологічних зразків озброєння та військової техніки приводить до виникнення нових форм і способів ведення збройної боротьби, а в подальшому – до змін організаційно-штатної структури

військ, СУ військами та зброєю, підготовки персоналу, всебічного забезпечення операцій (бойових дій). Збереження темпу таких змін неможливе без урахування демографічного та економічного факторів держави, створених у державі умов для реалізації стратегії перемоги у війні на «виснаження» – збереження людського ресурсу та задоволення потреб СО в умовах дефіциту оборонних ресурсів.

У війні на «виснаження» перемогу здобуває та держава, яка здатна тривалий час забезпечувати життєвий цикл впровадження у війська високотехнологічного ОВТ (рис. 6.1): новий високотехнологічний зразок ОВТ – зміна тактики та стратегії – зміна системи управління військами та зброєю – зміна системи підготовки військ – нова апробована на практиці організаційно-штатна структура військ – оперативне задоволення потреби військ у новому зразку ОВТ – модернізація зразка ОВТ за результатами досвіду його застосування військами.



Рис. 6.1. Життєвий цикл впровадження у війська високотехнологічного ОВТ

Важливу роль у такій війні будуть відігравати безпілотні комплекси та системи, які вже сьогодні домінують на полі бою. Вони є однією з найбільш перспективних інноваційних галузей у сфері військових технологій, що можуть значно змінити хід бойових дій та стратегію ведення війни [50; 67; 83; 90-95].

Безпілотні роботизовані комплекси та системи підтвердили свою ефективність у космосі, повітрі, морі, суходолі та кіберпросторі. Вони забезпечують швидкість, точність та стійкість виконання бойових завдань, зменшують втрати особового складу, знижують ресурси для виконання бойових завдань традиційними засобами.

У ході російсько-української війни на полі бою все активніше застосовуються в повітрі, на суходолі та морі групи безпілотних комплексів та систем (дронів). Тому в перспективі слід очікувати мультидомене застосування роїв дронів, які будуть здатні автономно ухвалювати рішення на основі спільної інформації, координувати свої дії, самостійно взаємодіяти з іншими дронами в повітрі, на суходолі та морі для досягнення поставленої мети операції (бойових дій). Такі спроможності завдяки III та космічним технологіям забезпечать повітряним, наземним, надводним та підводним роєм дронів реалізовувати стратегію стримування ворожої агресії на певних напрямках та у визначених районах.

Сьогодні значно зростають вимоги щодо інтеграції на полі бою розподілених інформаційних, розвідувальних, оборонних та ударних систем. Функціональна та інформаційна сумісність автоматизованих (автоматичних) систем ситуаційної обізнаності, управління військами та зброєю, забезпечення стійкої взаємодії між ними розглядаються як ключові компоненти, необхідні для досягнення інформаційної переваги над противником.

Розроблення та впровадження необхідних технологій для формування єдиного інформаційного простору та забезпечення можливості взаємодії в системі бойового управління військами та зброєю є дуже важливим й актуальним напрямом у ході реалізації сучасних та перспективних форм і способів застосування військ.

Розвиток системи управління військами та зброєю за принципом єдиного інформаційного простору передбачає [21; 31; 51]: володіння взаємодіючими органами управління незалежною інформацією про об'єкти взаємодії в реальному масштабі часу; незалежність загальної інформаційної основи управління від ієрархії органів управління; об'єднання етапів загального та безпосереднього планування та здійснення його в

єдиному органі; формування єдиного віртуального бойового простору; розвиток глобальної телекомунікаційної інфраструктури; розвиток космічних засобів розвідки, що сприяє результативному переведенню інформаційної переваги.

Завдяки об'єднаному інформаційному забезпеченню, війська стануть більш мобільними, будуть володіти високою ударною силою, матимуть підвищений рівень живучості, будуть здатні до швидкого оперативного розгортання та негайного застосування одразу після прибуття в зону ведення бойових дій. При цьому дані про обстановку будуть надходити до всіх органів управління, незалежно від ієрархії; не послідовно, через посередницькі ланки, а паралельно, безпосередньо від самих об'єктів. Це означає докорінну зміну періодичності оновлення даних: вони мають надходити негайно, разом зі зміною обстановки, а не станом на добу, тиждень, місяць, квартал тощо.

З початку широкомасштабної агресії в ЗС України завдяки вчасному погляду на ситуацію щодо реалізації передових технологій на полі бою було інтегровано існуючі автоматизовані системи управління (АСУ) військами та зброєю, системи ситуаційної обізнаності, окремі програмно-апаратні комплекси, спеціальне програмне забезпечення управління боєм типу BMS, що дозволило запровадити ефективну СУ бойовими діями, яка значно сприяла успіхам операцій.

Перебіг війни переконливо свідчить, що будь-яка нова система дійсно в подальшому стикається з обмеженнями щодо своєї здатності перш за все еволюціонувати. Усе це виникає внаслідок об'єктивних і суб'єктивних причин, які потрібно не лише своєчасно аналізувати, але й здійснювати відповідний вплив для їх еволюції за рахунок упровадження проривних технологій та інновацій. Сама ж еволюція можлива лише завдяки правильному розумінню тенденцій розвитку в усіх сферах збройної боротьби [21].

Насамперед необхідно звернути увагу на системи ситуаційної обізнаності. Такі системи з'явилися саме після появи високоточної зброї, ефективність застосування якої стала стратегічно значущою завдяки одночасній революції у сфері супутникових технологій та появи трьох споріднених між собою «game changers».

Це технології дистанційного зондування Землі, глобальної навігаційної супутникової системи GPS та технологій супутникового зв'язку. Сторона, яка мала доступ до супутникових знімків та змогу спрямовувати по GPS засоби ураження, здобувала абсолютну перевагу над противником, який не мав таких засобів.

Саме тоді відбулася інтеграція супутникового зв'язку у військові комунікації, унаслідок чого з'явилася можливість поширення інформації під час ведення бойових дій захищеним й універсально зручним способом, забезпечивши появу систем ситуаційної обізнаності та системи оперативного (бойового) управління, зв'язку, розвідки та спостереження C4ISR.

Це дозволило досягти інформаційної переваги над противником завдяки поєднанню інформаційних та бойових систем у єдиний бойовий простір, а саме: мережі передавання даних завжди доступні; сенсори розвідки розгалужені у всіх доменах та об'єднані, що дозволяє отримувати дані про обстановку швидше за противника; ситуаційна обізнаність швидкодоступна, що дозволяє зрозуміти обстановку швидше за противника; управління та контроль об'єднані, щоб ухвалювати рішення швидше за ворога; застосування сил скоординоване, щоб перемогти ворога рішуче.

Виникла так звана асиметрія, яка передбачала можливість малими ресурсами завдавати в рази більшу воєнну та матеріальну шкоду противнику. Асиметрія ця виникла саме завдяки високотехнологічній базі як системне еволюційне явище.

Отже, подальший її розвиток буде ґрунтуватися на технологічних змінах, які виникають внаслідок науково-технічного прогресу, що закономірно виникає у війнах на «виснаження». Дотримуючись такої логіки, можна визначити такі тенденції розвитку СУ військами та зброєю [21; 23; 90-95].

Перша тенденція – розвиток систем ситуаційної обізнаності та АСУ військами та зброєю в подальшому залежатиме від технологій управління, які отримають колосальний поштовх з боку технологій ІІІ. Це забезпечить повноцінний перехід від парадигм C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance) та C5ISR (+ Cyber-Defence) до C6ISR, що включає додатково компонент «бойові системи» (combat systems).

Очікуваний розквіт безпілотних систем, які все більше замінюватимуть особовий склад у забезпеченні основних і допоміжних завдань на полі бою, потребуватиме не лише інтеграції кожної такої системи в єдиний інформаційно-комунікаційний архітектурі, але й формування принципово нової доктрини управління та взаємодії. Ця доктрина має передбачати перш за все забезпечення координації між собою та іншими елементами управління.

Концепція системи C6ISR вже існує та запроваджується у війська, у найближчий час вона остаточно витіснить попередні парадигми систем

C4ISR і C5ISR. Це обумовлено тим, що безпілотні бойові комплекси та системи стають невід’ємною складовою будь-якої системи планування та виконання бойових завдань. Управління не лише військами та зброєю, а й бойовими безпілотними системами – це основне завдання необхідно буде враховувати під час створення нових систем ситуаційної обізнаності, управління військами та зброєю.

Друга тенденція – створення принципово нових спроможностей органів управління щодо обробки даних. Такі спроможності можливо забезпечити перш за все за рахунок збільшення швидкості та енерго-ефективності дата-центрів і комп’ютерів. Такі технічні рішення щодо створення нових мікропроцесорів у світі сьогодні вже існують. Швидкість обробки даних нових мікропроцесорів у 1 000 разів більша за найновіші процесори NVIDIA та в 100 разів є нижчою щодо споживання енергії.

Третя тенденція – інтеграція технологій ІІІ для аналізу даних. Системи ІІІ інтегруватимуться в системи ситуаційної обізнаності для автоматизованого аналізу великих обсягів даних із різних джерел, включаючи супутники, розвідувальні дрони, сенсори на землі та інші системи спостереження. Це дозволить перш за все створювати моделі ситуації на полі бою в абсолютно реальному часі.

Четверта тенденція – створення програмних інструментів для моделювання та прогнозування дій противника та підтримки прийнятих рішень. Маючи можливість аналізувати дані і навчатися на них, спеціалізовані боти, імовірно, зможуть миттєво й досить точно прогнозувати ймовірні дії противника як під час введення даних реальної обстановки, так і в ході виконання бойового завдання, надавати рекомендації для прийняття рішення командиром, що дозволить оперативно реагувати на зміни обстановки.

Системи ІІІ також будуть використані для автоматичної підтримки прийняття рішень (планування, розподіл, контроль стану виконання, аналіз результатів застосування) на всіх рівнях управління. За таких умов очікується скорочення штату персоналу штабів різного рівня.

П’ята тенденція – удосконалення радіоелектронних систем комунікації та розвиток альтернативних технологій зв’язку.

Супутникові технології залишаються незамінними у сфері космічної розвідки та систем ситуаційної обізнаності на оперативному і стратегічному рівнях. Проте на тактичному рівні варто очікувати високої активності в розробленні та імплементації технологій когнітивного радіо, що, по суті, являють собою «інтернет для доставлення сигналу», який

працює за принципом: якщо один канал зв'язку не працює, автоматично створюються інші, забезпечуючи численні альтернативи в кожний момент часу.

Доцільним є використання підземних, підводних або повітряних мідних та особливо оптоволоконних кабелів для забезпечення захищеного та надійного зв'язку між командними пунктами, дистанційного управління безпілотними системами або підключення автономних систем у мережах АСУ військами та зброєю.

Придушення або перехоплення сигналу з оптоволоконна без фізичного доступу до кабелю практично неможливе. Оптоволоконні кабелі забезпечують дуже високу пропускну здатність і швидкість передавання даних, що дозволяє ефективно передавати великі обсяги інформації на великі відстані.

Водночас цей тип зв'язку може бути порушений фізичним пошкодженням провідників, а також наразі потребує фізичної присутності особового складу для їх прокладання на місці прокладання, що в умовах панування дронів вздовж лінії бойового зіткнення є проблематичним. Відповідно, розвиватиметься сервіс безпілотного прокладання фізичних мереж.

Набувають також розвитку лазерні комунікаційні системи, що використовують лазерні промені для передавання даних. Зазначена технологія вже впроваджується окремими провідними MilTech-виробниками, проте її масштабування ускладнюється високою собівартістю лазерних комунікаційних систем. Лазерні системи зв'язку є теоретично невразливими до радіоелектронного придушення, оскільки використовують світлові хвилі замість радіохвиль.

Прогнозується також подальший розвиток 5G та 6G технологій передавання даних. Хоча перехід на 5G та 6G не забезпечує повного імунітету від засобів РЕБ, вони є більш захищеними.

Крім того, як варіант забезпечення стійкості зв'язку до РЕБ не виключено створення мобільних мереж на базі роїв дронів як інтелектуальних систем мобільних ретрансляторів.

За думкою західних фахівців, окрему увагу необхідно приділити квантовому зв'язку. Квантова криптографія робить цей зв'язок виключно захищеним. Технологія квантового зв'язку, яка використовує квантову криптографію для забезпечення захищеності передавання даних, може впроваджуватися в оборонній сфері, проте, з огляду на ранню фазу розвитку цієї технології, малоймовірно є її широке застосування в саме найближчий період.

Складні технологічні системи також, мабуть, будуть створювати екосистеми самовідновлюваних мереж для забезпечення безперервної роботи зв'язку. Це мережі зв'язку та передавання даних, які автоматично будуть відновлюватися після атак або збоїв, з використанням алгоритмів ШІ.

Шоста тенденція – стрімкий та бурхливий розвиток хмарних рішень у сфері оборонних технологій. Автономні рої дронів генеруватимуть величезну кількість даних у реальному часі, включаючи відеозаписи, зображення, сенсорну інформацію та дані про навігацію. Це потребуватиме потужних обчислювальних ресурсів для аналізу даних за допомогою машинного навчання та ШІ. Для ефективної обробки та зберігання цих даних виникає потреба в потужних і цілком захищених хмарних сховищах та сервісах.

Звісно очікується й збільшення уваги до кібернетичної безпеки хмарних рішень, оскільки захист даних і СУ дронами буде надкритично важливим для перебігу подій на полі бою.

Сьома тенденція – поява автономних командних пунктів для нових систем застосування безпілотних систем, які будуть мати можливість самостійно ухвалювати рішення у виділеному секторі або районі.

Восьма тенденція – розвиток спеціального програмного забезпечення, яке створює VR-моделі та AR-карти бойових дій: створення тривимірних моделей поля бою з доповненою реальністю для планування й управління військами.

Безумовно, окремо слід звернути увагу на заповнення «просвітів» між системами ситуаційної обізнаності тактичного, оперативного і стратегічного рівнів завдяки «оцифруванню» поля бою на основі технологій так званого Інтернету Речей (IoT).

Технологія IoT дозволить підключити у віртуальний простір, доступний для дистанційного управління, автономні сенсорні мережі, що будуть розгортатися для збирання тактичних і топокліматичних даних з поля бою, автоматично налаштовуватися й адаптуватися до змін в обстановці, а також бойових систем, транспортних засобів і навіть зброї та особистого обладнання окремого солдата, для централізованого управління та моніторингу.

Дев'ята тенденція – створення автономних сенсорних мереж радіо- та акустичної пеленгації, автоматичної багаторівневої системи збирання та верифікації інформації. Це забезпечить оперативне отримання та обробку великих масивів інформації від тактичного до стратегічного рівнів управління з можливістю реалізації моделі верифікації інформації від різних джерел із використанням ШІ.

Десята тенденція – використання нових методів та способів підвищення живучості системи управління військами та зброєю за рахунок використанням новітніх технологій кібернетичного захисту, маскування місць розміщення пунктів управління та організації роботи особового складу на них, введення противника в оману.

Одинадцята тенденція – використання можливостей ІІІ, космічної та повітряної розвідки, нових зразків високоточної зброї, повітряних платформ носіїв засобів стримування для створення автоматизованих бойових систем стримування. До складу таких систем стримування ввійдуть системи ситуаційної обізнаності, автоматизованого управління, ракетні війська та артилерія, групи («рої») роботизованих повітряних, наземних, морських комплексів, розподілені компоненти системи ППО/ПРО, новітні засоби стримування.

Отже, система С6ISR майбутнього являтиме собою єдину всеохоплюючу мережу аналізу даних та ухвалення рішень. Вона буде характеризуватися високою автоматизацією процесів збирання, первинної обробки та узагальнення інформації, у подальшому буде розширяти існуючі сфери автономного управління та рішень щодо бойового застосування, переважно безпілотними системами та комплексами [21; 64; 67].

Звісно, розвиток системи С6ISR залежатиме від ситуації на полі бою, яка змінюється стрімко й вносить абсолютно нові правила війни. Опираючись на логіку розвитку технологій на полі бою та поточні тенденції у сфері військового виробництва, можна спробувати спрогнозувати подальший розвиток технології самої війни на «виснаження».

Вплив засобів РЕБ на засоби розвідки і високоточну зброю, імовірно, буде нівельовано шляхом переходу на альтернативні канали зв'язку і передавання даних поза межами радіоелектронного спектру електромагнітних хвиль (оптичний канал навігації, одометрія на основі цифрових карт магнітних або радіолокаційних полів земної поверхні, автономне наведення із застосуванням нейромереж, технології лазерного зв'язку тощо).

Також на це вплине розвиток засобів знищення комплексів РЕБ. Це не призведе до зникнення РЕБ з поля бою, проте суттєво звузить спектр її ефективного застосування.

Очікується також поява можливості фізичного знищення засобів візуальної розвідки противника, зокрема безпілотних авіаційних комплексів БпАК) оперативного і тактичного рівнів, стаціонарних комплексів оптичного спостереження за рахунок застосування дронів-перехоплювачів безпілотних систем та комплексів усіх типів, а також лазерних технологій засліплення оптики.

Передбачається також масове масштабування, подальше здешевлення, збільшення радіусу дії та автономності високоточних засобів ураження, насамперед ударних дронів всіх типів. Це дозволить дистанційно винищувати особовий склад та озброєння і військову техніку противника в опорних пунктах вздовж лінії бойового зіткнення, зривати логістичні мережі та забезпечувати ефективну логістичну блокаду противника. При цьому бойові порядки вздовж лінії бойового зіткнення все більше слугуватимуть для підтримання напруженості у війні та внутрішньої напруженості в державі.

6.2. Розвиток мережецентричних технологій ведення збройної боротьби

На сьогодні актуальним і пріоритетним напрямом розвитку збройних сил більшості провідних країн світу стає всебічна інтеграція бойових формувань і підвищення рівня їхньої взаємодії за рахунок реалізації принципів нових мережецентричних концепцій, які передбачають інтеграцію СУ, зв'язку, розвідки й ураження. Дані концепції передбачають збільшення бойової ефективності міжвидових угруповань військ (сил) за рахунок створення інформаційно-комутаційної мережі, що зв'яже джерела інформації (розвідки), органи управління й засоби ураження (придушення) та забезпечує доведення до учасників операції (бойових дій) достовірної й повної інформації про обстановку практично в реальному масштабі часу [21; 67].

Мережецентричні концепції – це не лише створення мереж розвідки, управління та ураження, а й змінювання тактики дій військових формувань, оптимізація розвідувальної діяльності, спрощення процедур координації вогневого ураження об'єктів противника. Мережецентричні концепції у провідних країнах отримали різні назви: США – мережецентрична війна; Великобританія – мережеві можливості; Франція – інформаційно-центрична війна; Німеччина – реалізація нових принципів управління і зв'язку між бойовими формуваннями та органами управління в рамках програми перспективної системи оснащення й озброєння особового складу; росія – мережецентричний метод управління військами в єдиному інформаційному просторі; Китай – інтегрована мережева та електронна війна; Нідерланди – мережецентричні операції; Швеція – мережева оборона; Австралія – мережецентрична війна; НАТО – Комплексні мережеві можливості.

Американська концепція мережецентричних війн відрізняється глобальністю, залежить здебільшого від фінансування робіт щодо створення АСУ військами і зброєю, об'єднаних у рамках єдиної глобальної мережі [61; 67].

Більш прагматичною є концепція Великобританії. Вона передбачає обґрунтоване оперативними інтересами найбільш ефективне об'єднання існуючих систем озброєння, органів і пунктів управління, датчиків та ін. Концепція Великобританії має значущість лише в оперативному контексті, а також коли її положення використовуються в інтересах організації або забезпечення інших органів (об'єктів) управління. Таким чином, британський підхід спрямований здебільшого на підвищення бойових спроможностей уже існуючих систем озброєння, ніж на діяльність заради створення самої мережі. Підвищення бойових можливостей передбачається досягти за рахунок гармонічного об'єднання засобів розвідки, органів оперативного управління, військових частин (підрозділів) та систем зброї.

Основна ідея мережецентричних концепцій полягає в інтеграції всіх сил і засобів у єдиному інформаційному просторі, що дозволяє багатократно збільшити ефективність їх бойового застосування за рахунок *синергетичного* ефекту [51].

Ефект синергізму проявляється тоді, коли ціле становить щось більше, ніж сума його частин. У військовій справі синергізм – це ефект від сумісної дії об'єднаних у мережу засобів збройної боротьби, який за сукупним результатом перевищує суму ефектів від застосування тих же засобів окремо. Іншими словами, синергетичний ефект досягається, коли комбінована (сумісна) дія двох або декількох засобів (розвідки, ураження) перевищує сумарну ефективність, яка забезпечується під час застосування кожного засобу окремо [33].

Мережеву взаємодію в рамках концепції США «Ведення бойових дій у єдиному інформаційному просторі» (варіант) наведено на рис. 6.2. Роль системоутворюючого елемента виконує єдина (об'єднана) мережа обміну даними, яка повинна забезпечувати в реальному або близькому до реального масштабі часі розподілений доступ й обмін інформацією між різними засобами розвідки, автоматизованого управління та ураження. Це дозволить формувати єдину картину бойових дій, яка динамічно змінюється, оперативно виконувати бойові завдання [57].

Технічною основою ведення мережецентричних війн є мережецентричні системи (МЦС) збройної боротьби, СУ яких збудовані з урахуванням: мережевого принципу; принципу міжвидового призначення;

принципу сумісності; принципу відкритості; принципу модульності; принципу розподілу обробки і збереження інформації.

МЦС являє собою єдиний інформаційно-комутаційний простір, який об'єднує між собою мережі розвідки, зв'язку і управління, мережі засобів ураження і придушення, а також мережі бойового і тилового забезпечення.

Це принципово збільшує швидкість ухвалення рішень і бойового застосування військ. Така система озброєння, по суті, являє собою розвідувально-інформаційну ударну систему глобального масштабу, яка здатна в будь-якій операції діяти по цілі (об'єкту) з використанням найбільш придатного засобу ураження.

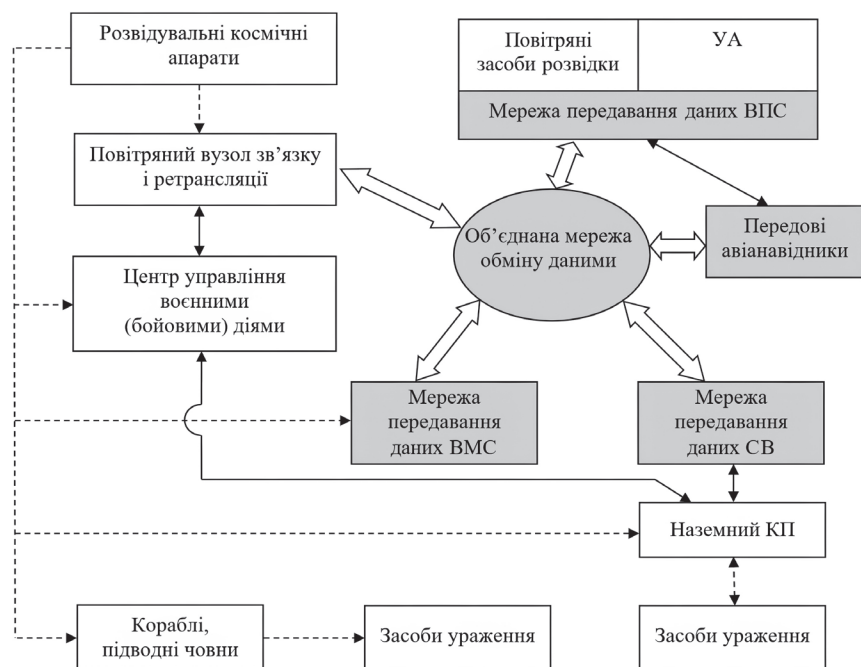


Рис. 6.2. Мережева взаємодія в рамках концепції США «Ведення бойових дій у єдиному інформаційному просторі»

Сучасний РУК (РВК) – це система, яка об'єднує засоби розвідки, наведення, управління, вогневого ураження і призначена для виявлення та знищення найбільш важливих одиночних і групових рухомих об'єктів противника в глибині розташування його військ. В РУК (РВК)

конкретні засоби розвідки й ураження функціонально та організаційно жорстко пов'язані між собою для розв'язання вузькоспеціалізованих завдань. Спочатку їх створення передбачалося здійснювати на підставі вертикальної інтеграції засобів розвідки і ураження, з прямим каналом передавання даних цілевказівок.

Перший у світі РУК був створений у СРСР для завдання ударів по надводних кораблях крилатими протикорабельними ракетами П-35. РУК складався з авіаційної розвідувальної системи «Успіх» (розробник – Київський НДІ радіоелектроніки) і корабельного ракетного комплексу. Авіаційна розвідувальна система складалася з бортового радіолокаційного комплексу виявлення надводних цілей і апаратури трансляції радіолокаційної інформації, розміщених на літаках ТУ-16РЦ, ТУ-95РЦ (пізніше – на вертольотах Ка-25РЦ і на кораблях). Сигнали передавалися на кораблі, де здійснювалась обробка даних і видавалися цілевказівки ракетному комплексу. У 1965 р. вперше було здійснено передавання з літака-розвідника на корабель-носії протикорабельних ракет радіолокаційного зображення району огляду в реальному масштабі часу. Завдання-цілевказівки могли виконуватися на дальності до 7 000 км.

Розроблення засобів розвідки для інших РУК спочатку також передбачалося здійснювати на підставі вертикальної інтеграції. Наприклад, перший зразок РУК «Ассолт Брейкер» був орієнтований на використання власного засобу розвідки і цілевказівки – радіолокаційної станції «Пейв-Мувер», розміщеної на повітряному носії. Засобом ураження об'єктів противника РУК «Ассолт Брейкер» є ракетні комплекси оперативно-тактичних ракет.

Схему передавання бойової інформації в РУК «Ассолт Брейкер» наведено на рис. 6.3.

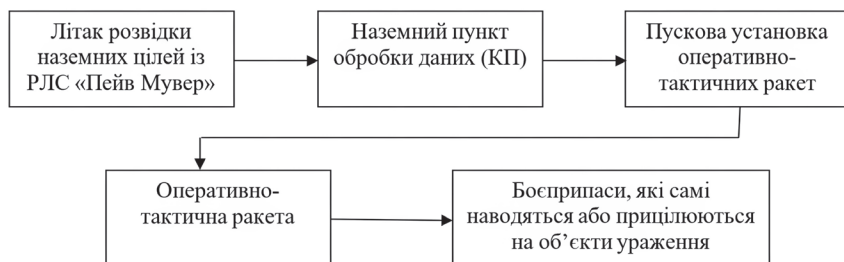


Рис. 6.3. Схема передавання бойової інформації в РУК «Ассолт Брейкер»

Роботи щодо створення РУК «Ассолт Брейкер», який призначався для боротьби з бронетанковою технікою інших ешелонів противника, були припинені у 1982 р., незважаючи на позитивні результати вогневих випробувань.

Це обумовлено зміною поглядів на форми воєнних дій і способи застосування військ, масовим постачанням у війська високоточної зброї, інтенсивним розвитком АСУ, зв'язку і розвідки, а також неузгодженістю вимог з боку видів ЗС і значною вартістю розроблення РУК [18].

РУК «Джисак» створювався у двох варіантах (для сухопутних і військово-повітряних сил). В обох варіантах РУК було прийнято рішення використовувати радіолокаційну систему повітряної розвідки наземних цілей та управління завданням ударів «Джистарс». Це свідчить якщо не про відмову від традиційної форми вертикальної інтеграції засобів розвідки і ураження, то принаймні про перехід до створення розвідувальних систем в інтересах декількох видів ЗС. Сполучення в системі «Джистарс» розвідувальних і ударних можливостей сприяє покращенню управління різнорідними засобами ураження.

Схему взаємодії елементів РУК «Джисак» наведено на рис. 6.4.

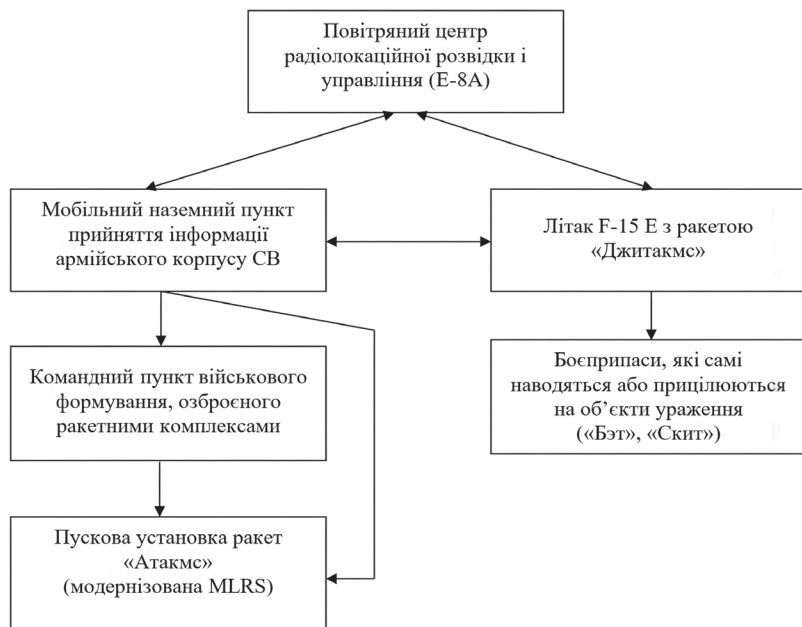


Рис. 6.4. Схема взаємодії елементів РУК «Джисак»

Передбачається використання радіолокаційної системи «Джистарс» не лише в інтересах РУК, а й під час планування вогневого ураження противника в армійських корпусах і дивізіях.

Застосування системи «Джистарс» у ході війни в зоні Перської затоки (для спостереження за іракськими резервами і виявлення артилерійських батарей на дальностях, які перевищують можливості засобів радіолокаційної розвідки комплексів контрбатарейної боротьби американських дивізій) підтвердило те, що горизонтальна інтеграція засобів розвідки й ураження в порівнянні з вертикальною значно підвищує ефективність використання розвідувальної інформації і можливостей засобів ураження.

Актуальною проблемою розвідки є підвищення достовірності розвідувальної інформації в інтересах вогневого ураження противника. Рішення даної проблеми, за поглядами зарубіжних військових фахівців, полягає в горизонтальній інтеграції засобів розвідки об'єднань (з'єднань) на підставі створення систем управління розвідкою [18].

Прикладом є автоматизована система обробки й аналізу розвідувальних даних повітряної армії (армійського корпусу, дивізії) АСАС. Найбільш глибока інтеграція різних видів розвідки досягнута в дивізійній ланці. Обробляється та аналізується інформація, яка отримується від засобів радіо- і радіотехнічної розвідки, РЛС розвідки рухомих цілей, радіолокаційного комплексу контрбатарейної боротьби, звукової розвідки, оптико-електронних засобів передових артилерійських спостерігачів, системи повітряної розвідки «Джистарс», засобів повітряного спостереження та ін. Інформація про об'єктову обстановку зосереджується в центрі управління бойовими діями дивізії. Зіставлення розвідувальної інформації, яка отримується від різних джерел, дозволяє суттєво підвищити її достовірність, а отже, підвищити ефективність застосування засобів ураження.

Водночас створення АСУ розвідкою масштабних горизонтальних структур не виключає вже складеної вертикальної інтеграції. Структуровані в РУК, РВК засоби розвідки, як і раніше, будуть забезпечувати їх бойове застосування.

Прикладом збереження вертикальної інтеграції засобів розвідки й ураження є активізація за останній час робіт щодо створення РУК на підставі застосування розвідувальних і ударних БЛА. Так, Німеччиною та Ізраїлем розробляється інтегрована розвідувально-ударна система на підставі мережі БЛА. Такий РУК буде здатний вирішувати завдання щодо пошуку, виявлення та ідентифікації наземних цілей із визначення

їхніх координат для подальшого знищення. Знищення цілей можливе як бортовими засобами ураження, так і за допомогою інших вогневих засобів (здійснюється передавання цілевказівок на наземний пункт управління).

Яскравим прикладом високих можливостей розвідувальних БЛА типу «Глобал Хок» щодо оперативного забезпечення даних цілевказівки літакам винищувально-бомбардувальної авіації корабельного базування стали операції ЗС США в Афганістані та Іраку. Так, БЛА RQ-4A «Глобал Хок» за допомогою бортової РЛС виявив іракський ракетний комплекс, який був укритий під мостом і не був виявлений до того іншими засобами розвідки. Координати виявленої позиції за допомогою супутникового зв'язку були передані на наземний командний пункт, з якого дані цілевказівки надійшли літаку F/A-18C «Хорнет», що знаходився в повітрі, і ракетний комплекс був знищений. Весь цикл – від виявлення цілі до її знищення – становив 20 хвилин. На сьогодні тривалість даного циклу значно скорочена та становить одиниці хвилин. Таких епізодів нараховувалося не менше десяти.

У подальшому американці реалізували програму інтеграції БЛА типу «Глобал Хок» в контур обміну даними повітряних КП E-8 JSTARS. При цьому було забезпечено прямий зв'язок БЛА з конкретним літаком, призначеним для завдання ракетно-авіаційного удару. Таким чином, на прикладі БЛА «Глобал Хок» розглянуто можливі схеми передавання розвідувальної інформації, які є характерними для РУК.

На сьогодні воєнно-політичне керівництво США вважає, що одним із ключових «напрямів для інвестицій» є розроблення та прийняття на озброєння БпАК багатоцільових, розвідки і спостереження, а також розвідувально-ударних і ударних. Усі типи БЛА можуть бути інтегровані в РУК [18; 67].

Широке впровадження інформаційних технологій стало основою перетворення окремих артилерійських комплексів у розвідувально-вогневі. Сполучення автоматизованої системи управління (АСУ) вогнем артилерії із сучасними системами розвідки (у т. ч. з розвідувальними БЛА) дозволяє суттєво підвищити дальність ураження цілей [18; 21; 67].

АСУ охоплює всі процеси розвідки цілей, обробку даних і передавання повідомлень у центри управління вогнем, безперервне збирання даних про положення і стан вогневих засобів, постановку завдань, виклик, коригування і припинення вогню, оцінку результатів. Прикінцеві влаштування АСУ встановлюються на командних машинах дивізіонів, батарей, машинах розвідки, рухомих пунктах управління,

окремих гарматах, а також на повітряних засобах. Вважається, що навіть без змінювання дальності і точності стрільби самих гармат використання АСУ може підвищити ефективність вогню дивізіонів і батареї у 2-5 разів [18; 67].

За оцінками вітчизняних фахівців, відсутність сучасних АСУ і достатніх засобів розвідки та зв'язку не дозволяє артилерії реалізувати більше 50 % її потенційних можливостей щодо вогневого ураження військ і об'єктів противника. Так, в умовах швидкого змінювання бойової обстановки неавтоматизована СУ може своєчасно обробляти і враховувати не більше 20 % наявної інформації [24; 34]. Артилерійські обслуги не встигають реагувати на більшу частину виявлених цілей.

Аналіз принципів побудови підсистем розвідки, управління, зенітного ракетного прикриття об'єктів і військ системи ППО свідчить, що інтеграція засобів цих підсистем переважно розповсюджується на з'єднання, частини, які утворюють систему ППО. Водночас завдання ППО вирішуються різними видами і родами військ, а саме військами ППО СВ, силами і засобами ППО ВМС.

Крім того, в інтересах ППО об'єктів і військ може застосовуватися УА, РВіА, РУК і РВК. Це обумовлює доцільність створення інтегрованої розвідувально-управляючої інформаційної системи, яка повинна функціонувати в єдиному інформаційному просторі, що дозволяє отримати *синергетичний* ефект від сумісного вирішення завдань ППО [61; 67].

Це дозволяє створювати багатофункціональні розвідувально-інформаційні ударно-вогневі системи, які спроможні виконувати такі завдання: спостереження за полем бою (районом бойових дій), виявлення і розпізнавання повітряних, наземних (надводних) об'єктів, їх ідентифікацію і визначення місцеположення; обмін у реальному масштабі часу потрібною інформацією між командними пунктами (пунктами управління) і вогневими (ударними) засобами, у тому числі ракетно-артилерійськими, протиповітряними комплексами (системами) і засобами захисту об'єктів від елементів ВТЗ, а також авіацією, яка виконує завдання безпосередньої авіаційної підтримки; ураження засобів повітряного нападу противника, у тому числі елементів ВТЗ і протитанкових ракет; виключення завдання ударів артилерією і авіацією по своїх військах (силах) і підвищення ефективності ураження ними противника; забезпечення стійкого, безперервного, прихованого і завадозахищеного оперативного-командного зв'язку.

Основа багатофункціональної розвідувально-інформаційної ударно-вогневої системи мають становити багатофункціональна РЛС, ко-

мандний пункт і комплекс засобів зв'язку та обміну даними реального часу [18]. Багатофункціональна РЛС повинна здійснювати виявлення, впізнавання повітряних і наземних (надводних) об'єктів на дальностях, що забезпечують виконання бойових завдань усіма різномірними силами і засобами загальновійськового з'єднання (частини). При цьому КП буде системоутворюючим елементом, який має об'єднати в єдину автоматизовану інформаційно-управляючу систему джерела радіолокаційної та іншої розвідувальної інформації, засоби ППО і активного захисту від ВТО, а також ударно-вогневі комплекси загальновійськових з'єднань (частин).

У розглянутій багатофункціональній розвідувально-інформаційній ударно-вогневій системі передбачається використовувати як горизонтальну, так і вертикальну інтеграцію засобів розвідки і ураження. Горизонтальну інтеграцію здебільшого передбачається використовувати на оперативному рівні управління.

Є очевидним, що управління бойовими діями і під час реалізації мережецентричних концепцій буде здійснюватися з КП (ПУ) різновидових військових формувань, які будуть отримувати інформацію від мереж передавання даних видів ЗС [18].

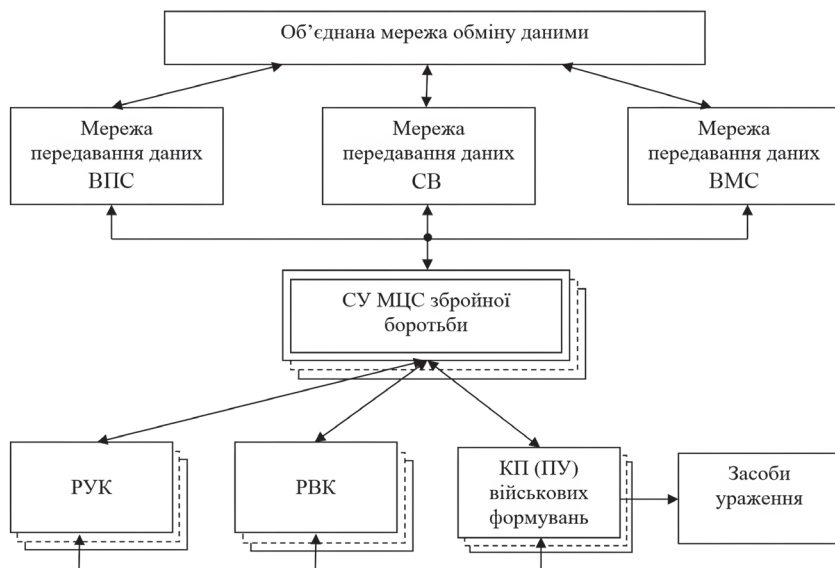


Рис. 6.5. Схема взаємодії елементів МЦС збройної боротьби

Управління застосуванням РУК, РВК також здійснюється з КП (ПУ) військових формувань. Тому можна передбачити, що РУК, РВК будуть елементами МЦС збройної боротьби (розвідувально-інформаційної ударної системи глобального масштабу). Для забезпечення автономного застосування РУК, РВК у їхньому складі доцільно мати власні засоби розвідки, що мають входити до відповідних мереж передавання даних видів ЗС.

Схему взаємодії елементів МЦС збройної боротьби (варіант) наведено на рис. 6.5.

На тактичному рівні збережена вертикальна інтеграція засобів розвідки і ураження.

Застосування РУК, РВК у складі МЦС збройної боротьби дозволяє: підвищити ефективність ураження ними об'єктів противника за рахунок більш достовірного їх виявлення і впізнання; забезпечити розподіл об'єктів ураження в інтересах виконання завдань угруповання військ (сил); застосовувати РУК, РВК в інтересах декількох видів ЗС; скоротити цикл функціонування РУК, РВК від виявлення об'єкта (цілі) до його знищення; виключити завдання ударів по своїх військах; розширити спектр завдань, що виконуються РУК, РВК.

Таким чином, роль РУК, РВК у вогневому ураженні противника під час реалізації мережецентричних концепцій лише зростатиме. Однак для цього необхідно забезпечити інтеграцію засобів, що утворюють РУК, РВК, у мережі передавання даних видів ЗС, які є складовими об'єднаної мережі обміну даними.

6.3. Розвиток космічних технологій у сучасних операціях (бойових діях)

За останні десятиріччя відбулися практично революційні зміни в підходах провідних світових держав до використання навколосезонного космічного простору. Накопичений космічний потенціал почав активно застосовуватися у всіх сферах людської діяльності – від соціально-економічної до військової. Він стає невід'ємною складовою частиною соціального благополуччя і національної безпеки, предметом національних інтересів.

Зростання ролі та значення космосу в операціях (бойових діях) є однією з найважливіших тенденцій зміни характеру збройної боротьби в ХХІ ст. Характерною рисою сучасних військових конфліктів є вплив на про-

тивника на всю глибину його території одночасно в повітряно-космічному просторі, на суходолі і морі та в глобальному інформаційному просторі.

Пріоритетною умовою володіння необхідним військовим потенціалом, що забезпечує безпеку, незалежність і нормальний розвиток держави, збереження авторитету її на арені світової політики є забезпечення діяльності ЗС із космосу та гарантований доступ їх у космічний простір.

Тому у війнах і збройних конфліктах ХХІ ст. максимально широко будуть використовуватися сили і засоби повітряно-космічного нападу, для досягнення поставлених цілей змінюватиметься послідовність дій угруповань військ (сил) [18; 25; 67]:

- спочатку буде здійснюватися ведення інформаційної війни з метою завоювання інформаційної переваги над противником у комплексі із застосуванням економічних, політичних, юридичних та інших заходів;

- за умови успіху інформаційного протиборства будуть проводитися наступальні операції, основу яких становитимуть МРАУ, що наносяться по ключових елементах системи державного та військового управління протиборчої сторони, її найважливіших економічних об'єктах, угрупованнях військ;

- далі буде забезпечуватися панування в космосі своїх космічних інформаційних систем, а в перспективі, можливо, і самостійні воєнні дії в космосі (з космосу) з метою завоювання панування в космосі та захисту своїх космічних інформаційних ресурсів;

- після досягнення цілей повітряно-космічної наступальної операції (кампанії) можуть бути розпочаті операції наземними угрупованнями військ.

З урахуванням зростаючого значення космічних сил і засобів під час підготовки та ведення військових дій у ХХІ ст., практики застосування космічних сил і засобів у збройних конфліктах різної інтенсивності, космос визнано п'ятою сферою бойових дій поряд із землею, повітрям, морем, кіберпростором.

Ураховуючи екстериторіальність космічного простору, його використання будь-якою державою буде дозволяти вирішувати бойові завдання та завдання космічної підтримки військ (сил) без порушення загальноприйнятих законів про недоторканість кордонів інших держав, а саме: ведення всіх видів розвідки з космосу в реальному масштабі часу; навігаційне, топогеодезичне і метеорологічне забезпечення діяльності держави та її ЗС; організацію глобального, безперервного, багатоканального зв'язку з усіма військовими і цивільними об'єктами, кораблями, військовими частинами в будь-якій точці земного простору.

Використання космічних засобів є одним з основних способів підвищення ефективності діяльності військ (сил) у сучасних умовах, коли першочергового значення набуває не кількісно-якісний склад протиборчих угруповань, а інформаційне забезпечення військових дій і створення необхідних умов для більш ефективного застосування об'єднаних угруповань військ (сил), зокрема в умовах чисельної переваги противника [25].

Обґрунтовуючи особливу роль космічних засобів у веденні і забезпеченні військових дій у космосі і з космосу, варто зауважити, що весь розвиток світової космонавтики нерозривно пов'язаний із використанням космічних засобів в інтересах оборони.

Якщо в 1970-ті рр. минулого століття космічні засоби використовувалися в інтересах вирішення завдань стратегічного характеру, то в 1990-х рр. були розгорнуті постійно діючі орбітальні угруповання космічних сил різного призначення для інформаційного забезпечення дій військ (сил). При цьому значно збільшився обсяг завдань, що розв'язувалися з використанням космічних засобів. Доцільність використання даних від космічних засобів стала загальноновизнаною й закономірною як під час планування стратегічних дій ЗС, так і в ході планування дій угруповань військ і сил більш низького рівня.

Розроблення космічних засобів озброєння, орбітальні елементи яких здатні здійснювати активний вплив на потенційні цілі, дозволяє забезпечити постійне зростання його значення в досягненні цілей збройної боротьби. За оцінками провідних військових фахівців, інтегральне підвищення бойових можливостей ЗС лише за рахунок інформаційної космічної компоненти становить від 1,5 до 2 разів.

Активне використання космічного простору у військових цілях здатне забезпечити [25; 67]: одержання повної та достовірної інформації про противника в масштабі часу, близькому до реального, та оперативне доведення її до всіх органів управління й елементів військ (сил); захист національної території та розгорнутих угруповань військ від зброї масового ураження і ударів засобів повітряно-космічного нападу, у першу чергу БР і КР; розгортання сил і систем зброї, що сприяють досягненню військових цілей у конфліктах із мінімальними втратами та мінімальними збитками для цивільного населення і навколишнього середовища; контроль використання іншими країнами космічного простору, а також акваторій морів і океанів.

На підставі аналізу ролі космічних систем і комплексів у процесах добування, збирання, обробки та передавання інформації доцільно виділити новий вид діяльності ЗС, а саме космічну підтримку військ (сил) [25].

Космічна підтримка військ (сил) – сукупність заходів, що проводяться ОВУ всіх рівнів, дій військ, у тому числі космічних, а також спеціально створених для цього органів, щодо формування й використання інформаційного середовища, яке інтегрує дані про свої війська та зброю, противника, умови виконання завдань і функціонуючого на основі широкого використання сучасних захищених технологій і засобів добування, збирання, обробки й доведення космічної інформації в інтересах максимально ефективного застосування військ (сил).

Космічна підтримка військ (сил) – це сукупність дій (заходів), що виконуються як самостійно, так і у взаємодії зі споживачами космічної інформації з використанням космічних засобів та інфраструктури військового та подвійного призначення для [25; 67]:

- проведення космічної розвідки території та необхідних об'єктів;
- підтримання стійкого функціонування каналів космічного зв'язку; формування навігаційного поля;
- доведення до приймальних пунктів наземних спеціальних комплексів спеціальних матеріалів і сигналів із необхідною якістю;
- контролю фоно-цільової обстановки та космічної діяльності іноземних держав у стратегічній космічній зоні;
- контролю пусків ракет;
- вимірювання, запису й передавання значень параметрів космічного простору (радіаційної обстановки, магнітного поля тощо) в інтересах всебічного забезпечення військ (сил);
- створення, розгортання, нарощування й поновлення орбітальних угруповань космічних сил і засобів військового та подвійного призначення;
- надання гарантованого доступу космічних та інших засобів (наприклад, гіперзвукових літальних апаратів, суборбітальних засобів, балістичних ракет) у стратегічну космічну зону;
- використання космічного простору для вирішення завдань військового характеру;
- контролю космічного простору, у перспективі – розвідки космічної обстановки та видачі цілевказівок.

За умови якісного та повного виконання завдань і заходів космічної підтримки ЗС набуватимуть нових спроможностей за рахунок значного розширення масштабів використання розвідувально-ударних систем і вогневих комплексів, що мають у своїй основі космічну інформацію розвідки й цілевказівок, зв'язку, навігації, ув'язану із системами управління військами й вогневими засобами; високої точності

й оперативності застосування зброї на граничну дальність стрільби; ефективного ведення інформаційної боротьби за рахунок розвідки й радіоелектронного придушення, зв'язку й передавання даних; ефективного ядерного стримування шляхом раннього попередження, підвищення точності стрільби й стійкості бойового управління ядерних сил; можливості ведення бойових дій у необладнаних в оперативному відношенні регіонах – якщо війська в масовому порядку будуть оснащені мобільною й малогабаритною апаратурою приймання інформації з космосу, то забезпечується їхня мобільність, незалежність від стаціонарних мереж зв'язку, радіонавігації, метеозабезпечення.

За результатами російсько-української війни можна впевнено стверджувати, що використання космосу в інтересах військ (сил) дозволяє якісно змінити картину поля бою – у кілька разів підвищити точність навігації й стрільби, оперативність і стійкість зв'язку, метеозабезпечення, забезпечити розвідку поля бою з видачею цілевказівок у реальному масштабі часу від підрозділу до окремого солдата [21].

Доведення космічної інформації безпосередньо до поля бою має стати однією з головних цілей подальшої трансформації ЗС [21; 25].

У вирішенні цього завдання закладено практично необмежені резерви підвищення ефективності дій військ (сил), економії сил і засобів. Кожне угруповання військ (сил) – від армійського корпусу до бригади, батальйону, роти, взводу, відділення та окремого солдата – повинне мати своє космічне інформаційне поле.

Для виконання заходів космічної підтримки військ у державі необхідно мати розгалужену космічну інфраструктуру військового та подвійного призначення з використанням потужних інформаційних систем.

6.4. Енергозабезпечення систем організаційного управління силами та засобами в сучасних операціях (бойових діях)

Збільшення просторових меж, висока маневреність і активність бойових дій, різкі зміни обстановки, зростання ролі та місця фактору часу, збільшення обсягу управлінських функцій, потреба оперативно та обґрунтовано формувати варіанти рішень на застосування військ та зброї в умовах невизначеності вхідних даних для вироблення рішень, постійне оновлення технологічної бази систем ситуаційної обізнаності та управління, складність забезпечення їх живучості потребують нових підходів до подальшого розвитку управлінської діяльності.

Сьогодні ефективного застосування сил і засобів на полі бою забезпечується шляхом використання розподілених автоматизованих систем організаційного управління силами і засобами (РАСОУ СЗ) [4; 20; 21; 67]. Таким системам притаманні розгалужена мережа засобів зв'язку і комунікацій, використання різноманітних інформаційних технологій, насиченість комплексами засобів автоматизації та складна структура системи їх енергозабезпечення.

Механізми, методи та способи забезпечення живучості РАСОУ СЗ є їх невід'ємною частиною. При цьому еволюція систем управління військами та зброєю обумовлює еволюцію механізмів, методів та способів забезпечення їх живучості. Вагомим внеском у забезпеченні живучості РАСОУ СЗ є гарантоване, якісне, економне та безпечне енергозабезпечення її підсистем та елементів, розміщених як у стаціонарних, так і в польових умовах.

Тенденції розвитку збройної боротьби переконливо свідчать, що в майбутньому кількість джерел енергозабезпечення військ буде неухильно зростати [27]. Це обумовлює доцільність створення РАСОУ енергозабезпеченням ЗС, у якій генеруючі потужності будуть більш розподіленими, ніж концентрованими, що й обумовлює актуальність даної теми.

Зміна ландшафту бойових дій продиктована насамперед використанням високотехнологічних та проривних технологій, реалізація яких на полі бою вимагає значної енергії. Мультидоменість, нелінійний характер ведення збройної боротьби вимагають значних обсягів енергії. Виробництво, накопичення та генерування енергії є критичним аспектом підтримки поля бою, у тому числі РАСОУ СЗ.

ОВТ завжди потребувала енергії й використовувалась у боротьбі за енергію. Енергія залишається і ресурсом, за який ведеться боротьба, і зброєю, за допомогою якої ведеться ця боротьба [27].

Досвід російсько-української війни переконливо свідчить, що сьогодні на перший план виходять методи та способи зберігання електроенергії та відновлюваних джерел енергії. Ці досягнення ґрунтуються на розробленні нових матеріалів, методах виробництва, управлінні енергозабезпеченням військ, у тому числі використанні ШІ, нових підходах, методах та способах збирання енергії.

Наукові дослідження енергозабезпечення сил і засобів (СЗ) охоплюють широкий спектр тем та підходів відповідно до нових вимог ведення збройної боротьби. Особливого значення набувають дослідження, спрямовані на забезпечення СЗ технологіями збирання, виробництва, зберігання та управління новою енергією [27]:

- поновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, геотермальна та біопаливо; водню; термоядерного синтезу (синтез з інерційним утриманням, магнітне утримання); поділу (розплавлена сіль, торій, мініреактори тощо);

- збирання енергії (бездротове, біо-, механічне) та мережевого сховища енергії;

- управління споживанням енергією з підтримкою систем ІІІ;
- створення акумуляторів на нових технологіях (графен, вуглецеві нанотрубки, твердотільні, металевоповітряні тощо).

Ефективне енергозабезпечення РАСОУ СЗ безпосередньо пов'язане із здатністю військ забезпечити надійний захист від впливу противника стаціонарних та польових місць генерування енергії, мережі її передавання та систем (елементів) енергозабезпечення ЗС.

Вирішення проблеми ефективного енергозабезпечення РАСОУ СЗ можливе за рахунок [27]:

- організації розподіленого генерування електроенергії;
- створення на тактичному та оперативному рівні високостійких енергетичних систем військового призначення;
- розвитку резильєнтних мобільних енергетичних систем;
- розвиток автоматизованих систем організаційного управління в системах енергозабезпечення ЗС;
- впровадження у військових мережах енергозабезпечення ЗС технології Smart Grid.

Необхідність організації розподіленого генерування електроенергії насамперед обумовлена масовим упровадженням у військах новітніх та проривних технологій, які призводять до виникнення дисбалансу між генеруванням і споживанням енергії або між потребою в її видах.

Реалізація такої концепції передбачає формування раціональної топології мереж генерування енергії та її передавання, створення автономних додаткових джерел енергозабезпечення СЗ у безпосередній близькості від споживачів.

Як додаткові джерела електроенергії можуть застосовуватися [27]:
у польових умовах – засоби альтернативної енергетики (сонячні батареї, вітрові генератори, паливні елементи тощо);

для стаціонарних умов – традиційні когенераційні установки малої і середньої потужності, що працюють на природному газі. В останньому випадку завдяки розташуванню когенераційних установок (КГУ) безпосередньо у споживачів стає можливим використання не лише вироблюваної електроенергії, але й побічної теплової енергії на потреби

опалення, гарячого водопостачання або абсорбційного холодопостачання самого власника КГУ.

Для створення на тактичному та оперативному рівні високостійких енергетичних систем військового призначення необхідно [27]:

- визначити вимоги до резильєнтної енергетичної системи військового призначення на підставі математичної моделі HESMA (включає рівняння кінетики, гідродинаміки та теплообміну);
- розробити модель організаційного управління системою енергозабезпечення СЗ;
- створити полігон для проведення випробувань як елементів, так і високостійких енергетичних систем військового призначення.

На сьогодні актуальність поняття «резильєнтності» привертає все більшої ваги, особливо в контексті триваючих атак країни-агресора на енергетичний сектор України.

Резильєнтність як властивість системи, що полягає в здатності «підготуватися» до несприятливих подій, планувати такі події, сприймати їх, відновлюватися від наслідків зазначених подій і більш успішно адаптуватися до них, передбачає надання відповідної мобільності енергетичним системам військового призначення [22; 28].

Розвиток резильєнтних мобільних енергетичних систем здійснюється за рахунок упровадження ядерних (ядерний мікрореактор Holos, США) та космічних технологій (результати випробувань у космосі сонячної панелі, прототипу системи надсилання електроенергії з космосу в будь-яку точку Землі) виробництва електроенергії, упровадження технологій виробництва альтернативної енергетики та систем зберігання енергії.

Зростання попиту на енергетичні ресурси в польових умовах обумовлює доцільність проведення оптимізації структури генеруючих потужностей резильєнтних мобільних енергетичних систем військового призначення за рахунок розроблення відповідної математичної моделі. При цьому важливим аспектом надійного постачання в польових умовах СЗ енергетичних ресурсів є автоматизація управління резильєнтними мобільними енергетичними системами військового призначення.

Упровадження технології Smart Grid у СЗ передбачає використання інформаційно-комунікаційних технологій для більш ефективного управління процесами генерування, передавання та споживання електроенергії. Концепція Smart Grid розглядається на основі структури «генерування електроенергії – мережі передавання – споживання».

Технології Smart Grid передбачають: облік енергоресурсів; автоматизацію розподільних мереж управління та моніторинг стану обладнання; автоматизацію магістральних електричних мереж; упровадження технологій використання альтернативних джерел енергії; передавання і розподіл енергоресурсів.

Реалізація концепції Smart Grid дозволить забезпечити підвищення надійності електропостачання, безвідмовності роботи енергосистем, підвищення енергетичної ефективності, збереження навколишнього середовища в частині впровадження відновлювальних джерел енергії.

Забезпечення живучості РАСОУ СЗ ЗС можливе за умови гарантованого, якісного, економного та безпечного енергозабезпечення її підсистем та елементів розташованих як у стаціонарних, так і польових умовах [22; 27].

Забезпечення стійких та адаптивних процесів одержання, опрацювання і пересилання даних, що забезпечують належне функціонування систем РАСОУ СЗ, потребує вирішення проблеми стійкості та адаптивності систем енергозабезпечення ЗС.

Стійкість та адаптивність енергозабезпечення СЗ ЗС вимагають оперативного впровадження резильєнтних енергетичних систем військового призначення, пошуку нестандартних інноваційних рішень для автономізації енергозабезпечення військ від тактичного до стратегічного рівнів управління.

6.5. Кіберзахист організаційних систем управління силами та засобами в технологічних війнах нового покоління

Широкомасштабне впровадження у всі сфери життя інформаційних технологій приводить до суттєвих змін у військовій справі. Війни майбутнього все більше переміщуються в цифрову площину, а кіберпростір стає таким же важливим полем бою, як суходіл, вода, повітря, космос, інформаційний та когнітивний простір [1; 24; 29; 31; 41; 90-95].

Обов'язковим атрибутом сучасних високотехнологічних воєнних конфліктів є комплексне ведення кіберборотьби або окремих її складових елементів (кіберрозвідки, кіберзахисту, кібервпливу) на всіх етапах підготовки та ведення операцій (бойових дій).

Сучасні воєнні конфлікти, які спрямовані на реалізацію принципів гібридної та мережецентричної війни, передбачають використання РАСОУ для ефективного застосування на полі бою СЗ.

Використання РАСОУ СЗ забезпечує інформаційно-аналітичну перевагу над противником за рахунок [24; 29; 90-95]:

- створення угруповання військ (сил), у тому числі формування його структури та складу, адаптованого до умов ведення сучасної збройної боротьби. Це вимагає створення єдиного інформаційного простору, єдиних баз даних, забезпечення інформаційної сумісності та надходження інформації від різноманітних автоматизованих, інформаційно-комунікаційних систем та засобів передавання даних;

- наявності відповідних технічних та програмних засобів для збирання інформації, її колективного використання та організації взаємодії. Це вимагає об'єднання окремих систем розвідки, зв'язку, автоматизації на підставі єдиних ідеологічних, технологічних (програмних), технічних принципів і платформ у розвідувально-інформаційно-бойову систему;

- досягнення високого ступеня взаємного узгодження дій в операціях (бойових діях) за рахунок: ясного та логічного формування замислу операції (бойових дій), що гарантує його адекватне й однакове сприйняття військами; компетентності у всіх ланках управління військами; повноти інформації; відсутності спотворення інформації в процесі її передавання; наявності системи правил узгодження дій частин і підрозділів під час підготовки та ведення операції (бойових дій);

- боездатного особового складу, підготовленого теоретично, технічно і психологічно до дій у високотехнологічних операціях (бойових діях).

РАСОУ СЗ притаманні розгалужена мережа засобів зв'язку і комунікацій, використання різноманітних інформаційних технологій, насиченість комплексами засобів автоматизації та складна структура системи їх енергозабезпечення. Як наслідок, спектр об'єктів та елементів РАСОУ СЗ, що піддаються кібервпливу, постійно розширюється, форми та способи його нанесення противником постійно вдосконалюються та урізноманітнюються.

У таких умовах значно зростають вимоги до кіберзахисту РАСОУ СЗ як складової частини комплексної системи забезпечення її живучості. Кіберборотьбі в РАСОУ СЗ притаманні певні *особливості* [1; 24; 29; 40; 41]:

- залучення до формування та реалізації кібервпливів різних суб'єктів: державних військових інституцій (сил та засобів кібервійськ); неурядових організацій за державного спонсорювання під військовим керівництвом (state-sponsored cyberattack); державних військових інституцій

(СЗ кібернетичних військ) під виглядом неурядових організацій із повним запереченням причетності до подій держави-агресора, що надає конфлікту гібридності та унеможлиблює притягнення суб'єкта до відповідальності за міжнародним гуманітарним правом;

- постійне оновлення технологічної бази РАСОУ СЗ (ШІ, хмарні сервіси, IoT, гібридні моделі роботи ОБУ, які збільшують ризики, пов'язані з використанням незахищених пристроїв та мереж, тощо), що приводить до необхідності пошуку нових методів та механізмів їх захисту;
- значні наслідки кібервпливів на РАСОУ СЗ у разі відсутності стійкої та адаптованої до кібервпливів системи кіберзахисту;
- зростання кількості кіберзагроз як за кількістю впливів, так і за їхньою складністю;
- систематичне вдосконалення методів кібервпливу (атаки на основі ШІ (AI-driven attacks), шкідливе програмне забезпечення (ШПЗ) із можливістю самонавчання тощо).

Дані особливості дозволяють сформулювати основні *кібервпливи* на РАСОУ СЗ у технологічних війнах нового покоління:

- кіберзлами – атаки на сервери РАСОУ СЗ з метою отримання противником необхідних даних;
- DDoS-атаки – перевантаження складових елементів РАСОУ СЗ для виведення з ладу систем зв'язку та комунікаційних мереж;
- ШПЗ – віруси, трояни та шпигунські програми, що використовуються для дезорганізації системи;
- фішингові атаки – спроби отримати доступ до конфіденційної інформації шляхом введення в оману;
- використання квантових технологій – зламування криптографічних алгоритмів, що використовуються в РАСОУ СЗ;
- атаки на критичну інфраструктуру РАСОУ СЗ – ураження енергетичних, транспортних та комунікаційних систем.

Зростання кількості та складності кібервпливів для РАСОУ СЗ вимагає розроблення ефективних механізмів реагування на них, які можуть мінімізувати потенційні збитки та забезпечити необхідний рівень живучості системи.

Процес реагування на кібервпливи в РАСОУ СЗ можливо забезпечити за рахунок комплексу заходів, спрямованих на ідентифікацію, аналіз, стримування, усунення та відновлення після кібервпливу. Головна мета цього процесу – *мінімізувати кібервплив* на РАСОУ СЗ, захистити її критичні елементи та забезпечити безперервність та необхідну ефективність процесів управління військами та зброєю [29].

Для підвищення ефективності кіберзахисту РАСОУ СЗ як складової частини комплексної системи забезпечення її живучості доцільно розглянути використання в найближчій перспективі таких передових технологій та методів [1; 29; 40; 41]: захист військових серверів та баз даних із використанням хмарних технологій із багаторівневим шифруванням; використання пост-квантової криптографії для розроблення нових алгоритмів шифрування, стійких до атак квантових комп'ютерів, та їх стандартизація; інтеграція кіберзахисту на рівні обладнання (hardware-level security) для IoT-пристроїв; використання ШІ для моніторингу та захисту мереж IoT у реальному масштабі часу, виявлення аномалій у поведінці систем та користувачів, що дозволяє оперативно реагувати на загрози; упровадження технології Zero Trust (модель «нульової довіри», яка передбачає перевірку кожного користувача та пристрою на кожному етапі доступу до системи) для підвищення надійності та стійкості функціонування елементів із розподіленою інфраструктурою; автоматизація заходів кіберзахисту з використанням ШІ для моніторингу кіберзагроз, розроблення алгоритмів на основі ШІ, спроможних автоматично розпізнавати і блокувати кібератаки.

Зазначені передові технології та методи насамперед передбачають широке використання ШІ для автоматизації операцій із кіберзахисту РАСОУ СЗ та протидії загрозам «нульового дня», коли противник використовує вразливості, невідомі виробникам програмного забезпечення (ПЗ). Моделі машинного навчання можуть виявляти та реагувати на підозрілі дії, що можуть свідчити про атаку «нульового дня».

Упровадження нових технологій та методів кіберзахисту РАСОУ СЗ вимагає розуміння основ традиційних принципів кібербезпеки (мережева безпека, криптографія, контроль доступу та політики безпеки тощо) для побудови ефективних заходів безпеки навколо систем ШІ.

З метою створення сучасної системи кіберзахисту РАСОУ СЗ необхідно [1; 29; 31]:

для розуміння можливостей та обмежень ШІ в системі кіберзахисту: визначити фундаментальне розуміння концепцій машинного навчання та ШІ в РАСОУ СЗ (організація контрольованого та неконтрольованого навчання, навчання з підкріпленням, нейронні мережі та загальні алгоритми тощо); продовжити роботу щодо розвитку в РАСОУ СЗ захищеної системи обробки та інтерпретації великих масивів даних;

для розуміння дій противника в кібердоміні: систематично аналізувати варіанти супротивного машинного навчання, що забезпечить розуміння можливостей використання ШІ для ворожих атак та побудови

відповідних моделей захисту від них; систематично здійснювати заходи щодо тестування РАСОУ СЗ на проникнення: аналіз етичних методів хакерства, можливостей використання ІІІ для виявлення вразливостей і моделювання кібератак, методологій, методів та способів для тестування на проникнення та інших заходів.

ІІІ є потужним інструментом у сучасних технологіях кіберзахисту РАСОУ СЗ. Але дуже важливо використовувати його в поєднанні з людським досвідом та постійними науковими дослідженнями й розробками. Тому впровадження в системі кіберзахисту РАСОУ СЗ передових технологій неможливе без формування якісної системи підготовки персоналу з питань кіберзахисту, постійного аудиту стану його підготовленості та готовності до реагування на виклики й загрози в кіберпросторі.

Зростання кількості кібервпливів на РАСОУ СЗ ЗС, систематичне їхнє вдосконалення вимагають оперативного впровадження в системи кіберзахисту новітніх технологій та методів. Лише синергія між ІІІ та людським інтелектом дозволяє створити ефективну систему кіберзахисту РАСОУ СЗ.

Удосконалення системи кіберзахисту РАСОУ СЗ обумовлює доцільність створення якісної системи підготовки персоналу, здатної оперативно адаптуватися до змін у ведення технологічних війн нового покоління.

ВИСНОВКИ

Російсько-українська війна суттєво вплинула на трансформацію системи ППО України, виявивши необхідність її модернізації та адаптації до сучасних викликів та загроз.

Сучасні повітряні загрози проти України характеризуються масованістю, багатовимірністю та високою динамікою розвитку: ракети, БпЛА, КАБ, РСЗВ, кориговані боєприпаси, перспективна гіперзвукова зброя.

Відповіддю на це має стати інтегрована, багаторівнева, мережецентрична система ППО/ПРО (IAMD), яка поєднує ПРО, ППО, РЕБ, кіберзахист і системи управління в єдиний операційний контур.

Досвід застосування ЗС України з адаптації та гнучкого застосування систем ППО/ПРО є цінним, має активно узагальнюватися та постійно вивчатися.

З урахуванням цього, вітчизняна система ППО повинна розвиватися *в напрямі* стратегічної автономії, інтеграції та створення багаторівневої мережецентричної системи. При цьому ключем до успіху є поєднання трьох вимірів: організаційного (доктрина, розподіл відповідальності, ОКІ); технічного (відкрита архітектура, сумісність із НАТО, власні розробки); людського (підготовка, стійкість, культура спільного планування і навчання).

Запропоновані в кожному розділі монографії методики та технологічні напрями щодо вдосконалення системи ППО/ПРО повинні стати основою подальшої колаборації між державними структурами, ЗС України, науковою спільнотою, оборонною промисловістю України та міжнародними партнерами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексеєнко І. В., Дзядук Д. О., Кармазіна М. С., Лисецький Ю. М., Мокляк С. П., Смолянчук В. Ф., Ткач І. М. Штучний інтелект як чинник забезпечення національної безпеки : монографія / за заг. ред. С. П. Мокляка. Київ : видавець Бихун В. Ю., 2025. 228 с.
2. Артеменко А. М., Астахов О. О., Коваль В. В., Жарик О. М. Погляди щодо подальшого розвитку форм і способів застосування Повітряних Сил Збройних Сил України в сучасних операціях (бойових діях). *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2015. № 2(19). С. 6–9.
3. Байдак Ю. А., Загорка О. М., Гамора В. В., Коваль В. В. Організаційне будівництво Повітряних Сил Збройних Сил України: методичні аспекти. *Наука і оборона*. 2014. № 3. С. 17–22.
4. Бойченко А. В., Додонов В. О., Залужний В. Ф., Изварін Є. І. Сучасний підхід до розрахунків можливостей і спроможностей виконання завдань військовими підрозділами з використанням штучного інтелекту. *Реєстрація зберігання і обробка даних*. 2025. Т. 27. № 2. С. 111–121.
5. Борисенко В. Є., Колотов В. В., Ткач І. М., Лисецький Ю. М. Експертні та інформаційні технології в управлінні та прийнятті рішень : монографія / В. Є. Борисенко, В. В. Колотов, І. М. Ткач, Ю. М. Лисецький ; за заг. ред. Ю. М. Лисецького. Київ : Видавець Бихун В. Ю., 2025. 92 с.
6. Бочарніков В. П., Свешніков С. В., Тимошенко Р. І., Павленко В. І. Технологія аналізу воєнно-політичної обстановки : навчальний посібник / В. П. Бочарніков, С. В. Свешніков, Р. І. Тимошенко, В. І. Павленко. Київ : НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2019. 384 с.
7. Вступ до бізнес-аналітики : підручник / за заг. ред. В. Ф. Залужного. Прага : Publishing house Education and Science s.r.o., 2025. 307 с.
8. Герасимов В. І., Рабчук О. А. Проектування організаційних структур: методи і алгоритми. Київ : БФ «Миротворець», 2000. 206 с.
9. Городнов В. П., Дробаха Г. А., Єрмошин М. О., Смірнов Є. Б., Ткаченко В. І. Моделювання бойових дій військ (сил) проти-повітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку) : монографія. Харків : ХВУ, 2004. 410 с.

10. Грідина В. В., Лазебник С. В., Тіхонов І. М. Еволюційні зміни у підходах проведення повітряної операції на прикладі локального конфлікту у Лівії (1986, 2011). *Системи озброєння і військова техніка*. 2013. № 4. С. 142–145.
11. Жарик О. М. Показники і критерії оцінки ефективності прикриття важливих державних об'єктів і угруповань військ (сил). *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2012. № 3(9). С. 18–26.
12. Загорка О. М. Методика визначення умов досягнення рівноваги сил, які діють у повітряному просторі. *Збірник наукових праць ЦНДІ Збройних Сил України*. 2003. № 4(25). С. 42–51.
13. Загорка О. М., Дейнега О. В. Методика оцінювання ефективності прикриття об'єктів від ударів крилатих ракет угрупованням зенітних ракетних військ (науково-методичні матеріали). – Київ : ЦНДІ Збройних Сил України. 2004. 31 с.
14. Загорка О. М. Прогнозування форми воєнних (бойових) дій військ (сил) противника у воєнному конфлікті. *Труди університету (НУОУ)*. 2009. № 1(91). С. 16–25.
15. Загорка О. М., Мосов С. П., Сбітнев А. І., Стужук П. І. Елементи дослідження складних систем військового призначення. Київ : НАОУ, 2005. 100с.
16. Загорка О. М., Коваль В. В., Жарик О. М. До питання обґрунтування показників і критеріїв ефективності протиповітряної оборони. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2013. № 2. С. 35–40.
17. Загорка О. М., Коваль В. В., Загорка І. О. Методичні положення визначення збалансованого складу Повітряних Сил для ведення повітряної операції. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2015. № 2(19). С. 6–11.
18. Загорка О. М. та ін. Теоретичні основи управління угрупованнями військ (сил) у сучасних умовах збройної боротьби : монографія / О. М. Загорка та ін.; за заг. ред. І. С. Руснака. Київ : НУОУ, 2020. 248 с.
19. Єрмошин М. О., Дробаха Г. А. Оцінка ефективності бойових дій зенітних ракетних військ : навчальний посібник. Харків : ХВУ, 2004. 259 с.
20. Залужний В. Ф. Показники ефективності (якості) комплексної системи забезпечення живучості розподілених автоматизованих систем організаційного управління силами та засобами. *Реєстрація зберігання і обробка даних*. 2025. Т. 27. № 1. С. 42–50.
21. Залужний В. Ф. Система управління військами та зброєю: тенденції розвитку в умовах сучасної збройної боротьби. *Електронне моделювання*. 2025. Т. 47. № 2. С. 67–80.
22. Залужний В. Ф. Принципи організації комплексних систем забезпечення живучості розподілених автоматизованих систем організаційного

- управління силами та засобами. *Електронне моделювання*. 2025. Т. 47. № 3. С. 79–95.
23. Залужний В. Ф. та ін. Засади розвитку роботизованих систем в Збройних Силах України : монографія / В. Ф. Залужний та ін. ; за заг. ред. О. М. Семененка. Київ : 7БЦ, 2023. 348 с.
 24. Залужний В. Ф., Коваль В. В., Назаров В. М., Косяк І. А. Трансформація поглядів на завоювання переваги (панування) в повітрі: історична ретроспектива. *Наука і оборона*. 2024. № 1. С. 12–21.
 25. Залужний В. Ф. Безпековий потенціал космічних технологій у російсько-українській війні: аналіз трендів 2022–2025 років. *Національні інтереси України*. 2025. № 10 (15). С. 100–117.
 26. Залужний В. Ф., Лисецький Ю. М. Національна безпека як відкрита динамічна соціальна система. *Military strategy and technology*. 2025. № 2 (2). С. 11–17.
 27. Залужний В. Ф. Забезпечення живучості розподілених автоматизованих систем організаційного управління силами та засобами: енергетична складова. *XLIII науково-технічна конференція молодих вчених та спеціалістів інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України* : матер. наук.-техн. конф., м. Київ, 14 травня 2025 р. С. 42–45.
 28. Залужний В. Ф. Забезпечення енергетичної резильєнтності морських портів України в сучасних умовах ведення збройної боротьби. *Резильєнтність динамічних систем* : матер. II наук.-практ. конф. Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова Національної академії наук України, м. Київ, 12 червня 2025 р. Київ : ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України, 2025. С. 5–9.
 29. Залужний В. Ф. Кібернетичний захист розподілених автоматизованих систем організаційного управління силами та засобами в технологічних війнах нового покоління. *Кібербезпека енергетики*: матер. наук.-практ. конф. Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова Національної академії наук України, м. Київ, 28 травня 2025 р. Київ : ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України, 2025. С. 4–6.
 30. Залужний В. Ф. Розподілені автоматизовані системи організаційного управління силами та засобами збройних сил України: особливості розвитку та забезпечення живучості. *Реєстрація зберігання і обробка даних* : матер. наук.-практ. конф. ІПРІ НАНУ, м. Київ, 15 травня 2025 р.
 31. Залужний В. Ф. Напрями подальшого розвитку інформаційного забезпечення автоматизованих систем управління силами та засобами. *Інформаційні технології та безпека* : матер. XXV Міжнар. наук.-практ. конф. ІТБ-2025, м. Київ, 11 грудня 2025 р. Київ : Інжиніринг, 2025. С. 46–53.

32. Згуровський М. З. Системна методологія передбачення / М. З. Згуровський. Київ : Політехніка, 2001. 51 с.
33. Кириченко І. О., Наливайко Ю. В. Війна і математика: Елементи теорії складних бойових систем / І. О. Кириченко, Ю. В. Наливайко. Харків : Академія ВВ МВС України, 2012. 260 с.
34. Клімушин П. С., Кротов В. Д. Автоматизована система управління ЗСУ як сучасний різновид стратегічного озброєння / П. С. Клімушин, В. Д. Кротов. *Теорія та практика держ. управління*. 2014. Вип. 1. С. 16–23.
35. Коваль В. В., Коцюруб В. І. До питання вибору раціонального маршруту маневру з'єднань та частин ЗРВ ПС ЗСУ. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Київ : ЦНДІ НіУ, 2009. № 4. С. 154–157.
36. Коваль М. В., Коваль В. В., Загорка О. М. Методичний підхід до визначення критичних об'єктів ураження противника непрямыми діями. *Наука і оборона*. 2022. № 2. С. 32–36.
37. Коваль М. В., Коваль В. В., Щипанський П. В., Загорка О. М. Передбачення можливостей держави щодо відбиття збройної агресії. *Наука і оборона*. 2023. № 3. С. 25–32.
38. Лазебник С. В., Малюга В. Г., Місюра О. М. Розвиток оперативного мистецтва, форм та способів застосування Повітряних Сил. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. 2017. № 5 (54). С. 15–18.
39. Лисецький Ю. М. Моделі, методи та технології кількісного оцінювання якості систем : монографія. – Київ : ЛАТ&К, 2018. 102 с.
40. Лисецький Ю. М. Інформаційні технології в управлінні та обробці інформації : монографія. – Київ : ЛАТ&К, 2018. 268 с.
41. Лисецький Ю. М. Інноваційні інформаційні технології. Досвід інтеграції та впровадження : монографія. – Київ : ЛАТ&К, 2020. 276 с.
42. Залужний В. Ф., Шаптала С. О., Коваль В. В., Певцов Г. В., Леонтьєв О. Б., Науменко М. В. Методичні підходи до отримання оцінки відповідності зразка на етапах проектування. *Оцінка відповідності безпілотних авіаційних комплексів військового призначення* : монографія. – Черкаси : Еверест, 2024. С. 60–151.
43. Методологічні засади обґрунтування раціональних форм та способів застосування угруповань військ (сил) : воєнно-теоретична праця / В. Г. Радецький, І. С. Руснак, О. М. Загорка та ін.; за заг. ред. С. О. Кириченка. Київ : НАОУ, 2007. 288 с.
44. Можаровський В. М., Загорка О. М. Основні положення методики визначення варіанта (способу) бойових дій та складу угруповання військ (сил) для відбиття агресії. *Наука і оборона*. 2011. № 1. С. 3–6.
45. Онищенко С. І., Жарик О. М., Коваль В. В., Дяченко Д. В. Підходи до вибору критеріїв оцінювання якості прикриття важливих державних

об'єктів. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2011. № 1 (5). С. 4–7.

46. Онищенко С. І., Загорка О. М., Коваль В. В., Тюрін В. В. Прогнозування співвідношення сил і засобів протидіючих сторін у ході повітряної операції. *Системи озброєння і військова техніка*. 2011. № 1 (25). С. 2–7.
47. Онищенко С. І., Загорка О. М., Коваль В. В., Тюрін В. В. Прогнозування втрат військ і об'єктів від авіаційних ударів противника. *Системи озброєння і військова техніка*. 2011. № 2 (26). С. 2–8.
48. Онищенко С. І., Загорка О. М., Коваль В. В. До питання розподілення сил та визначення послідовності завдання ракетно-авіаційних ударів у повітряній операції. *Наука і оборона*. 2012. № 1. С. 30–44.
49. Олещук М. М., Олещук М. М., Коваль В. В., Щипанський П. В., Загорка О. М., Поліщук С. В. Особливості організації оборони населених пунктів від ударів балістичних ракет. *Наука і оборона*. 2024. № 1. С. 31–38.
50. Залужний В. Ф., Шаптала С. О., Коваль В. В., Певцов Г. В., Леонтьєв О. Б., Наumenко М. В. Особливості організації оцінювання відповідності нового зразка безпілотного авіаційного комплексу в особливий період та в умовах воєнного стану. *Оцінка відповідності безпілотних авіаційних комплексів військового призначення* : монографія. – Черкаси : Еверест, 2024. С. 225–250.
51. Пермяков О. Ю., Корольюк Н. О., Фараон С. І. Інтелектуальні інформаційні системи військового призначення : монографія. – Київ : НУОУ, 2024. 180 с.
51. Петрушенко М. М., Певцов Г. В., Коваль В. В. Застосування аерозольних утворень для захисту військових об'єктів від ударів літаків тактичної авіації. Вінниця ; Харків : Командування Повітряних Сил ЗСУ ; ХУПС, 2012. 128 с.
53. Публічне управління та національна безпека : навч. посібн. / за заг. ред. В. Ф. Залужного. Прага : Publishing house Education and Science s.r.o., 2025. 209 с.
54. Романченко І. С., Загорка О. М., Бутенко С. Г., Дейнега О. В. Теорія і практика боротьби з малорозмірними низьколітніми цілями (оцінка можливостей, тенденції розвитку засобів протиповітряної оборони) : монографія. Житомир : Полісся, 2011. 344 с.
55. Сафронов С. П., Шишкін В. С. До питання визначення кількісно-якісного співвідношення сил авіаційних угруповань. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2011. № 2 (6). С. 10–12.
56. Семенюк Ю. В., Лисецький Ю. М. Воєнно-політичний вимір стратегічного планування національної безпеки. Теорія і методологія : монографія / за заг. ред. Ю. М. Лисецького. – Київ : ЛАТ&К, 2022. 124 с.

57. Смірнов Є. Б., Ткаченко В. І., Рубан І. В., Малюга В. Г., Тристан А. В. Теоретичні основи формування та деградації складних організаційно-технічних систем : монографія. – Харків : ФОП Панов А. М., 2018. 162 с.
58. Телелим В. М., Тимошенко Р. І., Загорка О. М. Обґрунтування організаційної структури органів військового управління: методичний аспект. *Наука і оборона*. 2013. № 1. С. 45–50.
59. Телелим В. М., Тимошенко Р. І., Загорка О. М. Обґрунтування організаційної структури органів військового управління: методичний аспект. *Наука і оборона*. 2013. № 1. С. 45–50.
60. Тимошенко Р. І., Загорка О. М. Загальні методологічні положення воєнно-наукового обґрунтування складу Збройних Сил України на сучасному етапі. *Наука і оборона*. 2014. № 1. С. 43–48.
61. Ткаченко В. І., Смірнов Є. Б., Дробаха Г. А., Більчук В. М., Ланецький Б. М. Теорія прийняття рішень органами військового управління : монографія / за заг. ред. В. І. Ткаченко. – Харків : ХУПС, 2008. 545 с.
62. Ткаченко В. І., Смірнов Є. Б., Нерубацький В. О. Концепція повітряної операції в сучасних умовах збройної боротьби у повітрі. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2014. № 2(15). С. 6–10.
63. Торопчин А. Я., Кириченко І. О., Єрмошин М. О., Дробаха Г. А., Долина М. П. Синтез адаптивних структур системи зенітного ракетно-артилерійського прикриття об'єктів військ та оцінка її ефективності : монографія. – Харків : ХУПС, 2006. 349 с.
64. Шамко В. Є., Жарик О. М., Коваль В. В. Розвиток форм і способів застосування Повітряних Сил Збройних Сил України в сучасних умовах ведення збройної боротьби. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2018. № 2(31). С. 9–15.
65. Шевченко В. Л. Оптимізаційне моделювання в стратегічному плануванні : монографія. – Київ : ЦВСД НУОУ, 2011. 283 с.
66. Шкідченко В. П., Кохно В. Д. Елементи теорії воєнної безпеки : монографія. – Київ : БФ «Миротворець», 2001. 194 с.
67. Ярош С. П. Теоретичні основи побудови та застосування розвідувально-управляючих інформаційних систем ППО : монографія / за ред. І. О. Кириченка. – Харків : ХУПС, 2012. 512 с.
68. Blom J. D. Unmanned Aerial Systems: A Historical Perspective : Combat Studies Institute Press US Army Combined Arms Center Fort Leavenworth, Kansas, 2010. 153 p.
69. Brennen L. M. Hezbollah: Psychological Warfare against Israel. Monterey, California : Naval Postgraduate School, 2009. 97 p.
70. Cohen E. A. Gulf War Air Power Survey. Vol. II: Operations and Effects. Washington : John Hopkins University, 1993. 833 p.

71. Duff M. J. Are Current Psychological Operation Procedures Adequate in Information Warfare?: a monograph by Major Murray J. Duff Field. Artillery School of Advanced Military Studies United States Army Command and General Staff College Fort Leavenworth, Kansas, 1997. 49 p.
72. Dunnigan J. F., Bay A. From Shield to Storm. High-Tech Weapons and Strategy. A. Bay. New York : William Morrow, 1992. 512 p.
73. Kasapoğlu C. Assessing Ukraine's Air Defense Deterrent. *Hudson Institute*. 2023. May 24.
74. Kreis J. F. Unmanned Aircraft in Israeli Air Operation / J. F. Kreis. *Air Power History*. 1990. 37(4). P. 46–50.
75. Lehrer G. H. Viet Cong Tunnels / G. H. Lehrer. *The Military Engineer*. 2016. № 703. P. 60–63.
76. Luzin P. Russia's Military Industry Forecast 2023-2025. *FPRI*. 2023. April 30.
77. Yurii Lysetskyi, Yurii Semenyuk, Giuseppe T. Cirella, Dmytro Pavlenko, Gevorkyan A. Yuriyovich, Oleh Demydkin. Conceptual Framework of Ukraine's National Security: Regulatory Examination Using Information and Communication Technologies. *Handbook on Post-War Reconstruction and Development Economics of Ukraine*. 2024. Pages 31–46.
78. Lytvynov V., Hrebennyk A., Trunova E., Skiter I., Lysetskyi Y. Principles of adaptive corporate network security management. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Vol. 1265 AISC. 2021. P. 255–265.
79. Maj E.T.F. A House Built on Sand: Air Supremacy in US Air Force History. Fort Leavenworth : SAMS. 2019. 47 p.
80. Mortimer G. Stirling's Desert Triumph: The SAS Egyptian Airfield Raids 1942. Oxford : Osprey, 2015. 80 p.
81. NATO Standard AJP-3.3: Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations. Brussels : NSO, 2016.
82. Olexander Shmatko, Serhii Herasymov, Yurii Lysetskyi, Serhii Yevseiev, Oleksandr Sievierinov, Tetiana Voitko, Andrii Zakhazhevskyi, Helen Makogon, Alexander Nesterov, Kyrylo Bondarenko. Development of the automated decision-making system synthesis method in the management of information security channels. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, section «Information and controlling system»*. 2023. № 6/9 (126). P. 39–50.
83. Sinovitz R. Technology Lead Azerbaijan To Victory In Nagorno-Karabakh. *RFE/RL*. 2020. Nov. 13.
84. Maksym Tolkachov, Nataliia Dzheniuk, Serhii Yevseiev, Yurii Lysetskyi, Volodymyr Shulha, Ivan Grod, Serhii Faraon, Ihor Ivanchenko, Igor Pasko, Dmytro Balagura. Development of a method for protecting information resources in a corporate network by segmenting traffic. *Eastern-European*

- Journal of Enterprise Technologies, section «Information and controlling system»*. 2024. № 5/9(131). P. 63–78.
85. Theory and practice of the robotic systems development for military purposes : monograph / V. Zaluzhnyi, S. Shaptala, V. Koval, V. Nazarov, R. Hryshchuk, S. Baranov, O. Semenenko, S. Ostrovskiy; under general ed. prof. O. Semenenko. Kyiv : Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, 2023. 279 p.
 86. Ulanoff S. M., Eshel D. The fighting Israeli Air Force. New York : Arco Publishing, 1985. 208 p.
 87. Urcosta R. B. The Revolution in Drone Warfare: Idlib De-Escalation Zone. *Journal of EMEA Air Force Affairs*. 2020. Aug. 31.
 88. Werrell K. Air War Victorious: The Gulf War vs. Vietnam / K. Werrell. *Parameters*. 1992. 22(1). P. 41–54.
 89. Yemen's Houthi rebels hit Saudi's Najran airport again. *Al Jazeera*. 2019. May 23.
 90. Zaluzhnyi V. Modern Positional Warfare and How to Win It. *The Economist*. 2023. Nov. 1. 9 p.
 91. Zaluzhnyi V. Methodological Approach to Determining the Priority of Requirements for a Comprehensive Survivability Support System. *Military Science*. 2025. Vol. 3. № 3. C. 252–259.
 92. Zaluzhnyi V., Hryshchuk R., Solomytskyi O., Hrachov I. The Armed Forces of Ukraine unmanned systems future development. *Military Science*. 2024. Vol. 2. № 1. C. 5–16.
 93. Zaluzhnyi V. On the modern challenges of war and the strategy for 2024. *CNN / RUSI*. 2024. Feb. 1. URL: <https://www.radiolemberg.com/ua-articles/ua-allarticles/general-zaluzhnyi-the-design-of-war-has-changed> (дата звернення: 12.11.2025 p.).
 94. Zaluzhnyi V. Politics and war / V. Zaluzhnyi. *Ukrainian World Congress*. 2024. Dec. 1. URL: <https://www.ukrainianworldcongress.org/valerii-zaluzhnyi-politics-and-war/> (дата звернення: 14.11.2025 p.).
 95. Zaluzhnyi V. The evolving nature of warfare and global security. *Ukrainska Pravda*. 2025. April 25. URL: <https://www.pravda.com.ua/eng/columns/2025/04/25/7509135/> (дата звернення: 15.11.2025 p.).

ДОДАТОК

КЛЮЧОВІ ЗАГРОЗИ

1.1. Пілотована авіація

1.1.1. Особливості застосування ПА в російсько-українській війні

Російська фронтова та дальня авіація (штурмовики, бомбардувальники, винищувачі) використовує:

- пуски КР повітряного базування з віддалених рубежів;
- застосування КАБ/УМПК з вильотом на рубіж пуску поза зоною ураження більшості зенітних засобів;
- комбіновані дії з РЕБ і постановкою перешкод.

1.1.2. Еволюція:

симбіоз із безпілотними апаратами (Loyal Wingman) (пілотовані літаки все частіше виступають як повітряні командні пункти, керуючи роями менших, дешевших і витратних БЛА;

мережецентричність (інтеграція бойових літаків в єдиний інформаційний простір (мережу) з іншими повітряними, наземними та морськими силами, що забезпечує миттєвий обмін даними, ситуаційну обізнаність та координацію дій);

застосування технологій зниження помітності (радіолокаційної, інфрачервоної, акустичної);

модульний підхід та відкрита системна архітектура, що дозволяє легко модернізувати літаки та інтегрувати нове обладнання і програмне забезпечення протягом усього терміну служби;

широке застосування КАБ та інших високоточних засобів ураження.

1.1.3. Тенденції подальшого розвитку:

застосування гіперзвукових технологій в ПА (винищувачах шостого покоління);

оснащення активними фазованими антенними решітками (ФАР) (AESA) та зброєю збільшеного радіусу дії з високим ступенем автономності після запуску;

застосування технологій ШІ для зниження робочого навантаження на пілота, автоматизації складних процесів (навігація, ідентифікація цілей, ухвалення рішень тощо) та забезпечення швидкої обробки великих обсягів даних у режимі реального часу.

1.1.4. Вимоги до системи ППО/ПРО щодо протидії ПА:

Система ППО/ПРО повинна:

забезпечувати виявлення і супровід літаків ворога на дальностях, що перевищують їхній ефективний рубіж застосування КР і КАБ;

включати ешелон висотної / дальньої ППО, здатний: створювати «парасольку» над великими районами; знижувати свободу маневру ворожої авіації; примушувати авіацію діяти з більших дальностей та висот (що спрощує протидію іншим засобам);

враховувати економіку бою: застосування дорогих ЗРК проти літаків, а більш дешевих засобів – проти вторинних цілей (КАБ, БпЛА тощо).

Мережа РЛС ППО повинна мати надлишкове та взаємно резервоване покриття, у тому числі за рахунок мобільних і пасивних засобів розвідки.

СУ (С2) має забезпечувати швидке цілерозподілення між ЗРК дальньої, середньої та ближньої дії та ВА, за єдиними правилами пріоритетизації цілей.

1.2. Балістичні ракети

1.2.1. Особливості застосування балістичних ракет у російсько-українській війні

Балістичні та аеробалістичні ракети (включно з експортними KN-23, які РФ отримує з КНДР) формують найнебезпечніший ешелон загроз за швидкістю та руйнівністю.

1.2.2. Еволюція:

збільшення швидкості, дальності та точності ураження цілей;
використання багатофункціональних бойових частин, які можуть нести різні типи боєприпасів (звичайні, ядерні або комбіновані);

використання засобів протидії системам ППО (ПРО), що забезпечує складність перехоплення, особливо на фінальній стадії;

застосування гіперзвукових ракет, які можуть досягати надзвичайно високих швидкостей та мати унікальні можливості;

можливість розміщення на різних платформах – наземних, підводних, мобільних;

використання в комбінованих ракетно-авіаційних ударах для знищення стратегічно важливих об'єктів.

1.2.3. Тенденції подальшого розвитку:

використання поєднання комбінованих систем (різних методів наведення (активні/пасивні радары, інфрачервоне наведення, візуальне розпізнавання образів тощо)) для забезпечення високої точності влучання в умовах активної протидії;

інтеграція алгоритмів ШІ (AI) для автономного ухвалення рішень, обробки даних у реальному часі та адаптації траєкторії польоту для обходу систем захисту.

1.2.4. Вимоги до системи ППО/ПРО щодо протидії балістичним ракетам:

система ППО/ПРО повинна включати протиракетний ешелон, здатний перехоплювати: оперативно-тактичні ракети (типу «Іскандер», «KN-23»); квазібалістичні та аеробалістичні цілі.

архітектура системи ППО/ПРО має враховувати інтероперабельність – здатність **різних систем працювати разом як одна**, навіть якщо їх зробили різні країни-виробники, у різний час, із сучасними системами ПРО (типу Patriot, SAMP/T, Arrow-3 тощо), які вже розгортаються в Європі та інтегруються в загальний IAMD;

радарі попередження про ракетний напад мають бути інтегровані в єдину систему раннього виявлення, з можливістю оперативного обміну даними з партнерами (НАТО, сусідні держави);

СУ (C2) має забезпечувати:

технічну сумісність: спільні протоколи зв'язку (типу Link-16, стандартизовані IP-інтерфейси); однакові формати повідомлень (треки цілей, запити на вогонь, статус засобів); узгоджені часові стандарти, системи координат, коди ідентифікації;

функціональну сумісність: український C2 може призначати цілі для іноземного ЗРК, а іноземний – приймати ці команди; іноземні сенсори можуть видавати дані в нашу систему, не потребуючи пояснень із перетворювачів;

процедурну та організаційну сумісність: спільні правила застосування (ROE), пріоритезації цілей, розподілу відповідальності; узгоджені процедури бойової роботи, щоб оператори різних країн / родів військ не працювали за різними керівництвами, статутами, інструкціями;

алгоритми C2 повинні забезпечувати автоматизоване розрахування точок перехоплення з урахуванням траєкторій, «коридорів безпеки» та захищених об'єктів.

1.3. Крилаті ракети

1.3.1. Особливості застосування крилатих ракет у російсько-українській війні

КР різних типів (морського, повітряного, наземного базування) масово застосовуються проти енергетики та міської інфраструктури.

Вони летять на малих та гранично малих висотах, використовуючи рельєф і маючи малу ефективну поверхню розсіювання (ЕПР).

1.3.2. Еволюція:

підвищення швидкості, дальності, точності, маневреності та здатності долати системи ППО;

використання передових матеріалів для зменшення помітності (технології «стелс») та інтеграцію нових технологій, таких як «ракето-дрони»;
постановка перешкод та протидія системам ППО/ПРО засобами РЕБ (випуск хибних цілей для перенасичення та відволікання систем ППО/ПРО);
збільшення потужності бойової частини;
автономність;
модульність та уніфікація;
застосування гіперзвукових КР (Hypersonic Cruise Missiles, HCM).

1.3.3. Тенденції подальшого розвитку:

інтеграція алгоритмів ШІ (AI) для автономного ухвалення рішень, обробки даних у реальному часі та адаптації траєкторії польоту для обходу систем захисту;

можливість обміну даними в режимі реального часу з іншими військовими платформами (літаками, супутниками, наземними комплексами), що дозволяє динамічно змінювати завдання та маршрути під час польоту;

розроблення більш ефективних та потужних двигунів (включаючи більш ефективні прямоточні повітряно-реактивні двигуни для гіперзвуку) для збільшення дальності польоту та швидкості;

можливість швидкої конфігурації ракети під різні типи боєголовок або додаткове обладнання;

застосування новітніх матеріалів, спеціальних покриттів та оптимізованих аеродинамічних форм для зменшення радіолокаційної, інфрачервоної та акустичної помітності ракет, що робить їх важчими для виявлення.

1.3.4. Вимоги до системи ППО/ПРО щодо протидії крилатим ракетам: система повинна забезпечувати суцільне низьковисотне радіолокаційне поле над основними напрямками можливих ударів (Чорне море, Каспій, пуски з Ту-95МС тощо);

повинна бути створена багаторівнева система перехоплення КР, яка включає:

дальній ешелон – «Upper tier», дальні / висотні зенітні ракетні системи та ЗРК; середній ешелон – «Middle tier», ЗРК типу «Nassams», «Iris-T SLM», модернізований «Hawk», «Бук», «Куб» тощо;

ближній ешелон – «Lower tier», мобільні зенітні установки, ПЗРК, зенітні БпЛА-винищувачі, Avenger, Crotale, TOR тощо;

для виявлення КР мають застосовуватися комбіновані сенсорні засоби: РЛС, пасивні РТР, тепловізійні / оптичні системи, мережа датчиків на базі БпЛА-розвідників тощо;

СУ має застосовувати алгоритми оптимізації «вартість–ефект», щоб дорогі ракети ЗРК витрачалися лише на найнебезпечніші КР, а менш дорогі засоби – на одиночні або пізно виявлені цілі.

1.4. Безпілотні авіаційні комплекси (БЛА, рої дронів)

1.4.1. Особливості застосування БпАК (БЛА, роїв дронів) у російсько-українській війні

Ударні БпЛА («Shahed-136», «Герань-2» тощо), баражуючі боеприпаси та малі FPV-дрони застосовуються масово, комбіновано з ракетами та КАБ.

Використання *БпЛА на полі бою* та за його межами *докорінно змінюють методи ведення бойових дій* завдяки їхнім *невеликим розмірам, низькій собівартості, здатності здійснювати політ на малій висоті та значному руйнівному потенціалу*.

Особливо гостро постало питання щодо захисту важливих державних та військових об'єктів від *малорозмірних БпЛА*, які здатні долати традиційні системи виявлення та ураження і «просочуватися» крізь систему ППО-ПРО через їх масове використання та мале значення ЕПР.

Ключову загрозу становить *здатність БпЛА долати систему ППО-ПРО супротивника шляхом ураження її елементів або шляхом прихованого «просочування»*, уникаючи виявлення засобами розвідки.

Поєднання можливостей БпЛА та РЕБ змінює співвідношення сил та засобів на користь наступальних дій, роблячи ППО структурно вразливою.

1.4.2. Еволюція:

БпАК (БЛА):

розширення виконання завдань: вогневе ураження, протиповітряне перехоплення, ведення РЕБ, ретрансляція радіоз'язку, транспортування вантажів, аерофотозйомка, імітація повітряних цілей, забезпечення проведення інформаційно-психологічних операцій, освітлення місцевості, розмінування тощо;

застосування різних типів БпАК (БпЛА) (*ударних, розвідувальних, спеціальних*) та класів (*тактичних, оперативно-тактичних, оперативних, стратегічних*) для вирішення розвідувальних, вогневих, спеціальних завдань;

розширення номенклатури АЗУ до відповідних класів ударних БпАК; збільшення дальності застосування FPV-БпЛА для ураження ворожого ОВТ, його об'єктів та особового складу;

мініатюризація та збільшення тривалості польоту, зниження помітності та рівня акустичного шуму;

застосування вдосконалених джерел живлення (включаючи гібридні силові установки) та оптимізація конструкції;

використання двигунів на реактивній тязі;

застосування технологій управління групами (роями) БпЛА, які діють як єдиний організм під управлінням єдиної ШІ (AI)-платформи;

модернізація систем автоматичного керування БпЛА для забезпечення їх групового застосування (двох і більше) з однієї станції наземного керування;

удосконалення інерціальних систем навігації БпЛА для задоволення потрібної точності навігації БпЛА за рахунок упровадження нових алгоритмів автономного визначення місцеположення БпЛА;

збільшення роздільної здатності оптичних камер до формату 4K для можливості більш детального аналізу зображень під час обробки розвідувальних матеріалів;

стійкість до дій засобів РЕБ (зниження помітності (виявлення) в широкому діапазоні довжини хвиль засобами РЕБ);

використання малогабаритного компактного обладнання модульного (контейнерного) типу;

передавання розвідувальних даних у масштабі реального часу із задіянням різних каналів зв'язку, використання оптоволоконних систем.

Рої дронів (БпЛА):

значний ступінь автономності, яку рій у цілому та окремі БпЛА можуть проявляти, під час пошуку та ураження цілей;

використання групового зв'язку для БпЛА в рої із застосуванням радіочастотного, стільникового або супутникового зв'язку, а також за допомогою розподіленої лазерної «сітчастої» мережі обміну даними;

комбіноване застосування рою БпЛА з іншими роботизованими засобами (системами), такими як наземні, надводні та підводні;

здійснення управління роєм БпЛА часто через одну наземну станцію управління.

1.4.3. Тенденції подальшого розвитку:

БпЛАК (БЛА):

інтеграція алгоритмів ШІ (AI) (перехід від дистанційно керованих до повністю автономних систем із використання ШІ (AI) та машинного зору для навігації без GPS (особливо в умовах активної РЕБ);

забезпечення швидкого аналізу великих обсягів даних, автоматичне розпізнавання об'єктів (цілей), підвищення точності ураження, ухвалення рішень та виконання складних завдань без втручання людини);

забезпечення автономності та розроблення більш ємних (малогабаритних та легких) акумуляторів та альтернативних джерел живлення для підвищення радіусу застосування та витривалості;

забезпечення ефективної протидії роботі засобів РЕБ;

застосування передових оптоелектронних пристроїв для різних цілей, включаючи розвідку, наведення, ураження;

інтеграція сенсорів для виявлення мін або інших загроз особовому складу та ОВТ у польових умовах.

Рої дронів (БпЛА):

розроблення алгоритмів ройової взаємодії БпЛА-агентів у складі рою (на всіх етапах застосування);

забезпечення адаптивного комбінування централізованого та децентралізованого способів управління роєм на основі принципів самоорганізації;

забезпечення організації децентралізованого (без участі оператора) інформаційного обміну між БпЛА-агентами у складних умовах обстановки;

розв'язання завдань розпізнавання ситуацій або конкретних цілей, особливо в стані переходу рою до «самоорганізації» та зменшення або виключення ролі оператора БпЛА (розв'язання цих завдань потребуватиме розроблення алгоритмів на основі поєднання положень теорій підтримки ухвалення рішень, розпізнавання образів (зокрема, паттернів ситуацій і оптичних образів об'єктів), методів контурного аналізу, цифрової фільтрації зображень, методів штучних нейронних мереж, а також методів з інших галузей знань);

реалізація просторово-розподіленої самоорганізованої системи на основі ШІ (AI), а також збереження її стійкості та керованості в умовах можливої втрати (витрати) частини БпЛА-агентів та періодичної адаптивної реконфігурації рою;

реалізація реконфігурації рою в умовах відсутності або мінімальної участі оператора, подолання якої потребуватиме розв'язання завдань роз'єднання рою на кластери (суброї або окремі БпЛА-агенти), їхнього збору в нову групу (рій) та контролю його цілісності;

розроблення алгоритмів генерації завдань самоорганізованими роями з урахуванням меж заданого району, потенційної доступності цілей та залишків ресурсу рою.

1.4.4. Вимоги до системи ППО/ПРО щодо протидії БпЛАК (БЛА, роям дронів):

система ППО/ПРО повинна містити спеціалізовану підсистему C-UAS (Counter Unmanned Aerial Systems); аббревіатура позначає різні комплекси протидії безпілотним авіаційним системам, яка:

виявляє, класифікує та супроводжує одночасно сотні малорозмірних цілей;

інтегрує РЛС ближньої дії, оптико-електронні, акустичні та радіотехнічні сенсори;

у системі має бути розгорнута мережа дешевих вогневих засобів ближньої дії: зенітні кулемети / гармати, ЗУ-23-2 з тепловізійними прицілами, малокаліберні системи з автоматизованим наведенням тощо;

до складу системи мають входити зенітні БпЛА-винищувачі (UAV-F), здатні:

перехоплювати ударні БпЛА на маршовій ділянці;

діяти як «мисливці за роями»;

працювати в напівавтономному та груповому (роєвому) режимах;

система повинна враховувати електронний контур C-UAS:

засоби радіоелектронного придушення каналів управління та навігації;

захист власних каналів зв'язку та навігації від РЕБ противника;

СУ ППО/ПРО С2 має в реальному часі пріоритезувати загрози: коли одночасно йдуть БпЛА, КР і ракети, – ресурси мають розподілятися не хаотично, а за формалізованими правилами критичності цілей.

1.5. Керовані авіаційні бомби

1.5.1. Особливості застосування керованих авіаційних бомб у російсько-українській війні

КАБи, є *високоточною зброєю*, яка поєднує потужність традиційних бомб з інтелектуальними системами наведення, дозволяючи вражати цілі з мінімальними похибками навіть на великій відстані.

Вони призначені для ураження різноманітних цілей на землі, таких як військові об'єкти, важкі технічні споруди, бункери, танки, військова техніка, інфраструктура тощо.

Керовані авіабомби (КАБ з УМПК, UMPB) стали одним із ключових факторів ураження прифронтових міст і укріплень, а нові модифікації дозволяють вражати цілі до 100–200 км від лінії фронту.

На озброєнні росії знаходяться різноманітні КАБи, які використовуються для точного ураження різних типів цілей.

Бомби мають різні характеристики та можуть використовуватися для різних видів цілей, включаючи наземні цілі, військові об'єкти, техніку тощо.

Російські КАБи наділені високою точністю та можуть бути використані в різних умовах бойових дій. Ці бомби використовуються для різноманітних завдань, таких як ураження збройних споруд, укріплень, військової техніки тощо. Вони можуть бути випущені з різних типів літаків-носіїв та бути керованими з використанням різних технологій наведення.

У 2023 р. росія почала активно застосовувати по всій лінії фронту КАБи. КАБи стали боєприпасами, що мають аеродинамічні поверхні та системи наведення для збільшення ймовірності влучання в ціль.

Після вдосконалення їхніх систем та принципів наведення вони стали вважатися високоточною зброєю.

У РФ є доволі широка структура КАБів. Найбільш сучасними можна вважати розробки щодо свіжої, але рідкісної УПАБ-1500 вагою 1 500 кг, бомба-гібрид «Гром-Э1»; бомба «Дрель», створена на базі касетної РБК-500У; бомба ФАБ-500М-62; «Дебют» ФАБ-500М-62.

Бомби ФАБ-500М-62 перетворені на високоточний боєприпас із можливістю планування. Він є прямим аналогом американської розумної бомби JDAM-ER.

Принцип дії КАБ полягає в тому, що бомба комплектується певною системою керування, яка може бути радіо-, лазерна, інфрачервона або GPS-навігаційна.

Під час польоту бомба взаємодіє із сигналами, що надходять від джерела керування, і коригує свій політ для досягнення цілі.

Ударна частина КАБ може бути різноманітною залежно від конкретної моделі і завдання. Це може бути вибуховий заряд, накладений на стійку, фугасна частина або інші види вибухового заряду.

Важливою перевагою КАБів є та будуть їхні високі тактико-технічні характеристики, які дозволяють точно вражати цілі з великої відстані, що зменшує ризик для власних військ і майна.

1.5.2. Еволюція:

У РФ спостерігається тенденція щодо заміни КР КАБами.

Використання КАБів із висувними крилами, які значно збільшують дальність їхнього застосування (до кількох сотень кілометрів), є та буде значущим аспектом бойових операцій.

Російські військові здійснюють посилені зусилля з удосконалення пристроїв керування КАБ, застосування реактивних двигунів, зменшення помітності (імовірності виявлення) та їх захисту від впливу засобів РЕБ, унаслідок чого вони стануть усе більш ефективними та небезпечними для українських сил оборони.

До 2030 р. КАБ залишаться ефективним та масовим засобом вогневого ураження СО України вздовж лінії бойового зіткнення та в глибині оборони, у зв'язку з їх великою наявністю на складах у росії, дешевизною та високою ефективністю ураження.

Розроблення в РФ УМПК (уніфікований модуль планування і корекції)

До ФАБ-500 додають крила і двигун, дозволяючи планувати на 60-80 км. Нові модифікації з реактивним двигуном можуть сягати 160 км, а розробки 2025 р. обіцяють до 400 км. Ці бомби інтегрують інерціальну навігацію із супутниковою, і їхня вага варіюється від 250 до 1 500 кг.

Лазерне наведення: вимагає зовнішнього підсвічування, ідеальне для ручних цілей, але вразливе до погоди; похибка – 1-3 м.

GPS / Інерційне наведення: автономне, працює в будь-яку погоду, дальність до 100 км із розширеннями; стійке до перешкод.

Телевізійне / Інфрачервоне наведення: використовує камери для візуального розпізнавання, як у Spice бомбах Ізраїлю, дозволяючи «бачити» ціль вночі.

Радіолокаційне наведення: для морських цілей, як у Wat, з активним пошуком; рідкісне через вартість.

1.5.3. Тенденції подальшого розвитку:

використання комбінованих та багаторежимних систем наведення (комбінації GPS / GLONASS з інерціальною навігацією, інфрачервоним, телевізійним та/або напівактивним лазерним наведенням для забезпечення надвисокої точності та стійкості до перешкод засобів РЕБ та погодних умов);

підвищення дальності планування КАБ шляхом застосування розкладних крил або аеродинамічних комплектів (подібно до JDAM-ER), що дозволить запускати бомби з більшої відстані від цілі, збільшить ефективну зону ураження та підвищить безпеку літака-носія;

використання технологій ІІІ (AI), які дозволять КАБ самостійно ідентифікувати цілі, обирати оптимальну траєкторію польоту, уникати систем ППО та, можливо, навіть комунікувати між собою в рамках концепції «рою» (групові місії);

застосування технологій малої помітності, включаючи спеціальні матеріали та форми для ускладнення виявлення та перехоплення КАБ системами ППО;

модульність конструкції для швидкої адаптації однієї базової платформи КАБ під різні бойові завдання шляхом зміни бойової частини або модуля наведення.

1.5.4. Вимоги до системи ППО/ПРО щодо протидії КАБ:

Система ППО/ПРО повинна мати:

алгоритми розпізнавання типу загрози (ракета / КАБ / БпЛА) за траєкторією та профілем польоту;

спеціалізовані вогневі засоби середньої та ближньої дії, оптимізовані під перехоплення КАБ на траєкторії планерування;

сукупність осередків знищення КАБ ближньої дії на загрозованих напрямках та навколо важливих об'єктів (пояси навколо великих міст, мостів, складів) за рахунок розгортання мобільних груп ППО з можливістю швидкої зміни їх позицій;

системи (засоби) раїдо-, радіотехнічної, радіолокаційної та оптичної розвідки для оперативного виявлення вильоту авіації ворога та прогнозування секторів застосування КАБ.

1.6. Реактивні системи залпового вогню

1.6.1. Особливості застосування керованих авіаційних бомб у російсько-українській війні

РСЗВ (включно з керованими реактивними снарядами) загрожують як передньому краю, так і містам на глибині до 70–90 км.

1.6.2. Еволюція:

збільшення дальності ураження цілей, потужності боєприпасів, точності шляхом створення нових реактивних снарядів;

оснащення сучасними навігаційними комплексами, АСУ вогнем, що значно скорочує час від отримання цілевказання до відкриття вогню та підвищує автономність бойових машин;

мобільність та швидкість перезаряджання;

універсальність та інтеграція (тенденція до створення універсальних пускових установок, здатних використовувати різні типи ракет, включаючи тактичні балістичні ракети, а також інтеграція РСЗВ у єдині мережецентричні системи розвідки та управління військами, розвідувально-ударні (вогневі) комплекси).

1.6.3. Тенденції подальшого розвитку:

використання алгоритмів ШІ (AI) для забезпечення розподілення цілей між машинами батареї так, щоб уникнути надлишкового витрачання боєприпасів («overkill») й одночасно вразити пріоритетні загрози;

створення універсальної пускової установки для різних калібрів;

розроблення сучасних багаторежимних головок самонаведення, стійких до РЕБ (оптичних / тепловізійних), оскільки GPS-наведення втрачає ефективність.

1.6.4. Вимоги до системи ППО/ПРО щодо протидії РСЗВ:

Система ППО/ПРО повинна забезпечувати:

максимально раннє виявлення пусків та траєкторій реактивних снарядів;

перехоплення найбільш небезпечних типів високоточних реактивних боєприпасів.

СУ має інтегрувати дані контрбатареїної боротьби та ППО: виявлення пуску; оцінка ймовірних районів падіння; передавання даних засобам ППО, цивільному захисту та засобам вогневого ураження (для відповіді).

1.7. Кориговані артилерійські боєприпаси типу «Краснополь»

1.7.1. Особливості застосування коригованих артилерійських боєприпасів типу «Краснополь» у російсько-українській війні

Кориговані боєприпаси дозволяють ворогу точково знищувати важливі цілі (мости, склади, командні пункти) на значних дальностях.

1.7.2. Еволюція:

збільшення точності коригованих снарядів та ймовірності ураження цілі;

використання комбінованих, всепогодних та завадостійких датчиків цілі та головок самонаведення (ГСН), включаючи лазерне наведення та використання сигналів космічних радіонавігаційних систем (GNSS/GPS);

підвищення ефективності (зменшення вимог до мінімальної висоти хмарності дозволило збільшити сприятливий час для застосування на 10-30%);

зменшення маси та розмірів (новіші версії, наприклад 3ОФ39М, мають меншу масу (45 кг) та довжину (960 мм) порівняно з двоблочним варіантом 3ОФ39 (50,8 кг, 1305 мм), при цьому маючи більший об'єм вибухової речовини (10 кг проти 6,5 кг));

збільшення маси вибухової речовини та здатність уражати рухомі цілі;

збільшення дальності ураження шляхом оснащення реактивним двигуном або донним газогенератором;

використання снарядів різних типів – термобаричний, осколково-фугасний тощо;

інтеграція снарядів із сучасними системами розвідки, цілевказання та управління вогнем.

1.7.3. Тенденції подальшого розвитку:

інтеграція алгоритмів ШІ (AI) та машинного навчання в системи наведення для коригування траєкторії в польоті, ідентифікації цілей та підвищення надійності в складних бойових умовах;

розроблення нових конструкцій та технологій, які забезпечують продовження роботи боєприпасів в умовах активного використання ворогом засобів РЕБ (глушіння та підміни (spoofing) сигналу GPS);

використання гібридних систем наведення (комбінація різних систем наведення (мультимодальне наведення), щоб забезпечити роботу в умовах придушення сигналу GPS за допомогою інфрачервоних, лазерних чи міліметрових радарних ГСН.

1.7.4. Вимоги до системи ППО/ПРО щодо протидії коригованих артилерійських боєприпасів типу «Краснополь»:

Система ППО/ПРО повинна:

бути інтегрованою із системами контрбатарейної боротьби та РЕБ;

засоби РЕБ мають забезпечувати зрив наведення таких боєприпасів (GPS / лазерне / інше), зменшуючи їхню ефективність без обов'язкового фізичного перехоплення.

1.8. Гіперзвукова зброя

Росія позиціонує себе як лідера у сфері розвитку та застосування гіперзвукової зброї. Наразі в РФ на озброєнні знаходиться як мінімум три гіперзвукові системи, які було і може надалі бути застосовано проти України.

Х-47М2 «Кинжал», що є гіперзвуковою аеробалістичною ракетою повітряного базування, здатною розвивати швидкість до 10 Махів (3400 м/с) та мати оперативну дальність близько 2 000 км.

«Кинжал» може нести як звичайні, так і ядерні боеголовки малої потужності (5-50 кт) або фугасні боеголовки, з корисним навантаженням близько 480 кг.

Ракета оснащена твердопаливним ракетним двигуном та інерціальною системою навігації з можливістю оновлення в середній частині траєкторії.

До платформ запуску належать винищувачі МіГ-31БМ/К, бомбардувальники Ту-22М3М, винищувачі-бомбардувальники Су-34 та (у перспективі) Су-57.

Орієнтовна вартість однієї ракети «Кинжал» становить 10 мільйонів доларів США. Підтверджені системні перехоплення за допомогою ЗРС «Patriot» протягом 2023 р. спростували міф про «непереможність» цієї зброї та виявили її обмежену маневреність.

Утім, «Кинжал» становить суттєву загрозу для України, ураховуючи обмежену кількість доступних систем «Patriot».

ЗМ22 «Циркон» – гіперзвукова протикорабельна КР морського та потенційно наземного базування, що, за заявленими характеристиками, здатна розвивати швидкість до 9 Махів (близько 2 900–3 000 м/с на висоті) та мати дальність ураження до 1 000–1 500 км (залежно від платформи запуску та траєкторії польоту).

«Циркон» призначений для ураження надводних кораблів різних класів, але використовується РФ і для наземних цілей. Ракета, імовірно, несе звичайну фугасну боеголовку масою близько 300–400 кг; можливість оснащення ядерною боеголовкою офіційно не підтверджена, але вважається ймовірною.

Система наведення комбінована: інерціальна на маршовій ділянці з активною / пасивною радіолокаційною ГСН на кінцевій ділянці, можливе також супутникове коригування.

До платформ запуску належать надводні кораблі (фрегати проєкту 22350, корвети проєкту 20385), підводні човни (проєкт 885М «Ясень-М»), а також, потенційно, мобільні берегові ракетні комплекси.

Експериментальна балістична ракета середньої дальності (БРСД), «Орешник», здатна розвивати швидкість 10–11 Махів, розроблена на базі МБР РС-26 «Рубіж».

Дальність становить 500–5 500 км, може нести ядерні або звичайні боеголовки, кожна з яких має «касетну» структуру та складається із шести суббоеприпасів, що створює унікальний виклик для перехоплення та може точково перервантажити ППО.

1.8.1. Особливості застосування гіперзвукової зброї в російсько-українській війні

Гіперзвукові засоби ураження (аербалістичні ракети типу «Кинжал» та перспективні системи) створюють особливо складні умови для ПРО.

1.8.2. Еволюція:

збільшення швидкості (понад 5 Махів), маневреності та точності ураження цілей;

застосування новітніх термостійких матеріалів та потужних двигунів.

1.8.3. Тенденції подальшого розвитку:

використання ШП (AI) для обробки даних, керування польотом та підвищення ефективності системи; створення систем, що поєднують різні типи двигунів (наприклад, турбореактивний для зльоту і scramjet для гіперзвуку) для оптимізації польоту на всіх етапах; розроблення керамічних матричних композитів, тугоплавких металів та інших удосконалених матеріалів для обшивки та носових обтічників; створення аеродинамічних форм, що дозволяють більш ефективно маневрувати на гіперзвукових швидкостях; забезпечення надійного зв'язку та точного наведення в умовах інтенсивної плазми, що утворюється навколо апарату на гіперзвукових швидкостях і може блокувати радіосигнали.

1.8.4. Вимоги до системи ППО/ПРО щодо протидії коригованих артилерійських боєприпасів типу «Краснополь»:

Система ППО/ПРО повинна:

бути інтегрована в регіональну та євроатлантичну архітектуру раннього попередження та ПРО; мати засоби високошвидкісного перехоплення та алгоритми прогнозу складних (маневруючих) траєкторій;

володіти стратегічною селективністю цілей: визначення обмеженого набору об'єктів, щодо яких буде реалізовуватися максимальний рівень ПРО (енергетичні «ядра», командні пункти, вузли залізниці).

Наукове видання

Залужний Валерій Федорович, Загорка Олексій Миколайович,
Коваль Володимир Валерійович, Лисецький Юрій Михайлович

**МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ
СИЛ ТА ЗАСОБІВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ
В СУЧАСНИХ УМОВАХ ВЕДЕННЯ ЗБРОЙНОЇ БОРОТЬБИ**

Монографія

За загальною редакцією Залужного Валерія Федоровича

Літературний редактор, коректор – А. В. Галушкіна
Комп'ютерна верстка, макетування – В. Ю. Бихун
Дизайн обкладинки – О. О. Старовойтенко

Підп. до друку 06.04.2026. Формат 64х90/16.
Папір крейдований. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 14,98. Тираж 500 прим. Зам. № 03/2

Видавець Бихун В. Ю.
вул. Леонтовича, 9, к. 18, м. Київ, 01054
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 5366 від 26.06.2017 р.
моб.: +38 050 310 22 04
e-mail: lk@ukr.net

