В.П. Варакута, О.О. Кумпан, Т.В. Хліманцов, В.О. Іванов, Г.В. Заверуха

*Військовий інститут танкових військ Національного технічного університету
“Харківський політехнічний інститут”, Харків*

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ І ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБОРОННОЇ СИСТЕМИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ СИЛ І ЗАСОБІВ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНОГО УГРУПУВАННЯ ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ НА ОБОРОНУ

У статті на понятійному рівні розглянута сутність і зміст понять “критерій” і “показник” та їх значення під час оцінки ефективності оборонної системи військового угруповання. Запропоновані математичні моделі та розроблена методика визначення пріоритетних критеріїв і показників ефективності оборонної системи та надані обґрунтовані пропозиції щодо шляхів створення ефективної оборонної системи оперативно-тактичного угруповання.

Ключові слова: критерії, показники, математичні моделі, ефективність, оперативно-тактичне угруповання, прийняття рішень, раціональне рішення, елементи оборонної системи, сили і засоби, система управління.

Вступ

Постановка проблеми. Суверенітет держави Україна забезпечується через створення та подальший ефективний розвиток відповідних інститутів влади, із яких однією з найважливіших є система забезпечення воєнної безпеки. Проведений аналіз [1–2] говорить про те, що, на жаль, ефективність функціонування деяких інститутів влади завдяки політично-економічним зовнішнім і внутрішнім факторам впливу залишається низькою. Це також стосується військової складової: управлінської діяльності командування операціями об’єднаних сил (ООС) та оперативно-тактичних угруповань військ (ОТУ), які на смугах зіткнення стримують незаконні збройні формування (НЗФ) та російсько-сепаратистські військові формування від просування у глибину території країни [3].

Невиправдані втрати серед особового складу (бої під Іловайськом, в Дебальцевому та під Волновою) говорять про те, що мають місце непродумані деякими командирами й начальниками рішення на оборонні дії. Прийняття рішення на бойові дії – це складний творчий процес, де залучено багато військових фахівців. Наприклад, рішення, що приймає командир оперативно-тактичного угруповання (ОТУ) на оборону, складається з пропозицій посадових осіб за окремими напрямками бойового застосування родів військ, спеціальних військ та за видами забезпечення. Ці пропозиції за відповідними показниками повинні задовольняти вимогам обраних критеріїв. Сукупність цих пропозицій-альтернатив складає множину варіантів рішень. Кожний з них визначається експертним методом [4], що оцінює результат, отриманий шляхом моделювання,

після чого цим варіантам рішень надається своє значення пріоритету. Визначені множини пропозицій-альтернатив ще називають пріоритетними множинами [5]. Під пріоритетними множинами розуміються множини пропозицій-альтернатив за складовими рішення на якісь дії (у даному випадку на оборону), що задовольняють визначеним показникам і відібрані з врахуванням базового набору звісних критеріїв, за якими оцінюються окремі складові або рішення в цілому. У відповідності з [5] визначена низка пріоритетних завдань системи забезпечення воєнної безпеки та запропоновано методику визначення пріоритетних завдань системи забезпечення загальної воєнної безпеки на основі знаходження домінуючих завдань. Проте не конкретизовані, а під час не визначені критерії та показники, що характеризують тактико-оперативні властивості оборонної системи (ОС) на конкретному оперативно-тактичному напрямку проти конкретного противника за наявністю конкретного угруповання військ в обороні.

Тому, доцільно дослідити й визначити критерії й показники ефективності ОС, розглянути математичні моделі динаміки оборонних дій сил і засобів та об’єктів оборони (СіЗ та Ооб) ОС. Адже вони сприяють в надаванні командирі ОТУ більш обґрунтованих пропозицій та створюють умови більш якісного прийняття ним управлінського рішення на оборону для побудови більш ефективної ОС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість наукових досліджень зосереджено на вивченні окремих аспектів визначення й обґрунтування критеріїв, показників і оцінки результатів заходів щодо безпеки або оборонних дій сил і засобів (СіЗ) ОС, таких як опорних пунктів взводів і рот або ра-

йонів оборони батальйонів. У той же час розгляд критеріїв та показників ефективності СіЗ ОС у цілісному вигляді, що складається із системи вогню сухопутних бригад, артилерії, ракетних і зенітно-ракетних військ та авіації та ін., в масштабах, наприклад, ОС ОТУ здійснюється вкрай рідко. Як наслідок, до сих пір відсутні теоретичні основи цієї проблеми. Хоча питання, що стосуються загальних критеріїв і показників та пріоритетів з множини елементів (варіантів рішень) щодо безпеки й оборони, достатньо детально розглянуті в роботах [4–5]. Теоретичне обґрунтування вищезгаданих критеріїв знайшло своє відображення в роботах [6–7]. Проте до теперішнього часу продовжується пошук більш точних та конкретних визначень критеріїв та показників ефективності різних видів військової діяльності, у тому числі оборони.

Метою статті є визначення критеріїв і показників ефективності ОС ОТУ для обґрунтування пропозицій для прийняття рішення на оборону та дослідження математичної моделі динаміки оборонних дій СіЗ та Ооб як інструменту роботи командира й офіцерів штабу ОТУ під час процесу розроблення рішення на оборону.

Виклад основного матеріалу

В сучасній довідниковій літературі поняття “критерій” визначається як “ознака”, на основі якої здійснюється оцінка, визначення, класифікація будь-чого. Критерій розглядається як еталон, на основі якого здійснюється оцінка та порівняння результатів і виступає як основна ознака, за якою одне рішення вибирається із множини можливих. Так, в роботі [8] підкреслюється, що критерій – це мірило, ознака для оцінки, класифікації, судження, тобто ознака, що дозволяє із багатьох можливих рішень вибрати одне. В роботі [9] поняття “критерій” характеризується як засіб, за допомогою якого вимірюється рівень, ступінь прояву того або іншого явища й трактується як мірило оцінки суджень. За допомогою критерію виділяється перевага якого-небудь вибору у порівнянні з тими, що залишилися та перевіряється відповідність результату меті, що поставлена або надається оцінка ступеню її реалізації. З практичної точки зору критерії як визначені норми та правила, дозволяють вирішити правильний наступний крок або ні, тобто раціональність якоїсь дії у цілому або її нераціональність. Критерій не фіксує найбільш перспективні й продуктивні принципи та способи дій, а тільки виражає об’єктивні закони й логіку розвитку явища (дії) [7].

В практиці досліджень розглядаються декілька підходів до визначення критеріїв та показників. Зокрема, критерій може бути інтерпретований як показник, на основі якого можна зробити висновок щодо ефективності, наприклад, ОС. За таким підхо-

дом критерій є сукупністю основних показників, що розкривають визначений рівень ефективності ОС. Даний підхід характеризується тим, що ступінь сформованості критерію визначається шляхом фіксації його показників на різних рівнях ефективності. Тому, при обґрунтуванні критеріїв і показників, необхідних для комплексної оцінки ефективності ОС ОТУ та вироблення на його основі раціонального рішення на оборону, автори виходили із розглянутих методологічних положень в трактовці поняття “критерій” і “показник” в енциклопедичній та спеціальній літературі.

Отже, у загальному розумінні шуканий алгоритм розроблення пропозицій для вибору раціонального рішення на оборону передбачає:

на I етапі – формування множини пропозицій-альтернатив для їх класифікації методом парето-оптимізації, що дозволить відсікати у ході аналізу непридатні варіанти пропозицій до рішення;

на II етапі – формування пріоритетної множини пропозицій-альтернатив, які за визначеними показниками відповідають вимогам обраного критерію (критеріям);

на III етапі – формування необхідних обставин для вибору одного раціонального варіанту рішення з пріоритетної множини пропозицій-альтернатив.

У роботі Т.Л. Сааті [7] визначений непрямий метод рахування так званої функції приналежності для одного експерта. Використовуючи досвід офіцерів штабу ОТУ, метод дозволяє, залежно від поставленого бойового завдання, визначити експертним методом пріоритетну оцінку кожного критерію (варіанту дій) ефективності ОС. Далі на їх основі здійснюється вибір одного рішення на оборону як раціонального, який можливо здійснити за одним визначеним, наприклад, критерієм оцінки, або за допомогою математичних моделей складних систем, вирішити багатокритеріальну оцінку варіантів з пріоритетної множини обраних наборів критеріїв [5]. В набір раціональних варіантів рішень (пріоритетної множини) за обмежений час прийняття рішення може увійти до декількох варіантів, з яких треба вибрати, знов ж таки, одне.

Інформаційно-розрахункове забезпечення процесу прийняття рішення на оборону передбачає не тільки надання потрібної офіцерам штабу інформації, але й реалізацію розрахунків для обґрунтування пропозицій за варіантами рішення. При цьому бажано мати автоматизовану (комп’ютерну) систему оцінки пропозицій (АСОП), яка дозволяє оперативно швидко урахувати їх вплив на ефективність ОС у разі реалізації рішення із декількох варіантів. АСОП до варіантів рішення на оборону, як сукупність експертів, об’єктів, методик та методів оцінки, повинна підготувати відповідь на питання – яка буде ефективність та задовольняє вона чи ні вимогам команду-

вання? При цьому потрібна відповідь на організаційні питання прийняття рішення на оборону: які відповідальні посадові особи та за якими напрямками призначаються, за якими чинниками, параметрами, показниками та критеріями оцінюються варіанти та окремі складові рішення.

Головну роль в системі оцінки рішень (СОР), що приймаються, безумовно, грає особисто командир ОТУ. Під час затвердження пропозицій він розраховує на те, що вони обґрунтовані й підтверджуються результатами моделювання, у ході якого посадові особи Центру оперативного управління (ЦОУ) за визначеними критеріями обрали кращі варіанти. Для цього доцільно використовувати структуру моделі, за допомогою якої буде здійснюватися реалізація АСОП до варіанту рішення, що приймається (рис. 1).

Рис. 1. Схема (варіант) моделювання інтенсивності оборонних дій Сіз та Ооб ОС ОТУ, в якій здійснюється АСОП щодо варіантів рішення на оборону

На рис. 1 наведені окремі моделі СІЗ ОС ОТУ та їх взаємозв'язок через їх входні та вихідні інтенсивності:

λ_{01} – інтенсивність входу вогневих засобів ураження (ВЗУ) противника в зону ураження опдбр, омбр, омпбр та огшбр;

λ_{02} – інтенсивність входу ВЗУ противника в зону ураження ракетних військ і артилерії (Рв і Ар);

λ_{03} – інтенсивність входу ВЗУ противника в зону ураження авіації та засобів ППО (Ав і ППО);

$\lambda_{виявл}$ – інтенсивність видачі інформації про ВЗУП засобами наземної та повітряної розвідки;

λ_{yp} – інтенсивність ураження СіЗ та Ооб ОС;

$\mu_{вх\ розв}$ – інтенсивність надходження вхідної інформації в систему управління від засобів розвідки;

$\mu_{вх\text{рез}}$ – інтенсивність надходження вхідної інформації в систему управління з результатами діяльності СіЗ та ОоБ ОС;

$\mu_{вих\ упр}$ – інтенсивність видачі інформації системою управління з управлінськими рішеннями для СіЗ та Ооб ОС;

$\Pi_{yp\ br}$ – інтенсивність вогневого ураження ВЗУ противника вогнем бригад (опдбр, омбр, омпбр, огшбр) ОТУ;

Π_{ypPB} – інтенсивність вогневого ураження
ВЗУ противника вогнем ракетних військ ОТУ;

$\Pi_{ур Ар}$ – інтенсивність вогневого ураження ВЗУ противника вогнем артилерії ОТУ;

$\Pi_{yp\ A6}$ – інтенсивність вогневого ураження ВЗУ противника ударами армійської авіації та авіації ВПС;

$P_{yp\text{ ППО}}$ – інтенсивність вогневого ураження ВЗУ противника засобами ППО СВ та об'єктивих ППО;

$\Pi_{ур\text{ вх}}(вих)$ – інтенсивність (потрібна та реалізована) вогневого ураження противника;

Σ – блок управління моделюванням та розрахунку очікуваних результатів оборонних дій.

Для оцінки рішень на оборону, що приймаються, доцільно розподіляти критерії за їх ваговими пріоритетами. Використання критерію буде визначатися конкретикою поставлених бойових завдань (декілька варіантів розрахунку пріоритетів за визначеними експертними оцінками). Обрані критерії оцінки сумарної ефективності ОС у сукупності визначають, на скільки створена оборона дозволяє зберегти сили і засоби ОТУ, що прикриваються.

За одним з обраних критеріїв, з врахуванням пріоритету кожної складової ОС визначаються j -й варіант множини (більше двох) рішень зі своїми пріоритетами $W_{var_{ij}}$:

$$W_j^{MH} = \sum_{i=1}^n W_{\omega ap_{ij}} \cdot W_{c\kappa l_i} . \quad (1)$$

Якщо позначити пріоритет кожного i -го критерію W_{kp_i} , а пріоритет j -х варіантів рішень, що

розглядаються за кожним критерієм, W_{varij} , то за формулою (1) можливо отримати значення глобального пріоритету кожного із n варіантів рішень, які будуть визначати інтегральний критерій вибору раціонального рішення.

$$W_j^{piu} = \sum_{i=1}^n W_{varij} \cdot W_{kpi}.$$

Під час планування, підготовки та ведення оборонних дій прогноуються результати можливого ураження СіЗ та Ооб ОС з боку противника.

Для оцінки ефективності ОС ОТУ та ефективності дій противника, у відповідності зі схемою моделювання оборонних дій (рис. 1), визначені показники можна розрахувати з використанням відомих співвідношень між інтенсивністю процесів оборонних дій та втрат сторін. Крім того, потрібно брати до уваги можливості противника з ураження СіЗ та Ооб, що доцільно характеризувати системою імовірнісних, кількісних, просторових і часових показників. Цим вимогам задовольняє базовий набір показників [10–13]. Вони відповідають вимогам узгодженості показників між собою, повноті опису очікуваного результату оборонних дій та відчутності до реагування на зміни параметрів СО й умов обстановки. Оскільки замисел дій противника має достатньо високу початкову невизначеність, а результати боїв носять випадковий характер, то основні імовірнісні показники ефективності СО повинні відповідати наступним вимогам:

- відповідність меті та завданням СО;
- чіткий оперативно-тактичний та фізичний зміст;
- зручність обчислювання та використання;
- узгодженість (для системи показників ефективності оборонних дій різного рівня);
- чутливість до рішень на оборонні дії, що приймаються.

Згідно [10–13], основними розрахунковими показниками кількісної оцінки ефективності СО ОТУ доцільно вибрати такі:

- математичне сподівання (з урахуванням місця, часу і типів ($\kappa = 1, 2, \dots, K$) засобів сторін в абсолютних одиницях та відносно початкового ($N_{скл}$) складу): кількості ($N_{ук}$) та частки ($\Delta N_{скл} = N_{ук} / N_{скл}$) уражених СіЗ СО (опдбр, омбр, омпбр, огшбр, РВ, Ар, Ав, ППО та ін.), які обороняються;

– ($N_{ур пр}$) – втрати ВЗУ противника від СіЗ СО ОТУ;

- втрати СіЗ СО ОТУ, таких як ($n_{зни розв_i}$), ($n_{зни РВ_i}$), ($n_{зни Ар_i}$), ($n_{зни Ав_i}$), ($n_{зни ППО_i}$),

($n_{зни бр_i}$),

де $бр_i$ – це опдбр, омбр, омпбр, огшбр та інші бригади СВ;

– втрати особового складу за родами військ та за рівнем ураження;

– витрачений ресурс: боєкомплект бригад і артилерії, ракет РВ, літако-вильотів авіації, зенітних керованих і авіаційних ракет та ін. в прийнятих одиницях вимірювання (за родами військ та ін.);

– кількість засобів противника, яку може відбити створена ОС ОТУ з врахуванням резерву ($N_{уд пр}$).

За досвідом застосування військ [14–16] рівень загальних втрат, після яких противник змушений відмовлятися від продовження наступу (ударів), може складати біля 8–12%. З досвіду військових операцій у Перській затоці [17] – цей рівень складає не більш як 1,5–2%. Як показує досвід Югославського конфлікту та підтверджується подіями на сході країни, противник може зважитися на значно більший рівень втрат, який не обмежується вимогою збереження особового складу, а економічними розуміннями та прагненням не втратити дуже швидко свій військовий потенціал. Попередні оцінки показують, що у такому випадку рівень загальних втрат, на які буде здатний противник під час першої хвили наступальних дій (ударі), може досягти 15–20% його ВЗУ з поступовим зниженням цієї величини у наступних наступальних діях (ударах). Досвідом збройних конфліктів і війн останнього десятиріччя та подій на сході країни, а також науковими дослідженнями [14–17] встановлено, що:

– знищення або руйнування одиночного елемента зі складу СіЗ та Ооб СО досягається при імовірності їхньої поразки не менш 90 %;

– знищення групових елементів із складу СіЗ та Ооб СО досягається при математичному сподіванні відносного числа уражених елементів СО або частини площі об'єкту оборони, що надійно уражається (не менше 50 %);

– придушення СО, тобто нанесення їй такого збитку (пошкоджень) та створення для неї таких умов, при яких тимчасово позбавляються боєздатності вогневі засоби опору або обмежується управління, досягається математичним сподіванням відносного числа уражених елементів зі складу СЗ СО або частини площі Ооб, що надійно уражається (не менше 25–30 %).

Імовірність $P_{ур}$ ураження типовим засобом вогневого ураження противника наземного об'єкта зі складу СіЗ СО, розміри якого менше радіуса ураження бойовим зарядом, який застосовується, $R_{ур}$ (об'єкт – точковий) визначається як імовірність влучення в коло характерного радіуса з урахуванням

технічної надійності засобів доставки боєприпасів до цілі P_{mn} і можливості подолання СО $P_{под}$:

$$P_{ур} = \left[1 - \exp \left(\frac{r^2 \cdot R_{ур}^2}{E_x \cdot E_y} \right) \right] \cdot P_{mn} \cdot P_{под}$$

де $r = 0,476936$;

E_x, E_y – серединні відхилення засобу доставки боєприпасів від точки прицілювання (місця розташування ВЗУ противника) за дальністю та у бічному напрямку відповідно. Вони залежать:

- від похибки визначення взаємного положення наземного об'єкта зі складу СіЗ та Ооб ОС, що уражається;
- від засобу доставки боєприпасів до цілі;
- від характеристик системи наведення боєприпасів на ціль;
- від похибок розпорядження (цілевказіння);
- від помилок виведення ВЗУ противника у район цілі.

Також доцільно розрахувати (спрогнозувати) імовірність дій ВЗУ противника щодо ураження елементів зі складу СіЗ та Ооб ОС $P_{урел}$ заданим нарядом засобів ураження $n_{ур}$ з урахуванням бойової стійкості елементів (опорних пунктів, районів оборони, артилерійських батарей, комплексів РВ, ЗРК, авіації й т.ін.) зі складу СіЗ та Ооб ОС (тобто імовірності його знищення ВЗУ противника до рубежу виконання завдання) $P_{нур}$ може бути визначена за формулою:

$$P_{урел} = \left[1 - (1 - P_{ур})^n \right] \cdot P_{нур}$$

Зазначений вираз дозволяти одержати оцінку бойових нарядів ВЗУ противника для ураження елементів зі складу СіЗ та Ооб ОС:

$$N = \frac{l \cdot n (1 - P_{урел}) / P_{нур}}{l_n (1 - P_{ур})}$$

При $P_{нур} = 1 - P_{ур}$ і $P_{ур} < > 0$ одержується бойовий наряд ВЗУ противника для ураження СіЗ та Ооб ОС ОТУ. При цьому, математичне сподівання імовірнісних і середніх втрат військової техніки й озброєння (ВТО) СіЗ та Ооб ОС у припущенні, що втрати завдають усі атакуючі ВЗУ противника усім елементам ОС, а втрати, що нанесені одним ВЗУ противника не залежать від втрат, що наносить інший ВЗУ противника (рис. 2), можна знайти за формулою:

$$M_y = \sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^k B_{jr} \cdot Q_{jr} \cdot \prod_{i=1}^n (1 - P_{ij} \cdot A_{ijr}) \cdot X_{ij}$$

Аналогічно розглянемо модель ураження ВЗУ противника. Об'єктом моделювання є процес ура-

ження ВЗУ противника в наступальних діях без застосування зброї масового ураження.

Мета процесу ураження полягає в нанесенні ВЗУ противника ураження заданих втрат, які в результаті призводять до часткової або повної втрати противником можливості функціонування за призначенням.

Градацію ступенів ураження ВЗУ противника введемо відповідно до необхідних працевитрат на відновлення уражених ВЗУ противника, таких як слабкі, середні, сильні ступені ураження та повне знищення.

Рис. 2. Перелік показників оцінки ефективності ОС

Із рис. 2:

$r = \{1, 2, \dots, k\}$ – порядковий номер елемента зі складу СіЗ та Ооб ОС що обороняється;

$i = \{1, 2, \dots, n\}$ – порядковий номер елемента зі складу СіЗ та Ооб ОС;

$j = \{1, 2, \dots, m\}$ – порядковий номер ВЗУ противника;

P_{ij} – умовна можливість ураження j -го ВЗУ противника i -м елементом зі складу СіЗ ОС, за умови, що цей ВЗУ увійде в зону ураження та реалізуються умови балансу між готовністю до обстріляти за часом;

A_{ijr} – можливість того, що ВЗУ противника, що атакує r -й елемент зі складу СіЗ та Ооб ОС, увійде в зону ураження i -го елемента зі складу СіЗ ОС;

X_{ij} – кількість елементів зі складу СіЗ та Ооб ОС, що призначені для ураження j -го ВЗУ противника;

Q_{jr} – імовірність того, що j -й ВЗУ противника атакує r -й елемент зі складу СіЗ та Ооб ОС;

B_{jr} – середні втрати, що завдає r -му елементу зі складу СіЗ та Ооб ОС j -й ВЗУ противника.

Під час нанесення ушкоджень ВЗУ як правило, виникає супутнє ураження особового складу, який застосовує ВЗУ у ході наступальних дій. Математичне сподівання втрат серед особового складу пов'язано зі ступенем ушкоджень ВЗУ й може скласти від 5 до 50 % особового складу, відповідно для слабого, середнього, сильного та повного ступеня ушкодження пошкоджених ВЗУ.

Метою моделювання є:

- визначення ступеня ураження ВЗУ противника, що досягається залежно від умов ураження (від кількості й типу боеприпасів, наряду на ВЗУ, що уражаються й т. ін.);

- визначення закону розподілу кількості елементів ВЗУ, які уражаються, за ступенями ураження, що необхідно для організації ефективної ОС та визначення можливих втрат серед особового складу.

При цьому показники якості ураження вибираються такими:

- можливість нанесення ВЗУ противника заданого ступеня ушкоджень;
- математичне сподівання числа уражених елементів ВЗУ противника за ступенями ураження;
- дисперсія числа уражених наступальних елементів противника.

Критеріями оцінки ефективності процесу ураження противника можуть бути:

- максимум нанесених втрат;
- нанесення розміру втрат не менше заданого.

Доцільний ступінь деталізації моделювання проводиться до елементу вогневих засобів противника, що уражається, й до стану ступеню його ураження. Довірча імовірність для результатів моделювання не повинна бути гірше ніж 0,95; довірчий інтервал – не більш 1 % від оцінюваного розміру. Швидкість виконання розрахунків АСОП на ЕОМ повинна забезпечувати час моделювання не більш одиниць секунд, тому що модель ураження ВЗУ противника є частиною штабної моделі, яка дозволяє виробити пропозиції щодо рішення на оборону. Об'єкт ураження, як правило, складається з груп елементів, кожна з яких відрізняється за призначенням й стійкістю до вражаючих факторів боеприпасів. Противник, що прорвався через смугу оборони, може застосувати осколково-фугасні, запальні та боеприпаси об'ємного вибуху, які можуть різнитися в точності систем наведення, мати різноманітну вагу й тип вибухової речовини. Для ураження різноманітних елементів ВЗУ противника можуть використовуватися різноманітні точки прицілювання. Фізичний процес ураження пов'язаний із різночасною

доставкою й підривом боеприпасів на території об'єктів ураження. У складі гіпотез і допущень щодо характеру процесу, який аналізується, можна виділити такі:

- елементи ВЗУ противника, що уражаються і, які об'єднані в одну групу, однакові з погляду стійкості до вражаючих факторів;

- координати точки підриву боеприпасів розподілені за нормальним законом відносно точки прицілювання;

- за час застосування боеприпасів кількість елементів ВЗУ противника, що уражається, не змінюється;

- фактор запального впливу боеприпасів при ураженні елементів СіЗ та Ооб ОС є менше істотним, ніж осколковий й фугасний вплив;

- радіус поразки r при вибуху боеприпасів пов'язаний із вагою вибухової речовини q за формулою Садовського [18]:

$$r = (k \cdot q)^{1/n}, \quad (2)$$

де k – коефіцієнт, що залежить від типу боеприпасів і уразливості елементів ВЗУ противника;

$n = 1, 5, \dots, 3$ – показник ступеня, що залежить від умов застосування боеприпасів. Для більшості умов підриву боеприпасів у поверхні землі $n = 2$.

Отже, якщо оборона за розглянутими показниками ефективності (відсоток знищених ВЗУ противника) дозволяє нанести суттєвих втрат противнику, після яких той відмовляється від продовження бойових дій (наступу), вона може вважатися *достатньою* або *сильною*. Якщо створена СО не здатна до цього, вона є *недостатньою* або *слабкою*.

Час розвитку процесу ураження є величиною “пасивною”, що фіксує лише моменти, у які настає то чи інше руйнування або відповідна ступінь ушкодження. Якщо кількість елементів об'єкта, що уражається, за час бою не убавляє, то розміри й вага ушкоджень не залежать від того, у які моменти та на якій хвилині бою відбувся підриг боеприпасів у районі об'єкта, що уражається. Ступінь ушкодження елементів об'єкта визначається розміром вражаючого заряду, відстанню до точки підриву й залежить від стійкості елементів об'єкта до вражаючих факторів вибуху боеприпасів. Залежно від промаху r , той же самий заряд може призвести до різноманітних ступенів поразки. Тому, доцільно знайти щільність розподілу заряду $f(q)$, що уражає, для слабого ступеня ушкодження об'єкта, з огляду на випадковий характер промаху під час доставки боеприпасів.

З території стрільби відомо, що щільність розподілу випадкової величини промаху (як відстані від точки підриву боеприпасів до точки прицілювання) описується законом Релея:

$$f(r) = \frac{r}{\delta} \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{2\delta^2}\right),$$

де δ – середнє квадратичне відхилення розміру промаху.

У свою чергу, радіус зони руйнування та ушкоджень (припустимий промах) r і вага q вибухової речовини боєприпасів пов'язані співвідношенням (3).

Отже, закон розподілу вражаючого заряду q розраховується як закон розподілу функції випадкового розміру r , тобто:

$$f(q) = f(r) \cdot r^2(q) = L_1 \cdot \exp(-L_1 \cdot q). \quad (3)$$

Деякі багатоелементні СіЗ ОС ОТУ, такі як артилерійські батареї, установки РВ, взводні й ротні опорні пункти, позиції ЗРК, аеродроми й т.ін. являють для ВЗУ противника групову компактну ціль. Тому, під час оцінки результатів майбутнього ураження таких об'єктів необхідно враховувати їхній бойовий порядок. Один із можливих підходів до побудови таких моделей полягає у розгляді двох станів кожного елемента – він уражений або не уражений. Передбачається, що в загальній зоні уразливості об'єкта можуть бути області з j -кратним перекриттям зон уразливості його окремих елементів. При влученні боєприпасів у таку область можливе ураження усіх j елементів. Тоді у якості величини, що характеризує розташування на місцевості елементів об'єкта, що уражається, може бути прийнятий вектор шарів зони уразливості $D = \{dl, \dots, dm\}$, де m – максимальне число елементів, що уражаються з однієї точки підриву боєприпасів, а dj – площі з j -кратним перекриттям зон уразливості окремих елементів. У цьому випадку ураження об'єкта ОС, що включає N елементів, розглядається як процес з $N+1$ можливими станами, кожний з яких S_i відповідає ураженню рівно i елементів.

Процес ураження розвивається під дією сумарного пуассонівського потоку (одинарного потоку однорідних подій) заряду q , що уражає, має параметр потоку ураження L . При цьому сумарний потік є суперпозицією незалежних парціальних потоків, кожний із яких характеризується постійним числом j елементів, що уражається, й має параметр Lj показового розподілу вражаючого заряду (3), пропорційний розміру dj :

$$Lj = L \cdot dj, \dots j = \{1, m\}.$$

Таким чином, модель процесу ураження елемента СіЗ та Ооб ОС, що включає N рознесених елементів на місцевості, які утворюють групову компактну ціль, може бути подана неординарною схемою ураження з вектором неординарності $\{dl, \dots, dm\}$.

Розвиток процесів у моделі описується системою диференціальних рівнянь Колмогорова [19], що має аналітичне рішення. Під час практичного використання моделі виникає необхідність у визначенні сумарного приведенного заряду Q , що впливає на об'єкти ОС та значень оцінок інтенсивності L вражаючих потоків, що впливають на СіЗ та Ооб ОС.

З метою визначення сумарного приведенного заряду, що впливає на елементи СіЗ та Ооб ОС, використовують коефіцієнти еквівалентності між боєприпасами різноманітних типів. Критерієм еквівалентності боєприпасів може бути прийнята можливість нанесення елементу СіЗ та Ооб ОС, ураження не нижче заданого. Значення коефіцієнта еквівалентності $K_{екв}$ у загальному випадку є функцією потужності порівнюваних боєприпасів Q , а також точності їхньої доставки, варіанта розміщення елемента СіЗ та Ооб СО, що уражається, на місцевості й стійкості його до вражаючих факторів. Для спрощення процесу обчислень існують спеціальні таблиці коефіцієнтів еквівалентності боєприпасів різноманітного типу.

Наступним кроком доцільно розрахувати розмір сумарного приведенного заряду при відомих коефіцієнтах еквівалентності окремих зарядів, що визначається за формулою:

$$Q_{сум} = \sum_{i=1}^r (C_i \cdot K_{екв_i} \cdot Q_i),$$

де r – кількість типів боєприпасів, застосовуваних противником;

C_i – кількість боєприпасів i -го типу;

$K_{екв_i}$ – коефіцієнт еквівалентності боєприпасів типу i ;

Q_i – потужність боєприпасів типу i .

Для практичного використання моделі ураження необхідно також визначити значення інтенсивності L ураження елементів СіЗ та Ооб ОС. Ураження відкрито розташованих СіЗ та Ооб ОС визначається фугасною, осколковою й запальною дією звичайних боєприпасів. На практиці важко виділити й спрогнозувати усі причини й умови, що визначають основний вражаючий фактор впливу вибуху на той або інший елемент СіЗ та Ооб ОС. Так, наприклад, запальна дія виявляється як правило, при ураженні паливно-мастильних матеріалів і в даному випадку може не розглядатися. Вплив інших факторів на СіЗ та Ооб ОС необхідно враховувати спільно. Тому, потік уражень складається з потоку фугасної та осколкової дії. При цьому критерієм ураження елементів СіЗ та Ооб ОС від фугасної дії боєприпасів є граничне значення розміру питомого імпульсу енергії вибуху q_ϕ , що пов'язаний з радіусом ураження елементів СіЗ та Ооб ОС r і вагою q вибухової

речовини. Тому, інтенсивність вражаючого потоку фугасної дії $L_{фд}$ знаходиться як величина зворот-нопропорційнальна питомому імпульсу енергії вибуху.

Для оцінки інтенсивності $L_{сод}$ ураження осколковою дією боєприпасів, вхідною інформацією є середня кількість осколків для ураження елемента СіЗ та Ооб ОС, середня площа бічної поверхні елемента та співвідношення між потужністю боєприпасів, вагою й швидкістю розльоту осколків. Інтенсивність спільної фугасної й осколкової вражаючої дії визначається сумою інтенсивностей:

$$L = L_{фд} + L_{сод}.$$

Для підвищення оперативності оцінок результатів ураження під час планування оборонних дій, на основі аналітичних виражень моделі ураження СіЗ та Ооб ОС можуть бути розраховані відповідні аналітичні залежності відносних значень математичного сподівання кількості елементів типових СіЗ та Ооб СО, що уражаються, (у відсотках) від сумарно-го приведенного заряду, які мають вигляд:

$$M_i \frac{(B \cdot Q_{сум})}{i!} \cdot \exp(-B \cdot Q_{сум}), \quad (4)$$

де $Q_{сум}$ – розмір сумарного приведенного заряду;

B – коефіцієнт апроксимації (варіант $B = \sim$);

i – ступінь ураження (0 – немає ураження, 1 – слабкі ураження, 2 – середні, 3 – сильні, 4 – повне ураження).

Таким чином, спрощення моделі процесу ураження СіЗ та Ооб ОС у випадку уявлення його залежно від сумарного приведенного заряду, свідчить на користь коректності використаних принципів формалізації й дозволяє одержати повний опис характеристик очікуваних випадкових результатів процесу, недосяжних при традиційних способах формалізації.

Одночасно модель забезпечує одержання оцінок з одиничним значенням довірчої імовірності та з нульовим значенням довірчого інтервалу при однократному прогоні моделі. Застосування апроксимуючих виражень типу (4) додатково збільшує швидкість розрахунків, забезпечуючи їхню високу оперативність.

Одержані за допомогою моделі оцінки очікуваних результатів ураження за ступенями ушкодження елементів СіЗ та Ооб ОС є вхідною інформацією для моделювання й розробки пропозицій для рішення на оборону та подальшого планування заходів щодо відновлення ОС.

Проаналізуємо показники ефективності ОС, які будуть покладені в основі вибору пропозицій для рішення на оборону (табл. 1).

Таблиця 1

Значення пріоритетів (приклад) основних критеріїв під час моделювання оборонних дій в обраному варіанті побудови ОС ОТУ на i -му змодельованому оперативно-тактичному напрямку, за якими обираються пропозиції для рішення на оборону

№ пункту	Назва, формульне позначення	Значення пріоритету $W_{пр}$	Інші параметри
1	Ефективність ОС не нижче заданої ($E_{со} > E_{со\ зад}$)	0,208	$\lambda_{max}=8,571$; $BY=0,058$.
2	Ефективність удару ВЗУП не вище запланованої ($E_{уд} < E_{уд\ план}$)	0,027	
3	Імовірність збереження СіЗ та Ооб ОС не нижче заданої ($P_{зб} > P_{зб\ зад}$)	0,265	
4	Збереження об'єктів прикриття даного типу не менше заданої кількості ($N_{зб\ i} > N_{зб\ зад\ i}$)	0,130	
5	Досягнення заданого значення відвернутих втрат ($B_e > B_{e\ зад}$)	0,199	
6	Коефіцієнт статичного співвідношення більше заданого ($K_c > K_{c\ зад}$)	0,028	
7	Коефіцієнт динамічного співвідношення $K_{ак} > 1$	0,075	
8	Збереження СіЗ та Ооб при більшому значенні безкарних втрат противника ($E_{бвп} > E_{бвп\ зад}$, $E_{бвп} > E_{взуп\ доп}$)	0,068	

Перший показник – це ефективність ($E_{со}$) відбиття СіЗ ОС наступу ВЗУ противника – частковий показник, який визначає сумарну ефективність дій СіЗ СО:

$$E_{ос} = E_{бр} + E_{РВ} + E_{Ар} + E_{Ав} + E_{ППО}.$$

Ефективність відбиття наступу ВЗУ противника характеризує відсоток сумарних втрат, яких зазнав противник за час бойових дій.

Другий показник – це ефективність оборонних дій СіЗ ($E_{бр}(РВ, Ар, Ав, ППО, \dots)$) ОС. Цей показник включає відношення кількості ВЗУ противника, що знищені СіЗ ОС ОТУ, до кількості ВЗУ противника в наступі (ударі):

$$E_{бр}(РВ, Ар, Ав, ППО, \dots) = \frac{N_{зн\ бр(РВ, Ар, Ав, ППО, \dots)} \cdot n_p}{N_{np}}.$$

Ефективність дій СіЗ ОС характеризує відсоток знищених ВЗУ противника відповідними засобами, тобто їхній вклад у вирішення завдань оборони, що дозволяє мати судження щодо якості вирішення завдань відповідними СіЗ ОС. За фізичним змістом ефективність ОС носить характер середньостатистичної імовірності ураження одного елементу (засобу) ВЗУ противника під час бойових дій. Аналогічно в табл. 2 методом аналізу ієрархій [20] визначена пріоритетність пропозицій щодо складових загальної ефективності ОС.

Третій показник – це ефективність застосування забезпечувальних (підрозділи матеріально-технічного постачання) та спеціальних підрозділів повітряної, радіолокаційної, радіотехнічної та військової розвідки (у подальшому – засобів розвідки (з/розв)), може бути оцінений як середньозважений внесок таких підрозділів до загальної ефективності ОС ОТУ.

Таблиця 2

Значення пріоритетів (приклад) складових загальної ефективності в обраному варіанті побудови ОС ОТУ, при моделюванні оборонних дій на i -му змодельованому оперативно-тактичному напрямку, які визначатимуть пропозиції до рішення на оборону

№ пункту	Назва, формульне позначення	Значення пріоритету $W_{\text{вз}}$	Інші параметри
1	Ефективність $E_{\text{бр}}$	0,785	$\lambda_{\text{max}}=3,080$; $ВУ=0,069$.
2	Ефективність $E_{\text{РВ і А}}$	0,149	
3	Ефективність $E_{\text{Ав і ППО}}$	0,066	

Наприклад, ефективність засобів розвідки, як складової ОС, за таким підходом може бути оцінена співвідношенням:

$$E_{\text{в/розв}} = \frac{E_{\text{ОС}} - E_0}{E_{\text{ОС}}},$$

де $E_{\text{ОС}}$ – ефективність ОС у випадку, коли у ході оборонних дій на пунктах управління всіх рівнів застосовується інформація від усіх підрозділів, які здійснюють розвідку;

E_0 – ефективність дій “активних” СіЗ ОС, коли застосовується інформація тільки від своїх засобів розвідки.

Для звичайних умов організації та ведення оборони, приріст її ефективності завдяки роботі підрозділів, які здійснюють розвідку, насамперед, визначається імовірністю своєчасного виявлення наземних та повітряних цілей противника, що, в свою чергу, забезпечується злагодженою системою розвідки. Задана імовірність цілей ($P_{\text{виявл.зад}}$) на конкретному напрямку, в конкретних умовах обстановки визначається *кратністю перекриття* так званих зон виявлення засобами розвідки ($n_{\text{П зон виявл}}$) та імовірністю виявлення цілей противника окремими засобами (оптичними приладами, БПЛА, станціями РЛС або РТР й т.ін.) розвідки (P_i). Тоді коефіцієнт перекриття розраховується за формулою:

$$n_{\text{п}} = \frac{lq(1 - P_{\text{виявл.зад}})}{lq \left(\prod_{i=1}^{n_{\text{п}}} (1 - P_i) \right)}.$$

При цьому потрібний рубіж (відстань) виявлення цілей противника та своєчасне надання бойової інформації розраховується за формулою:

$$T_{\text{нотр}} = D_{\text{д}} + V_{\text{ц}} t_{\text{КП}_i} + V_{\text{ц}} t_{\text{вз}} + V_{\text{ц}} T_{\text{КП}_{\Sigma \text{ з/розв}}},$$

де $D_{\text{д}}$ – встановлений рубіж (відстань) виконання бойового завдання (вогневого ураження) підрозділами та частинами, що входять до складу ОС ОТУ;

$V_{\text{ц}}$ – розрахункова швидкість руху (наближен-

ня) наземного противника або польоту повітряної цілі противника;

$t_{\text{КП}_i}$ – час, який i -й КП частини (КСП підрозділу) зі складу ОС ОТУ витрачає з моменту отримання даних про противника до надання розпорядження (цілевказіння) підлеглим підрозділам на їх знищення;

$t_{\text{вз}}$ – час виконання бойового завдання частинами та підрозділами зі складу ОС ОТУ;

$T_{\text{КП}_{\Sigma \text{ з/розв}}}$ – сумарний робочий час усіх КП частини й підрозділів, що залучені до добування, обробки та надання розвідувальної інформації.

Пріоритетність систем забезпечення згідно [7; 20] представлені в табл. 3.

Четвертий показник – це *статичне співвідношення сил сторін* K_c , яке відображає відношення сумарної зваженої за імовірністю знищення ВЗУ противника та кількістю задіяних СіЗ ОС до зваженої за оперативно-тактичною важливістю кількості ВЗУ противника, задіяних в наступальних діях або ударі (за діапазонами відстаней дій ВЗУ противника та можливостями дій СіЗ за напрямками та у цілому за ОС):

Таблиця 3

Значення пріоритетів (приклад) військ забезпечення, які визначатимуть пропозиції щодо рішення на оборону, при моделюванні оборонних дій на i -му змодельованому оперативно-тактичному напрямку

№ пункту	Назва, формульне позначення	Значення пріоритету $W_{\text{збп}}$	Інші параметри
1	Система військової розвідки	0,102	$\lambda_{\text{max}}=5,091$ $ВУ=0,02$
2	Система РЛР	0,176	
3	Система РЕБ	0,211	
4	Система РТР	0,094	
5	Система технічного забезпечення	0,129	
6	Система тилового забезпечення	0,088	

$$K_c = \frac{M_{\text{нідр бр}} + M_{\text{кРВ}} + M_{\text{Ар}} + M_{\text{Ав}} + M_{\text{ППО}}}{N_{\text{нр}}};$$

$$M_{\text{нідр бр}} = N_{\text{нідр бр}} \cdot P_{\text{нідр бр}} \cdot U_{\text{нр}};$$

$$M_{\text{бат Ар}} = N_{\text{бат Ар}} \cdot P_{\text{бат Ар}} \cdot U_{\text{нр}};$$

$$M_{\text{кРВ}} = N_{\text{кРВ}} \cdot P_{\text{кРВ}} \cdot U_{\text{нр}};$$

$$M_{\text{АВ}} = N_{\text{АВ}} \cdot P_{\text{АВ}} \cdot U_{\text{нр}};$$

$$M_{\text{ППО}} = N_{\text{ППО}} \cdot P_{\text{ППО}} \cdot U_{\text{АВнр}},$$

де $N_{\text{нр}}$ – зважена за оперативно-тактичною важливістю кількість ВЗУ противника в наступі;

$M_{\text{нідр бр}}$ – кількість підрозділів ($N_{\text{нідр бр}}$), зважена за апіорною середньостатистичною імовірністю знищення підрозділу противника одним

підрозділом бригади ($P_{підр\ бр}$) з урахуванням кількості боїв, що можуть ним проводитись за час відбиття удару ВЗУ противника (U_{np});

$M_{кРВ}$ – кількість комплексів РВ ($N_{кРВ}$), зважена за апіорною середньостатистичною імовірністю знищення об'єкту противника одним комплексом ($P_{кРВ}$) з урахуванням кількості стрільб, що можуть ним проводитись за час відбиття удару ВЗУ противника (U_{np});

$M_{бат\ Ар}$ – кількість артилерійських батарей ($N_{бат\ Ар}$), зважена за апіорною середньостатистичною імовірністю знищення цілі противника одною артилерійською батареєю ($P_{бат\ Ар}$) з урахуванням кількості стрільб, що можуть нею проводитись за час відбиття удару ВЗУ противника (U_{np});

$M_{Ав}$ – кількість, літаків (вертольотів) ($N_{Ав}$), зважена за апіорною середньостатистичною імовірністю знищення ВЗУ противника одним літаком ($P_{Ав}$) з урахуванням кількості боїв, що можуть ним проводитись за час відбиття удару ВЗУ противника (U_{np});

$M_{ППО}$ – кількість ЗРК (інших засобів) ППО ($N_{ППО}$), які забезпечують безпосереднє прикриття СіЗ та Ооб ОС, зважена за апіорною середньостатистичною імовірністю знищення повітряної цілі противника одним засобом (наприклад, ЗРК) ППО ($P_{ППО}$) з урахуванням кількості повітряних цілей, що може він обстрілювати за час відбиття удару авіації противника ($U_{Авnp}$).

Статичне співвідношення сил сторін K_c характеризує початковий стан протидіючих сторін. Якщо статичне співвідношення сил досягає одиниці, сили сторін до початку бойових дій можна вважати приблизно однаковими. Проте у ході оборонних дій як ВЗУ противника, так і частини та підрозділи ОС несуть втрати, завдяки чому, вихідне статичне співвідношення сил змінюється. Щоб знати на якому боці буде перевага, треба використати уже розглянутий вище показник, який відображає динаміку оборонних дій, тобто динамічне співвідношення сил сторін K_{dc} . Цей показник оцінює відношення середньої швидкості втрат ВЗУ противника до середньої швидкості втрат СіЗ ОС, а також дозволяє визначити, хто раніше втратить можливість для подальшого ведення бойових дій.

Динамічне співвідношення сил обчислюють з застосуванням моделей динаміки бойових дій для очікуваних оперативно-тактичних умов відбиття ударів ВЗУ противника за конкретним варіантом обраного угруповання СіЗ ОС. Якщо середня швид-

кість втрат сторін відшукується на однаковому часовому інтервалі (наприклад, за час наступу або удару), то математичний вираз для розрахунку показника може бути зведений до відношення зваженої за оперативно-тактичною важливістю частки знищених ВЗУ противника до рівня (частки) втрат СіЗ ОС, зрівноваженого за середньою кількістю ВЗУ противника, які вони здатні знищити у ході оборонних дій. Тобто:

$$K_{ДС} = \frac{\delta_{ур\ np}}{\delta_{ос}}, \text{ тоді } \delta_{ур\ np} = \frac{N_{ур\ np}}{N_{np}};$$

$$\delta_{ур\ ос} = \frac{M_{н\ бр} + M_{н\ РВ} + M_{н\ Ар} + M_{н\ Ав} + M_{н\ ППО}}{M_{бр} + M_{РВ} + M_{Ар} + M_{Ав} + M_{ППО}};$$

$$N_{ур\ np} = M_{брnp} + M_{РВnp} + M_{Арnp} + M_{Авnp} + M_{ППОnp};$$

де $M_{брnp}$ ($M_{РВnp}$, $M_{Арnp}$, $M_{Авnp}$, $M_{ППОnp}$) – оцінка кількості ВЗУ противника, що знищені СіЗ ОС;

$$M_{нбр} (M_{нРВ}, M_{нА}, M_{нАв}, M_{нППО}) \text{ – оцінка}$$

кількості знищених СіЗ та Ооб ОС. Динамічне співвідношення сил сторін характеризує, як швидко і в який бік змінюється співвідношення сил у ході бойових дій. Якщо показник більше від одиниці, то співвідношення змінюватиметься на користь СіЗ ОС, якщо менше – на користь ВЗУ противника (табл. 4).

Таблиця 4

Пріоритети загальної взаємозалежності (приклад) сил і засобів ОС для вибору пропозицій щодо рішення на оборону

№ п/п	Назва, формульне позначення	Значення пріоритету $W_{екл\ i}$	Інші параметри
1	ОС бр (опдбр, омбр, омпбр та огшбр)	0,345	$\lambda_{max}=8,782$; $ВУ=0,079$.
2	Система РВ	0,133	
3	Система Ар	0,09	
4	Система Ав	0,107	
5	Система ППО	0,145	
6	Система РЕБ	0,065	
7	Система РТР	0,025	
8	Система технічного забезпечення	0,051	
9	Система тилового забезпечення	0,038	

Тому кращою є така ОС, яка за час ведення оборонних дій забезпечує збільшення цього показника від одиниці.

П'ятий показник – це середньозважена за часом імовірність збереження об'єктів (за їх типами) (рис. 3).

Якщо під час моделювання бойових дій (час удару ВЗУ противника – $T_{уд}$) аналізувати залежність відносних втрат своїх СіЗ ОС $N_{ур\ ос}$ від часу, можливо отримати середньозважену імовірність

$P_{yp oc}$ їх ураження (рис. 4) наступною формулою:

$$P_{yp oc}(t, N_{yp oc}) = \frac{1}{T_{y\partial} \cdot N_{yp oc}} \int_0^{T_{y\partial}} F(t, N_{yp oc}) dt.$$

Загальну площу під функцією $F(t, N_{yp oc})$ можна знайти методами чисельного інтегрування (рис. 3) за формулою:

Рис. 3. Пояснення до порядку розрахунку середньозваженої за час удару противника, імовірності ураження СіЗ та Ооб ОС ОТУ

$$P_{yp oc} = \frac{1}{T_{y\partial}} \sum_{i=1}^n \Delta S_i = \frac{1}{T_{y\partial}} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta N_{yp oc,i}}{N_{oc}} \cdot \Delta t_{прогноз,i} \cdot n_i.$$

Тоді імовірність збереження СіЗ та Ооб ОС буде рахуватися за формулою:

$$P_{зб oc} = 1 - P_{yp oc} = 1 - \frac{1}{T_{y\partial}} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta N_{yp oc,i}}{N_{oc}} \cdot \Delta t_{прогноз,i} \cdot n_i.$$

Значення *відвернутих втрат* B_e можливо отримати з останньої формули за наданими вартісними оцінками об'єктів, озброєння та військової техніки.

Таблиці з розрахованими пріоритетами складових $W_{скл_i}$ ОС у подальшому застосовуються для визначення раціональних n варіантів із усіх можливих рішень.

Показниками *надійності виконання бойових завдань оборони* є: імовірність збереження ($P_{зб}$) не менше заданої кількості (або частки) угруповань військ, що обороняються, та імовірність знищення не менше заданої кількості (або долі) ВЗУ противника.

Оцінювання *якості рішень*, що приймаються, зручно проводити з використанням відносних коефіцієнтів ефективності СіЗ ОС та дій противника.

Так коефіцієнт ефективності дій ВЗУ противника дорівнює:

$$E_{y\partial np} = \frac{\lambda_{yp}}{\lambda_0} = \frac{\frac{N_{ук}}{\Delta t}}{\frac{N_{нскл}}{\Delta t}} = \frac{N_{ук}}{N_{нскл}},$$

а коефіцієнт ефективності ОС розраховується за формулою:

$$E_{oc} = \frac{\sum P_{yp}(\delta p, PB, Ap, AB, ППО, \dots)}{\lambda_0} = \frac{\frac{N_{yp np}}{\Delta t}}{\frac{N_{н np}}{\Delta t}} = \frac{N_{yp np}}{N_{н np}}.$$

Коефіцієнт динамічного співвідношення сил сторін, який характеризує співвідношення швидкостей ураження сил сторін, або часток (δ) знищених ВЗУ противника та СіЗ ОС, розраховується за формулою:

$$K_{\delta c} = \frac{\sum P_{yp}(\delta p, PB, Ap, Av, ППО, \dots)}{\lambda_{yp}} = \frac{\delta_{yp np}}{\delta_{yp oc}}.$$

Дослідження закону зміни коефіцієнта динамічного співвідношення дало можливість оцінити здатність СіЗ ОС “витримувати” удар ВЗУ противника заданої інтенсивності при обмеженнях на втрати СіЗ та Ооб. Таке дослідження було проведено методом моделювання з використанням ланчестерської моделі (лінійного закону Ф. Ланчестера) та моделі Осіпова (математична модель масштабного збройного протистояння, що описує втрати сторін). Модель Ланчестера передбачає систему із двох однорідних диференціальних рівнянь для моделювання оборонного бою.

В найбільш загальному вигляді ці моделі можна описати рівнянням:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = ax + bxy + cy + d \\ \frac{dy}{dt} = ey + fx + gx + h \end{cases},$$

де a і e – визначають швидкість не бойових втрат;

b і f – швидкість втрат із-за впливу на цілі з великою площею;

c і g – втрати від впливу противника на передньому краї;

d і h – резерви, які підходять або відходять.

Модель Осіпова (коефіцієнти) a і e визначає кількість втрат пропорційно кількості протилежної сторони. Це можуть бути “класичні” позиційні оборонні дії, де дві сторони знаходяться в умовах безпосереднього зіткнення. Ці дві моделі виявили наступні закономірності. На рис. 4 наведений графік залежності відносних втрат сторін від обраного противником значення допустимих втрат, при якому він відмовиться продовжувати бойові дії (табл. 5). Особливістю реальних оборонних дій, які враховані в моделях, є те, що при закладеному противником значенні рівня допустимих втрат його реальні втра-

ти (після прийняття рішення щодо відмовлення від виконання подальших завдань) стають більше заданого порогу (рівня). Це пояснюється динамічністю реальних процесів оборонних дій.

Таблиця 5

Таблиця залежності відносних втрат сторін від допустимих втрат противника під час моделювання обраного варіанту побудови ОС ОТУ на i -му змодельованому оперативному напрямку

Втрати (%)	Допустимі втрати противника (%)											
	1	2	3	4	5	7	10	15	17	19	20	21
ВЗУ противн.	4,8	6,4	8,5	8,5	9,5	11,5	14,6	19,3	19,5	19,8	20,8	21,6
СО	0	0	0	0	0	1,5	11,9	25,3	38,8	52,2	56,7	58,2

Факт досягнення допустимих втрат та відмовлення від продовження оборонних дій не може зупинити процес вогневого ураження противника вогнем СіЗ ОС.

Рис. 4. Графік залежності відносних втрат сторін від допустимих втрат ВЗУ противника, при яких він відмовляється від подальших дій

З графіку видно, що деякий час ВЗУ противника не можуть вражати угруповання військ в обороні з достатнім рівнем ураження. При цьому, ефективність ОС ОТУ буде характеризуватися тим, наскільки її зони вогневого впливу винесені в бік противника на передньому краю (або за рубежі виконання завдань противником). На початковому етапі оборонних дій дуже важливим стає завдання нанести противнику максимально можливі втрати до того, як він почне уражати СіЗ ОС.

Причому доцільно нанести йому такий рівень втрат, який недопустимий для нього та при якому він відмовляється від подальших оборонних дій – тоді завдання оборони буде вирішено у повній мірі.

Дослідження показують, що правильне визна-

чення напрямку головного удару противником та створення на ньому потужної ОС зі збільшеними вогневими можливостями гарантує досягнення мети оборони та збереження СіЗ ОС.

На графіку (рис. 5) чітко визначається очікуваний рівень втрат ВЗУ противника, з перевищенням якого починається ураження СіЗ та Ооб ОС. Цей рівень може бути охарактеризований показником *однобічних безкарних втрат противника* ($E_{\text{бен}}$), який визначає рівень втрат, які несе противник від оборонних дій до першого рубежу виконання завдань ВЗУ противника (перших уражених угруповань військ або об'єктів оборони). Доцільно цей рівень втрат розраховувати у відносних одиницях:

$$E_{\text{бен}} = \frac{N_{\text{бен}}}{N_{\text{пр}}}.$$

Цей показник характеризує не тільки рівень втрат ВЗУ противника, але й створену систему ОС. Тому, виходячи з заданого рівня безкарних втрат противника $E_{\text{бензад}}$, можливо визначити потрібні для надійної оборони параметри ОТУ на головному та допоміжних напрямках ударів ВЗУ противника.

В загальному випадку значення рівня безкарних втрат противника буде знаходитися у межах:

$$E_{\text{бензад}} < E_{\text{бен}} < 0.$$

На основі порівняння значення показника *однобічних безкарних втрат противника* зі значенням показника його допустимих втрат $E_{\text{прдон}}$, на які противник може розраховувати у бойових діях, можна характеризувати якість ОС та рішення, що приймається:

$$E_{\text{бен}} > E_{\text{прдон}}. \quad (5)$$

СіЗ ОС вважаються більш захищеними, якщо вони мають більше значення показника безкарних втрат ($E_{\text{бен}}$). У зв'язку з тим, що при виконанні умови критерію $E_{\text{бен}} > E_{\text{прдон}}$ імовірність збереження СіЗ та Ооб ОС збільшується, противник може відмовитися від подальших бойових дій. Це забезпечить досягнення мети ОС – збереження військ і об'єктів оборони.

Під час аналізу результатів моделювання оборонних дій характерно поводить себе й коефіцієнт динамічного співвідношення ($K_{\text{де}}$) сил сторін, який під час прийняття рішення може застосовуватися як додатковий показник для вибору кращого варіанту побудови ОС (табл. 6 і рис. 5).

Для конкретного варіанту рішення $K_{\text{де}}$ (залежно від рівня допустимих втрат ВЗУ противника) може перевищувати значення одиниці й, тим самим, характеризувати переважні вогневі можливості угруповання військ в обороні над противником.

Таблиця 6

Таблиця залежності коефіцієнту динамічного співвідношення сил сторін від допустимих втрат ВЗУ противника під час модулювання обраного варіанту побудови ОС ОТУ на i -му змодельованому оперативному напрямку

	Допустимі втрати противника (%)											
	1	2	3	4	5	7	10	15	17	20	25	30
K_{dc}	0	0	0	0	0	0,815	1,808	0,987	0,749	0,589	0,550	0,626

Чим вище від одиниці значення показника K_{dc} , чим більше термін часу цього періоду оборонних дій, тим краще побудована ОС й прийняте рішення на оборону.

Рис. 5. Графік зміни коефіцієнту динамічного співвідношення втрат сторін залежно від допустимих втрат ВЗУ противника під час моделювання оборонних дій в обраному варіанті побудови ОС ОТУ на i -му змодельованому оперативному напрямку

Формування функціональних залежностей з використанням моделі двосторонніх бойових дій [13] супроводжувалося зупиненням процесу моделювання під час досягнення значення допустимих втрат ВЗУ противника.

Таким чином, здійснювався зріз стану процесів при обраних значеннях $E_{np\ доп}$ за часом наступальних дій противника. Це дозволило побудувати графік (рис. 5), який показує характер залежності K_{dc} від часу з початку бойових дій на протязі всього часу наступальних дій противника.

Практичні випробування моделі двосторонніх бойових дій при фіксованому значенні рівня допустимих втрат противника 100% дають усталене значення K_{dc} . Графік характеризує першу похідну функцію залежності втрат ВЗУ противника від часу, що закономірно пояснює реальні фізичні процеси,

які моделюються. Не всі варіанти побудови ОС ОТУ під час аналізу результатів моделювання давали $K_{dc} > 1$. Вимогу до розглянутого показника K_{dc} , який повинен бути більше одиниці, та критерій за втратами противника (5) доцільно включити до системи оцінки рішень на оборону, що приймаються. Їх доцільно обґрунтовувати за всім переліком критеріїв ефективності ОС ОТУ, які у сукупності дають можливість сформулювати повну множину пропозицій-альтернатив та врахувати конкретні умови вибору варіантів рішень. З цього слідує, що в системі оцінки рішень доцільно включити відомий [11–13] перелік критеріїв оцінки ефективності ОС:

– досягнення заданого значення ефективності системи оборони $E_{oc} > E_{oc\ зад}$;

– недопущення запланованого значення ефективності наступальних дій ВЗУ противника $E_{yd} > E_{yd\ план}$;

– забезпечення імовірності збереження СіЗ та Ооб ОС не нижче заданої $P_{зб} > P_{зб\ заді}$;

– забезпечення збереження СіЗ та Ооб ОС даного типу не менше заданої кількості $N_{збі} > N_{збі\ заді}$;

– досягнення заданого значення відвернутих втрат $B_e > B_{e\ зад}$ – для оцінки рішень на стратегічному рівні управління (державна оцінка ефективності);

– вибір рішення на оборону, при якому коефіцієнт статичного співвідношення більше заданого ($K_c > K_{c\ зад}$);

– вибір рішення на оборону, при якому коефіцієнт динамічного співвідношення $K_{dc} > 1$;

– вибір рішення на оборону, при якому забезпечується збереження СіЗ та Ооб ОС при значенні безкарних втрат противника більше заданого, або більше допустимого рівня втрат ВЗУ противника $E_{бвп} > E_{бвп\ зад}$, $E_{бвп} > E_{np\ доп}$;

– критерій з точки зору вибору варіантів наступу противника (для моделювання оборонних дій), де ефективність удару повинна бути не нижче заданої $E_{yd} > E_{yd\ зад}$. Даний критерій використовується під час планування вогневого ураження ВЗУ противника в місцях їх базування ударною компонентою ОС ОТУ.

За допомогою методу аналізу ієрархій доцільно проаналізувати пріоритетність кожного із критеріїв, що дасть змогу використовувати їх під час вибору варіантів рішень, що приймаються. Значення пріоритетів закладаються у бази даних програмно-технічного комплексу для наступного використання під час модулювання обраного варіанту побудови ОС ОТУ на i -му змодельованому оперативному

напрямку (табл. 6).

Відношення узгодженості (ВУ) = 0,058 (5,8%) дає змогу погодитися з визначеними пріоритетами кожного критерію, що у подальшому дає право їх використовувати в процесі прийняття рішення для формування інтегральної оцінки (Іо).

Для автоматизації процесу оцінки пропозицій щодо пошуку раціонального варіанту рішення [21] на оборону, доцільно звести його до наступних кроків:

- за заданими значеннями показників ефективності ОС на основі застосування системи математичних моделей та задач знайти конкретні значення макропараметрів угруповань бр (опдбр, омбр, омпбр та огшбр), ракетних військ, артилерії, авіації, ППО та військ забезпечення;

- в рамках парето-оптимізації обмежитись областю значень, які відповідають обраним критеріям;

- за результатами автоматизації процесу оцінки конкретної обстановки (оцінки противника, своїх військ, оцінки створеної ОС, стану СіЗ ОС ОТУ на сусідньому оперативно-тактичному напрямку (ОТН)) та на підставі проведеного моделювання бойових дій [22], визначити варіанти наступальних дій противника, кількість ВЗУ, напрямки головного удару ВЗУ, остаточні параметри СіЗ ОС та систем забезпечення (з врахуванням виділеного резерву) для виконання завдань оборони на ОТН з визначеною ефективністю в очікуваному діапазоні умов дій противника. При цьому кількість комбінацій конкретних значень параметрів СіЗ ОС буде характеризуватись множиною значень параметрів за декількома варіантами рішень, однак усі ці комбінації будуть припустимі за обраними показниками ефективності ОС. Тому, далі із множини варіантів обирається конкретний варіант рішення методом аналізу ієрархій з врахуванням пріоритетів кожної складової рішення на оборону та ваги пріоритету кожного показника ефективності ОС.

Таке завдання доцільно вирішувати у три етапи. На *першому етапі* за допомогою аналітико-стохастичних моделей [23] обрати раціональні макропараметри СіЗ ОС, тому що на відміну від детермінованих моделей, вони враховують імовірнісний характер параметрів об'єкту, що моделюється, на штат в моделі ОС ОТУ. В цій моделі неможливо точно визначити час, сили і засоби та напрямки наступальних дій противника. Ці дані є імовірнісними, тому модель ОС ОТУ є стохастичною, тобто значення змінних величин моделі, що залежать від реалізації імовірних величин, самі стають імовірнісними величинами. Аналіз таких моделей виконується на ПЕОМ на основі статистики, що накопичується у ході імітаційних експериментів при багаторазовому прогоні моделі для різних значень вихідних імовірнісних величин, що відібрані у відповідності з

їх статистичними характеристиками.

На *другому етапі* за допомогою імітаційних моделей [24–25] провести вибір та уточнення детальних параметрів складових ОС ОТУ за декількома варіантами в інтерактивному режимі із застосуванням електронних карт рельєфу місцевості.

На *третьому етапі* із застосуванням алгоритму реалізації методу аналізу ієрархій відібрати з декількох варіантів (як правило до 9) один, який з врахуванням обчислених значень показників якості СіЗ ОС, відповідатиме раціональному рішення. Варіанти рішень розташовуються за їх пріоритетами, з яких командир ОТУ необхідно погодитися з рекомендаціями, які формуються автоматизовано (завдяки спеціальним комп'ютерним програмам) [26], або обрати рішення за своїм розумінням з того переліку, який наданий для розгляду. Після прийняття рішення на електронній карті та в комп'ютерних базах даних формуються усі формалізовані документи, що відповідають елементам рішення.

В процесі прийняття рішення на оборону в ЦОУ ОТУ на тривалий період часу передбачається використання математичних моделей.

Отже, використовуючи методику визначення критеріїв та показників динаміки оборонних дій як інструмент роботи командування та офіцерів штабу ОТУ, можна знайти макропараметри СіЗ ОС, їх показники ефективності та оцінити за обраними критеріями пропозиції посадових осіб ЦОУ.

Таким чином, командир ОТУ надається можливість із множини варіантів прийняти раціональне рішення на організацію ефективної ОС у відповідності з обстановкою, яка складається.

Висновки

Ефективність ОС ОТУ може характеризуватися системою просторових, часових, імовірнісних і кількісних показників.

Під час визначення й обґрунтуванні критеріїв та показників ефективності ОС для прийняття командиром ОТУ рішення на оборону доцільно використовувати такі положення:

- сутність ОС, її якісна специфіка та властиві їй системні й інтегровані якості;

- склад, кількісна й якісна характеристика окремих СіЗ та Ооб ОС;

- структура, тобто внутрішня організація, взаємозв'язок окремих елементів СіЗ та Ооб ОС, їх поєднання та взаємодія;

- функції ОС, її активність, боєздатність та функції окремих її елементів СіЗ та Ооб ОС;

- механізми, що забезпечують цілісність ОС, взаємодію, удосконалення та розвиток;

- здійснення зв'язку з зовнішнім середовищем.

Таким чином, визначені критерії й показники та розроблені математичні моделі ефективності СіЗ та Ооб ОС ОТУ є важливим науковим завданням, вирішення якого в значній мірі дозволить динамічно

моделювати оборонні дії СіЗ на конкретно визначеному напрямку та допоможуть обґрунтувати пропозиції для прийняття раціонального рішення на оборону.

Список літератури

1. Лобанов А.А. Нормативно-правова база функціонування системи забезпечення воєнної безпеки України: проблеми і шляхи вирішення [Текст] / А.А. Лобанов // Труды академії. – К. : НАОУ, 2008. – № 4(84). – С. 5-8.
2. Лобанов А.А. Система забезпечення воєнної безпеки України та проблеми відповідності структури функціональному призначенню [Текст] / А.А. Лобанов, В.М. Грубов // Збірник праць ННДЦ ОТ і ВБ України. – К. : ННДЦ ОТ і ВБ, 2008. – № 1(38) – С. 112-118.
3. Варакута В.П. Заходи щодо посилення блокпостів і опорних пунктів як елементів системи оборони в умовах ведення оборонного бою проти незаконних збройних формувань [Текст] / В.П. Варакута, А.В. Чухлатий, І.А. Пегахін // Честь і закон. – Х.: НАНГУ, 2015. – № 2. – С. 15-22.
4. Лобанов А.А. Алгоритм визначення пріоритетних завдань, покладених на систему забезпечення воєнної безпеки держави [Текст] / А.А. Лобанов, В.А. Кириленко. – К.: ЗНП НАДПС України серія: військові та технічні науки. – 2013. – Вип. № 2. – С. 109-116.
5. Лотов О.В. Многокритериальные задачи принятия решений / О.В. Лотов, И.И. Поспелова. – М. : МАКС Пресс, 2008. – 197 с.
6. Рыков О.С. Системный анализ. Модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации: монография / О.С. Рыков. – М.: Издательский Дом МИСиС, 2009. – 608 с.
7. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети / Т.Л. Саати. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.
8. Маврина И.А. Организация управления социальной работой (научное редактирование) / И.А. Маврина, Т.Н. Вишнякова, И.Н. Чередниченко. – Омск.: Издательство ОмГПУ, 2010. – 94 с.
9. Вибір показників ефективності для оцінки взаємодії зенітних ракетних військ та винищувальної авіації [Текст] / С.І. Бурковський, М.О. Стахеев, О.М. Місюра та ін. // Системи обробки інформації. – Х. : ХУПС, 2007. – Вип. 5(63). – С. 15-18.
10. Система показників можливостей бригади оперативного призначення Національної гвардії України у спеціальній операції зі знешкодження незаконних збройних формувань [Текст] / В.П. Варакута, Г.А. Дробаха, І.А. Луговський, С.М. Гніденко // Честь і закон. – Х.: НАНГУ, 2015. – № 1. – С. 35-45.
11. Жарик О.М. Показники і критерії оцінки ефективності прикриття важливих державних об'єктів і угруповань військ (сил) [Текст] / О.М. Жарик. – Х. : Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2012. – № 3(9). – С. 18-26.
12. Барвиненко В. Еще раз о показателях и критериях [Текст] / В. Барвиненко, Ю. Аношко // Воздушно-космическая оборона. – 2014. – № 3. – С. 17-28.
13. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде. Количественный подход / В.Д. Ногин. – М.: Физматлит, 2002. – 144 с.
14. Протиріччя, що виникають у ході загальновійськового бою та шляхи їх вирішення / І.А. Пегахін, С.О. Стародубцев, В.П. Варакута, О.Є. Забула, О.Ю. Чернявський // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2017. – № 2(51). – С. 17-24.
15. Обґрунтування залежності результату загальновійськового бою від рівня якості змістовності управлінської інформації / В.П. Варакута, М.В. Левицький, Д.В. Дяченко, С.О. Стародубцев, О.Є. Забула // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2018. – № 1(55). – С. 8-16. <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.55.01>.
16. Основи теорії військового управління та штабні процедури НАТО / В.П. Варакута, І.Ф. Ролін та ін. – Х.: ВІТВ НТУ “ХПІ”, 2019. – 296 с.
17. Варакута В.П. Історія війн та воєнного мистецтва (у т.ч. історія українського війська) / В.П. Варакута, І.М. Криленко. – Х.: ВІТВ НТУ “ХПІ”, 2019. – 274 с.
18. Садовський Л.Е. Коды и математика / Л.Е. Садовский, М.Н. Аршинов. – М.: Наука, 1983. – 144 с.
19. Колмогоров А.Н. Математика XIX века. Теория вероятностей / А.Н. Колмогоров, А.П. Юшкевич. – М.: Наука, 1978. – 254 с.
20. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
21. Бідюк П.І. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень / П.І. Бідюк, І.В. Баклан, О.В. Нестеренко. – Київ: НАУ, 2015. – 218 с.
22. Стеценко І.В. Моделювання систем / І.В. Стеценко. – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 399 с.
23. Андреев М.В. Оптимізація стохастичних моделей. Спецкурс. Керовані марковські та напівмарковські моделі з повною й неповною інформацією / М.В. Андреев. – К.: Видавництво АПСВ, 2012. – 240 с.
24. Кравець І.О. Імітаційне моделювання / І.О. Кравець. – Миколаїв: Видавництво ЧДУ ім. Петра Могили, 2010. – 108 с.
25. Неруш В.Б. Імітаційне моделювання систем та процесів / В.Б. Неруш, В.В. Курдеча. – К.: НН ІТС НТУУ “КПІ”, 2012. – 115 с.
26. Методична система опанування стандартами та штабними процедурами НАТО як чинник досягнення творчого рівня компетенції при їх імплементації / В.П. Варакута, О.А. Макогон, І.М. Криленко, О.В. Соколіна // Збірник наукових праць військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка 2019. – № 63. – С. 130-138.

References

1. Lobanov, A.A. (2008), "Normativno-pravova baza funktsionuvannya systemy zabezpechennya voyennoyi bezpeky Ukrainy: problemy i shlyakhy vyrishennya" [The legal framework for the functioning of Ukraine's military security system: problems and solutions], *Trudy akademiyi, Natsional'na akademiya oborony Ukrainy*, No. 4(84), Kyiv, pp. 5-8.
2. Lobanov, A.A. and Ghrubov, V.M. (2008), "Systema zabezpechennya voyennoyi bezpeky Ukrainy ta problemy vidpovidnosti struktury funktsional'nomu pryznachennyu" [The system of ensuring the military security of Ukraine and the problem of compliance of the structure with its functional purpose], *Collection of works NNDTS OT i VB Ukrainy*, No. 1(38), Kyiv, pp. 112-118.
3. Varakuta, V.P., Chukhaty, A.V. and Peghakhin, I.A. (2015), "Zakhody shchodo posylennya blokpostiv i opornykh punktiv yak elementiv systemy oborony v umovakh vedennya oboronnoho boyu proty nezakonnykh zbroynykh formuvan" [Measures to strengthen roadblocks and strongholds as elements of the defense system in the context of a defensive battle against illegal armed groups], *Honor and Law*, No. 2, Kharkiv National Academy of National Guard of Ukraine, pp. 15-22.
4. Lobanov, A.A. and Kyrylenko, V.A. (2013), "Alhorytm vyznachennya priorytetnykh zavdan', pokladyenykh na systemu zabezpechennya voyennoyi bezpeky derzhavy" [An algorithm for determining the priority tasks assigned to the state's military security system], *ZNP NADPS Ukrainy seriya: viys'kovi ta tekhnichni nauky*, No. 2, Kyiv, pp. 109-116.
5. Lotov, O.V. and Pospelova, I.I. (2008), "Mnogokriterial'nye zadachi prinyatiya resheniy" [Multi-Criteria for Decision Making], MAKS Press, Moscow, 197 p.
6. Rykov, O.S. (2009), "Sistemnyy analiz. Modeli i metody prinyatiya resheniy i poiskovoy optimizatsii: monografiya" [System analysis. Models and methods of decision making and search engine optimization: monograph], Izdatel'skiy Dom MISiS, Moscow, 608 p.
7. Saati, T.L. (2008), "Prinyatiye resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh. Analiticheskiye seti" [Decision making with dependencies and feedbacks. Analytical Networks], Izdatel'stvo LKI, Moscow, 360 p.
8. Mavrina, I.A., Vishnyakova, T.N. and Cherednichenko, I.N. (2010), "Organizatsiya upravleniya sotsial'noy rabotoy (nauchnoye redaktsionnoye)" [Organization of social work management (scientific editing)], Izdatel'stvo OmGPU, Omsk, 94 p.
9. Burkov's'kyi, S.I. Stakhayev, M.O. and Misyura, O.M. (2007), "Vybir pokaznykiv efektyvnosti dlya otsinky vzayemodiyi zenitnykh raketnykh viys'k ta vynyshchuval'noyi aviatsiyi" [Selection of performance indicators for assessing the interaction of anti-aircraft missile forces and fighter aircraft], *Information Processing Systems*, No. 5(63), pp. 15-18.
10. Varakuta, V.P., Drobakha, H.A. Lughovskiy, I.A. and Ghnidenko, S.M. (2015), "Systema pokaznykiv mozhlyvostey bryhady operativnoho pryznachennya Natsional'noyi hvardiyi Ukrainy u spetsial'niy operatsiyi zi zneskodzhennya nezakonnykh zbroynykh formuvan" [System of Indicators of Capabilities of the Operational Assignment Brigade of the National Guard of Ukraine in a Special Operation to Eliminate Illegal Armed Forces], *Honor and Law*, No. 1, pp. 35-45.
11. Zharyk, O.M. (2012), "Pokaznyky i kryteriyi otsinky efektyvnosti prykritya vazhlyvykh derzhavnykh ob'yektiv i uhrupuvan viys'k (syl)" [Indicators and Criteria for Evaluating the Effectiveness of Covering Major State Objects and Forces (Forces)], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 3(9), pp. 18-26.
12. Barvynenko, V. and Anoshko, Yu. (2014), "Eshe raz o pokazatelyakh y kryteryakh" [Once again about indicators and criteria], *Vozdushno-kosmicheskaya oborona*, No. 3, pp. 17-28.
13. Nohyn, V.D. (2002), "Prynyatyie resheniy v mnohokryterial'noy srede. Kolychestvennyy podkhod" [Decision making in a multi-criteria environment. Quantitative approach], Fyzmatlyt, Moscow, 144 p.
14. Pehakhin, I.A., Starodubtsev, S.O., Varakuta, V.P., Zabula, O.Ye. and Cherniavskiy, O.Yu. (2017), "Protyrichchia, shcho vynykaiut u khodi zahalnoviiskovoho boiu ta shliakhy yikh vyrishennia" [Contradictions arising in the current of community fighting and the way of their solution], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, Vol. 2(51), pp. 17-24.
15. Varakuta, V.P., Levytskyi, M.V., Diachenko, D.V., Starodubtsev, S.O. and Zabula, O.Ye. (2018), "Obgruntuvannia zalezhnosti rezultatu zahalnoviiskovoho boiu vid rivnia yakosti zmistovnosti upravlinskoi informatsii" [Rationale of the dependence of the results of the general boy from the level of quality content of management information], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, Vol. 1(55), pp. 8-16. <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.55.01>.
16. Varakuta, V.P. and Rolin, I.F. (2019), "Osnovy teorii viys'kovoho upravlinnya ta shtabni protsedury NATO" [Basics of Military Management Theory and Staffing Procedures of NATO], Military Institute of Tank Troops NTU "KHPI", Kharkiv, 296 p.
17. Varakuta, V.P. and Krylenko, I.M. (2019), "Istoriya viyn ta voyennoho mystetstva (u t.ch. istoriya ukraiyins'koho viys'ka)" [History of wars and martial arts (including the history of the Ukrainian army)], Military Institute of Tank Troops NTU "KHPI", Kharkiv, 274 p.
18. Sadoyskiy, L.Ye. and Arshinov, M.N. (1983), "Kody i matematika" [Codes and Math], Nauka, Moscow, 144 p.
19. Kolmogorov, A.N. and Yushkevich, A.P. (1978), "Matematika 19 veka. Teoriya veroyatnostey" [Mathematics of the 19th century. Probability theory], Nauka, Moscow, 254 p.
20. Saati, T.L. (1993), "Prinyatiye resheniy. Metod analiza iyerarkhiy" [Making decisions. Hierarchy Analysis Method], Radio i svyaz', Moscow, 278 p.
21. Bidyuk, P.I., Baklan, I.V. and Nesterenko, O.V. (2015), "Intelektual'ni systemy pidtrymky pryynyattya rishen" [Intelligent decision support systems], NAU, Kyiv, 218 p.
22. Stetsenko, I.V. (2010), "Modelyuvannya system" [Systems modeling], Cherkasy State Technical University, Cherkasy, 399 p.
23. Andreyev, M.V. (2012), "Optimizatsiya stokhastychnykh modeley. Spetskurs. Kerovani markov's'ki ta napivmarkov's'ki modeli z povnoyu y nepovnoyu informatsiyeyu" [Stochastic model optimization. Special course. Managed Marked and Semi-Marked Models with complete and incomplete information], Vydavnytstvo APSV, Kyiv, 240 p.
24. Kravets', I.O. (2010), "Imitatsiynne modelyuvannya" [Simulation modeling], Vydavnytstvo CHDU im. Petra Mohyly, Mykolayiv, 108 p.
25. Nerush, V.B. and Kurdecha, V.V. (2012), "Imitatsiynne modelyuvannya system ta protsesiv" [Simulation modeling of systems and processes], NN ITS NTUU "KPI", Kyiv, 115 p.
26. Varakuta, V.P., Makohon, O.A., Krylenko, I.M. and Sokolina, O.V. (2019), "Metodychna systema opanuvannya standartamy ta shtabnymy protseduramy NATO yak chynnyk dosyahnennya tvorchoho rivnya kompetentsiyi pry yikh

implementatsiyi” [The methodological system of mastering NATO standards and staff procedures as a factor in achieving a creative level of competence in their implementation], *Zbirnyk naukovykh prats' viys'kovoho instytutu Kyivskoho natsional'noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka*, No. 63, pp. 130-138.

Надійшла до редколегії 17.10.2019

Схвалена до друку 11.02.2020

Відомості про авторів:

Варакута Володимир Павлович

кандидат військових наук доцент
доцент кафедри
Військового інституту танкових військ НТУ “ХПІ”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-5759-8758>

Кумпан Олександр Олександрович

заступник начальника кафедри
Військового інституту танкових військ НТУ “ХПІ”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7867-1742>

Хліманцов Тарас Володимирович

старший викладач
Військового інституту танкових військ НТУ “ХПІ”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-8301-1674>

Іванов Володимир Олександрович

старший викладач
Військового інституту танкових військ НТУ “ХПІ”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-0895-5405>

Заверуха Григорій Валентинович

викладач
Військового інституту танкових військ НТУ “ХПІ”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7447-2033>

Information about the authors:

Volodymyr Varakuta

Candidate of Military Science Associate Professor
Senior Lecturer
of Military Institute of Tank Troops NTU “KhPI”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5759-8758>

Oleksandr Kumpan

Deputy Head of the Department
of Military Institute of Tank Troops NTU “KhPI”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7867-1742>

Taras Hlimancov

Senior Instructor
of Military Institute of Tank Troops NTU “KhPI”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8301-1674>

Volodymyr Ivanov

Senior Instructor
of Military Institute of Tank Troops NTU “KhPI”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0895-5405>

Grygoriy Zaverukha

Instructor
of Military Institute of Tank Troops NTU “KhPI”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7447-2033>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРОННОЙ СИСТЕМЫ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИЛ И СРЕДСТВ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКОЙ ГРУППИРОВКИ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРЕДЛОЖЕНИЙ К ПРИНЯТИЮ РЕШЕНИЯ НА ОБОРОНУ

В.П. Варакута, А.А. Кумпан, Т.В. Хлиманцов, В.А. Иванов, Г.В. Заверуха

Суверенитет державы Украина обеспечивается созданием и эффективным развитием соответствующих институтов власти, из которых одним из важных есть система обеспечения военной безопасности, включающая войсковую и правоохранительную составляющую. Проведенный анализ говорит о том, что, к сожалению, эффективность функционирования некоторых институтов власти согласно политико-экономическим внешним и внутренним рычагам воздействия остается достаточно низкой. Также это касается военной составляющей, а именно: управленческой деятельности командованиями войсковыми операциями объединенных сил и оперативно-тактических группировок войск, которые на линиях соприкосновения сдерживают незаконные вооруженные формирования и российско-сепаратистских войсковых формирований от продвижения в глубину территории страны.

Неоправданные потери среди личного состава в боях под Иловайском, Дебальцевом говорят о том, что имеют место непродуманные некоторыми командирами и начальниками решения на оборонительные действия. Принятие решения на боевые действия – это сложный творческий процесс, в котором принимают участие достаточное количество военных специалистов.

Например, решения, которые принимает командир оперативно-тактической группировки на оборону, состоит из предложений должностных лиц, закрепленных за отдельными направлениями боевого применения родов войск, специальных войск и войск обеспечения. Эти предложения за соответствующими показателями должны удовлетворять требованиям выбранных критериев.

В статье на понятийном уровне рассмотрена сущность и содержание понятий “критерий” и “показатель” и их значение во время оценки эффективности оборонной системы оперативно-тактической группировки. Кроме того, рассмотрены математические модели и методики определения приоритетных критериев и показателей эффективности оборонной системы и рекомендованы обоснованные предложения путей создания эффективной оборонной системы оперативно-тактической группировки.

Таким образом, определение критериев и показателей эффективности оборонной системы оперативно-

тактической группировки для обоснования предложений для принятия решения на оборону есть важное научное задание, решение которого в значительной степени позволяет динамично ее развивать и существенно повышать эффективные (боевые, функциональные) возможности оборонной системы, согласно принятому рациональному решению на оборону.

Ключевые слова: критерии, показатели, математические модели, эффективность обороны, оперативно-тактическая группировка, принятие решения, рациональное решение, элементы оборонной системы, силы и средства обороны, система управления.

DEFINITION OF CRITERIA AND INDICATORS OF EFFICIENCY OF THE DEFENSE SYSTEM AND DEVELOPMENT OF A MODEL OF FORCES AND MEANS OF OPERATIONAL AND TACTICAL GROUPING FOR SUBSTANTIATION OF PROPOSALS FOR DECISION ON DEFENSE

V. Varakuta, O. Kumpan, T. Hlimancov, V. Ivanov, G. Zaverukha

The sovereignty of the power of Ukraine is ensured by the creation and effective development of the relevant institutions of power, of which one of the most important is the military security system, including the military and law enforcement component. The analysis suggests that, unfortunately, the effectiveness of the functioning of some institutions of power according to the political and economic external and internal leverage remains quite low. This also applies to the military component, namely: the management of the combined operations forces and operational-tactical groupings by the military operations command, which, on the contact lines, restrain illegal armed groups and Russian-separatist military forces from moving deeper into the country.

Unjustified losses among the personnel in the battles near Ilovaisk, Debaltsevo, indicate that there are ill-conceived decisions by some commanders and chiefs on defensive actions. Decision-making on military operations is a complex creative process in which a sufficient number of military specialists take part.

For example, the decisions made by the commander of an operational-tactical defense group consist of proposals from officials assigned to certain areas of the combat employment of the combat arms, special forces and support troops. These proposals for relevant indicators should satisfy the requirements of the selected criteria.

The essence and content of the concepts "criterion" and "indicator" and their significance during the assessment of the effectiveness of the defense system of an operational-tactical grouping are examined at a conceptual level. In addition, mathematical models and methods for determining priority criteria and indicators of the effectiveness of the defense system are considered and reasonable proposals for ways to create an effective defense system of an operational-tactical group are recommended.

Thus, the definition of criteria and performance indicators of the defense system of an operational-tactical group for substantiating proposals for deciding on defense is an important scientific task, the solution of which to a large extent allows it to be dynamically developed and significantly increase the effective (combat, functional) capabilities of the defense system, according to a rational defense decision.

Keywords: criteria, indicators, mathematical models, defense effectiveness, operational-tactical grouping, decision making, rational decision, elements of the defense system, defense forces and equipment, control system.