

МЕТОДИКА СИНТЕЗУ РОЗВІДУВАЛЬНО-ВОГНЕВИХ СИСТЕМ

У статті запропоновано алгоритм синтезу розвідувально-вогневих систем. Який дозволяє обґрунтувати потребу у зразках озброєння для комплектування підсистем вогневого ураження та розвідки зазначених систем. Сутність алгоритму полягає у впорядкуванні етапів щодо визначення потреби у зразках озброєння для забезпечення ефективного функціонування розвідувально-вогневих систем. Перевагою алгоритму є те, що він дозволяє враховувати стійкість функціонування та можливості кожного зразка озброєння виходячи із завдань, які покладаються на розвідувально-вогневу систему. Означене забезпечує проведення оптимального розподілу озброєння і запобігає перевитраті ресурсів. При цьому алгоритм є універсальним і забезпечує роботу із всіма типами засобів вогневого ураження та розвідки, які знаходяться на озброєнні у ракетних військах і артилерії Збройних Сил України, враховуючи ті що модернізуються або розробляються, а також з тими, що надходять у якості допомоги від західних країн-партнерів. Крім того, що запропонований алгоритм забезпечує визначення потреби озброєння при створенні нових розвідувально-вогневих систем, враховуючи заданий ступінь виконання завдань, він також дозволяє визначити ступінь виконання поставлених завдань з врахуванням наявних сил і засобів.

Алгоритм базується на удосконаленому методі нелінійного програмування (двох функцій, який дозволяє врахувати, як неоднорідність типів зразків озброєння та військової техніки, так і неоднорідність цілей. Удосконалення полягає у визначенні "ваги" типів засобів вогневого ураження в залежності від "ваги" цілей до ураження яких вони залучаються. А в подальшому використання в якості вагових коефіцієнтів нормованих часток від цієї "ваги". Це дозволяє обґрунтувати потребу в зразках озброєння з урахуванням заданого рівня виконання поставлених завдань. Означений алгоритм дозволяє врахувати нелінійність функцій, які описують різні типи озброєння та цілей.

Ключові слова: розвідувально-вогнева система, озброєння та військова техніка, стійкість функціонування, метод двох функцій.

Вступ та постановка задачі. В умовах сьогодення, коли проходить стратегічний зсув у бік широкомасштабних бойових дій, артилерія залишається головним чинником, який здатний кардинально впливати на хід військових конфліктів [1-3]. В той же час, не виникає сумнівів що найбільш ефективним є застосування артилерії у складі розвідувально-вогневих систем (РВС). Застосування таких систем дозволяє значно скоротити тривалість циклу виявлення-ураження і при цьому забезпечує підвищення рівня керованості силами (людьми) та засобами (озброєння та військова техніка (ОВТ)), стійкості функціонування усієї системи та якості виконання завдань. Тому питанням розвитку РВС приділяється значна увага як у нас в країні так і у країнах-членах блоку НАТО [4].

Аналізуючи військові (бойові) операції ostatніх десятиліть, було встановлено, що частка завдань з вогневого ураження противника (ВУП), які виконувались із залученням РВС зросла до 90% [5, 6]. Масово створюються і застосовуються РВС в ході окупаційної війни, яку веде російська федерація на території України. В існуючих умовах для росіян "ідеальною формулою" стало створення РВС у складі БПЛА (передусім "Орлан-10") з самохідними артилерійськими установками (САУ) (як правило "МСТА-С") та реактивними системами залпового вогню (РСЗВ) "Смерч" і "Ураган" [3]. Значно більший спектр ОВТ, що залучається до створення РВС у ЗС України. Це пов'язано з тим, що залучаються як зразки ОВТ, які знаходяться на озброєнні в українській армії, модернізуються, нові зразки, так і озброєння, що надходить у якості допомоги від західних партнерів. Перелік таких зразків є досить широким. До основних засобів вогневого ураження, що надходять у якості допомоги, відносяться: САУ - М 109 Paladin, PzH 2000, Caesar, Krab, DANA, Zuzana; гармати – М777, FH-70; РСЗВ – HIMARS, М 270 MLRS, VAMPIRE RM-70. До основних засобів розвідки слід віднести: радіолокаційні станції - AN/TPQ-48, AN/TPQ-49, AN/TPQ-36, AN/TPQ-37, Arthur, SharpEye

(очікується надходження AN/TPQ-50, Cobra); БПЛА- А1-СМ Фурія, Лелека 100, Fly Eye, RQ-20, Puma, Валькірія, PD-1, PD-2, Bayraktar Mini UA, Spectator-M1.

Проведений аналіз застосування РВС свідчить про те, що реальні результати застосування РВС не завжди співпадають з очікуваними. Причиною цього є багато чинників, серед яких недостатнє знання командирами обстановки що склалася, несвоєчасна обробка та доведення необхідної інформації [7, 8]. Також до таких чинників відноситься використання сил і засобів «які є під рукою» і можна негайно залучити до виконання завдання замість тих, які більше підходять до виконання завдання [9], що може призвести до збоїв в циклі виявлення-ураження та привести до нераціональної витрати ресурсів.

Однак, основним чинником, який значно впливає на результат застосування РВС є те, що доволі часто можливості підсистем РВС (вогневого впливу, розвідки, управління) щодо виконання поставлених завдань не співпадають [10]. Тобто РВС не є збалансованою, що призводить до невиконання (або виконання не у повній мірі) поставлених завдань та перевитрат ресурсів. Причин незбалансованості є декілька.

По-перше, це неврахування стійкості функціонування зразків ОВТ при створенні РВС.

По-друге, складність врахування ступеня придатності ОВТ до виконання завдань (засобів вогневого ураження – до ураження тієї чи іншої цілі, засобів розвідки – до ведення розвідки (забезпечення розвідувальними даними засобів ВУП)).

По-третє, складність у здійсненні оптимального комплектування РВС у відповідності до визначених завдань, адже функції залежності завданого збитку і витрачених зусиль є нелінійними. До того ж ці функції залежать як від характеристик ОВТ, так і від характеристик цілі, яку спочатку необхідно виявити, а потім уразити. При тому всьому необхідно забезпечити врахування як імовірного виграшу – програшу при залученні до виконання завдань одних типів ОВТ, так і врахування імовірного виграшу – програшу при залученні до виконання завдань інших типів ОВТ.

Отже можна зробити висновки, що існуючі проблеми викликані недосконалістю науково-методичного апарату щодо здійснення комплектування РВС зразками ОВТ в залежності від ступеня досяжності виконання поставлених завдань з врахування стійкості функціонування самих зразків ОВТ.

Таким чином, у практиці застосування РВС виникла потреба у пошуку такого підходу до підбору зразків ОВТ, який дозволив би враховувати стійкість функціонування зразків озброєння при визначенні їх оптимальної кількості для досягнення заданого рівня виконання завдань. Тому дане дослідження є актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У дослідженні [11] розглядається напівдинамічний підхід до моделювання наземного бою на тактичному рівні. Підхід передбачає розбиття бою на етапи. На кожному етапі запропоновано використовувати три моделі: математичну модель програмування для оптимізації розподілу сил, імітаційну модель Ланчестера для прогнозування того, чи будуть досягнуті цілі етапу в рамках такого розподілу, і модель для визначення ефективності ОВТ від одного етапу до наступного. Взаємодія зазначених моделей одна з одною відбувається у в рамках системи підтримки прийняття рішень. Однак такий не враховує стійкість функціонування зразків ОВТ та не забезпечує визначення потреби зразків озброєння у відповідності до визначених завдань.

У роботі [12] розроблений алгоритм, який передбачає оцінювання ефективності застосування ОВТ на основі лінійної функції кількості кожного типу озброєння. Цей підхід базується на використанні підходів теорії рішень, зокрема визначення індексу ефективності озброєння/ваги (the weapon effectiveness index/weighted) (WEI/WUV). Однак суттєвим обмеженням цього підходу є необхідність суб'єктивного вибору числових коефіцієнтів для представлення різних типів озброєння, які представлені лінійними функціями.

Робота [13] присвячена вирішенню проблеми залучення ОВТ до виявлення та знищення цілей у системі протиракетної оборони. Цей підхід базується на декомпозиції нелінійної функції, методах лінеаризації та імітаційному підході. Такий підхід дозволяє дещо врахувати

особливості різних типів озброєння, однак не враховується ступінь досяжності мети при виконанні завдань.

Праця [14] присвячена розробленню методики оптимального розподілу ресурсів між споживачами. Сутність методики полягає у застосуванні методу нелінійного програмування, так званого методу двох функцій, для розподілу неоднорідних, за можливостями, ресурсів між неоднорідними, за потребами, споживачами. Однак в дослідженні розглядається прядок розподілу інформації між споживачами і взагалі не приділено уваги розподілу неоднорідних типів ОВТ.

У статті [15] запропоновано методичний підхід оцінки "бойових потенціалів" шляхом використання коефіцієнту "бойового потенціалу", який застосовується до певного зразка озброєння. Однак такий підхід не розглядає можливість об'єднання різнотипних зразків ОВТ в одну систему.

Дослідження [16] присвячено обґрунтуванню потреби у засобах ВУП та цілерозподілу при застосуванні РВС. Застосований у роботі підхід дозволяє врахувати нелінійність функцій, які описують різні типи засобів вогневого ураження та цілей. Разом з тим, у ньому не врахована стійкість функціонування ОВТ та не здійснено обґрунтування необхідної кількості засобів розвідки для функціонування РВС.

Загалом, у означених дослідженнях зроблено суттєвий внесок у здійснення розподілу зразків озброєння для ураження цілей. Однак у них не враховується стійкість функціонування зразків ОВТ. Також недостатньо приділено уваги розподілу засобів розвідки виходячи із можливостей засобів ВУП. Зазначене може привести до не стійкого функціонування РВС та нерационального використання зразків ОВТ, тобто перевитрат ресурсів.

Таким чином, необхідність проведення дослідження зазначених питань обумовлена потребою врахування оптимізації витрат на досягнення встановленого рівня функціональних завдань.

Мета статті є розроблення методики синтезу розвідувально-вогневих систем при їх застосуванні з урахуванням стійкості функціонування елементів, що можуть включатися до їх складу. Це дасть можливість приймати обґрунтовані рішення щодо оптимального комплектування РВС враховуючи обстановку, що склалась на даний момент; наявні засоби розвідки, вогневого ураження та управління, що забезпечить виконання бойових завдань із залученням мінімальної кількості необхідних ресурсів.

Виклад основного матеріалу. Зважаючи на умови функціонування та прийняті обмеження необхідно зауважити, що необхідно здійснити розподіл неоднорідних ресурсів між неоднорідними споживачами. Найбільш простими та точними методами, що дозволяють здійснити такий розподіл, є методи нелінійного програмування [17]. Одним із методів, що дозволяє здійснити розподіл з врахуванням неоднорідності ресурсів та споживачів, є метод двох функцій [16, 18–21].

Також зазначений метод дозволяє максимально вигідно створити РВС із наявних сил і засобів враховуючи їх стійкість функціонування із мінімально необхідним їх залученням враховуючи заданий ступень ураження противника.

Порядок комплексування РВС, враховуючи наявні сили і засоби, буде складатись із двох етапів. Перший етап полягає у здійсненні цілерозподілу між наявними засобами вогневого ураження, а другий етап у визначенні типу та кількості засобів розвідки відповідно до потреб засобів вогневого ураження.

Сутність методу полягає в знаходженні матриці призначень $\|\mu^0\|$, (де μ – індикатор призначення певного типу ресурсу за певним споживачем) і передбачає проведення зазначеної процедури двічі. На першому етапі необхідно буде розподілити засоби вогневого ураження (ресурси) між цілями (споживачі). На другому етапі слід розподілити засоби розвідки (ресурси) у відповідності до потреб засобів вогневого ураження (споживачі). Знаходження $\|\mu^0\|$ дозволяє встановити максимальне значення функції придатності певного типу ресурсів забезпечувати потреби певних споживачів (G) [16-21].

$$G = \sum_{m=1}^N B_m \left(1 - \prod_{g=1}^K (1 - P_{gm}) \right), \quad (1)$$

де m – індикатор номера споживача;

N – кількість споживачів;

B_m – коефіцієнт важливості певного споживача;

g – індикатор номера ресурсу певного типу;

N – кількість типів ресурсів;

P_{gm} – імовірність забезпечення потреби споживачів.

З огляду на те, що дослідження проводиться відносно РВС можливо припустити, що імовірність забезпечення потреб споживачів (P) є ніщо інше, як імовірність виконання завдань (імовірність ураження цілі, імовірність виконання завдань з розвідки цілі та ін.)

Також необхідно зауважити, що досліджуючи розподілення неоднорідних ресурсів між неоднорідними споживачами з точки зору створення РВС, доцільно враховувати умови, в яких буде відбуватись процес функціонування зазначеної системи. Зважаючи на те, що РВС комплектуються зразками ОВТ (елементами), можливо стверджувати, що на якість виконання поставлених завдань буде впливати технічний стан елемента. Разом з тим, виходячи з призначення РВС [22], свої завдання елементи РВС будуть виконувати у ході військової (бойової) операції, що в свою чергу передбачає функціонування в умовах вогневого впливу противника. Тобто, здатність елементів РВС виконувати визначені завдання, крім технічного стану буде залежати і від відмов елементів, які будуть виникати внаслідок вдалого вогневого впливу противника. Показником, який забезпечує врахування відмов елемента, що виникають внаслідок технічних несправностей та вогневого впливу противника, є імовірність безвідмовного функціонування зразка ОВТ (елемента) (P_g^e) [23]:

$$P_g^e = 1 - e^{-(\lambda_d + \lambda_s)t} \quad (2)$$

де λ_d – інтенсивність потоку відмов елемента, які виникають внаслідок технічних несправностей;

λ_s – інтенсивність потоку відмов елемента, які будуть виникати внаслідок вдалого вогневого впливу противника;

t – час функціонування елемента.

Враховуючи все вище зазначене, визначення імовірності забезпечення потреби споживачів (P) під час функціонування РВС буде здійснюватись у відповідності до виразу:

$$P_{gm} = P_{gm}^v P_g^e, \quad (3)$$

де P_{gm}^v – імовірність виконання завдань елементом РВС.

Порядок визначення імовірності виконання завдань тим чи іншим зразком озброєння в артилерії (P_v) є загальновідомим і викладений у [24].

При умовах, коли на одному кроці проводиться закріплення одного типу ресурсів за одним споживачем, то індикатор призначення набуває значень від 1 до K .

$$\sum_{m=1}^N \mu_{gm} = 1, \quad g = 1 \dots K.$$

За таких умов: складові матриці призначення набувають значень 1 або 0, імовірність не забезпечення потреби споживачів лежить у межах від 0 до 1, коефіцієнт важливості цілі більше 0.

$$\left. \begin{array}{l} \mu_{gm} \in \{1, 0\}, \\ 1 \geq (M_{gm} = 1 - P_{gm}) \geq 0, \\ B_m > 0. \end{array} \right\} \begin{array}{l} g = 1 \dots K, \\ m = 1 \dots N. \end{array}$$

Особливістю застосування методу двох функцій при розробленні методики синтезу РВС є те, що показники, які описують виконання завдань певним елементом, характеризуються своєю імовірністю виконання завдань, яка враховує імовірність безвідмовного функціонування цього елемента, заданою в матриці $\|P_{gm}\|_{KN}$ [18-21]. Отже, рішення про закріплення певного типу ресурсів повинно бути прийняте до виконання відносно кожного споживача. З цією метою, кожному типу ресурсу присвоюється номер g ($g=1\dots K$), а подія щодо призначення певного типу ресурсів для забезпечення потреб m -ного споживача фіксується за допомогою індикатора $\mu_{gm}=1$, ($\mu_{gm}=0$) – в іншому випадку). За таких умов матриця призначень буде включати в себе відомості про залучення певного типу ресурсів для забезпечення потреб певного споживача.

Розглянутий підхід щодо закріплення певного типу ресурсів за певним споживачем є класичним методом двох функцій [18–21] і дозволяє розподілити означену кількість ресурсів між споживачами. Разом з тим, застосування даного методу є проблематичним щодо визначення потреби кількості ресурсів для виконання поставленого завдання. Тому для забезпечення можливості визначати потребу у необхідній кількості ресурсів для забезпечення заданого ступеню досягнення мети, в даному випадку пропонується використовувати замість вагових коефіцієнтів їх нормовані частки, як це викладено у [16,19].

Розробка алгоритму обґрунтування потреби у зразках озброєння при створенні і застосуванні РВС з врахуванням стійкості функціонування елементів, що будуть входити до складу такої системи.

Вхідними даними для цього алгоритму є кількість та характер цілей, кількість типів елементів (засобу ВУП і засоби розвідки) та кількість елементів за типами, встановлений рівень значення цільової функції (ступінь ураження цілей, ступінь викриття об'єктів противника).

Створення алгоритму обґрунтування комплексування РВС пропонується виконувати за двома етапами (блоками) :

- обґрунтування потреби у засобах вогневого ураження для ураження визначеної кількості цілей;

- обґрунтування потреби у засобах розвідки для забезпечення потреб засобів ВУП.

1. Обґрунтування потреби у засобах вогневого ураження для ураження визначеної кількості цілей.

Під час здійснення обґрунтування потреби у засобах вогневого ураження для ураження визначеної кількості цілей під поняттям "ресурси" слід розуміти типи засобів вогневого ураження, а під поняттям "споживачі"- цілі які необхідно уразити.

По-перше, визначається так звана "імовірність забезпечення потреби споживачів". В умовах нашого дослідження, на даному етапі це буде імовірність виконання завдань g -тим типом засобів вогневого ураження щодо ураження m -ної цілі (P_{gm}):

$$P_{gm} = P_{gm}^v P_g^e, \quad (4)$$

де P_{gm}^v – імовірність ураження m -ної цілі g -тим типом засобів вогневого ураження;

P_g^e – імовірність безвідмовного функціонування g -того типу засобів вогневого ураження;

Вихідні дані для здійснення цілерозподілу

Номер типу засобу вогневого ураження	Кількість засобів ВУП певного типу	Номер цілі		
		l	...	m
		"Вага" цілі		
		B_1	...	B_m
1	z_1	P_{11}	...	P_{1m}
...
g	z_g	P_{g1}	...	P_{gm}

По-друге, необхідно визначити нормовані частки коефіцієнтів важливості усієї сукупності цілей [18–21]:

$$L_m^{(i)} = \frac{B_m^{(i)}}{\sum_{m=1}^N B_m^{(i)}}, \quad (5)$$

де i – номер кроку обчислення;
 m – кількість цілей на певному кроці обчислень.

По-третє, проводиться визначення елементів поточної матриці значень виграшу при ураженні певного типу цілі певним типом засобів ВУП з урахуванням програшу при неуразенні інших цілей $\|\Omega_{gm}^{(i)}\|_{KN}$ [18–21]:

$$\Omega_{gt}^{(i)} = L_m^{i-1} P_{gm} - \sum_{m=1}^N \frac{L_m^{i-1} P_{gm}}{M_{gm}} a_m^{(i-1)}, \quad (6)$$

$$\text{де } a_m^{(0)} = \prod_{g=1}^K M_{gm}, m = 1 \dots N, g \in K^{(i)}, \quad (7)$$

$K^{(i)}$ – множина номерів типів засобів ВУП, невикористаних до i -го кроку обчислень;
 g – кількість типів засобів вогневого ураження на певному кроці обчислень.

По-четверте, проводиться закріплення засобу вогневого ураження певного типу за певною ціллю ($\mu_{gm}^{(i)} = 1$) відповідно до умови $\Omega_{gm}^{(i)} = \max_{g,m} \Omega_{gm}, g \in K^{(i)}$

По-п'яте, здійснюються обчислення поточного значення цільової функції [18–21]:

$$G^{(i)} = G^{(i-1)} + \max_{g,m} \Omega_{gm}^{(i)}, \quad (8)$$

де $G^{(0)} = 0$

Під час виконання наступної дії проводиться перевірка умови досягнення рівня значення цільової функції встановленому рівню $G^{(i)} \geq G_{set\ level}^{(i-1)}$.

У подальшому проводиться обчислення нових значень нормованих часток коефіцієнтів важливості $B^{(i)}$ та добутку імовірностей не ураження цілі $a_m^{(i)}$ [18–21]:

$$B_m^{(i)} = \begin{cases} B_m^{(i-1)}, & \text{якщо } \mu_{gm}^{(i)} \neq 1, \\ B_m^{(i-1)} M_{gm}^i, & \text{якщо } \mu_{gm}^{(i)} = 1 \end{cases}, \quad (9)$$

$$a_m^{(i)} = \frac{a_m^{(i-1)}}{M_{gm}^{(i)}}. \quad (10)$$

Реалізація методу двох функцій для здійснення оптимального розподілу засобів вогневого ураження між цілями наведено в табл.2.

Таблиця 2

Оптимальний варіант розподілу засобів вогневого ураження між цілями

Номер кроку	Номер типу засобів ВУП	Кількість засобів ВУП певного типу	Номер цілі			Максимальне значення функції за кожен засіб ВУП	Закріплений засіб ВУП за ціллю	Максимальне значення цільової функції
			l	...	m			
			"Вага" цілі					
			$B_1^{(0)}$	...	$B_m^{(0)}$		
			Нормована частка "ваги" цілі					
$L_1^{(0)}$	...	$L_m^{(0)}$					
1	1	$z_1^{(1)}$	$\Omega_{11}^{(1)}$...	$\Omega_{1m}^{(1)}$	$\max_{1,m} \Omega_{1m}^{(1)}$	$\mu_{gm}^{(1)}$	$\max \Omega_{gm}^{(1)}$
		
	g	$z_g^{(1)}$	$\Omega_{g1}^{(1)}$	...	$\Omega_{gm}^{(1)}$	$\max_{g,m} \Omega_{gm}^{(1)}$	
	$L_m^{(1)}$		Нормована частка "ваги" цілі на l -му кроці обчислень			Поточне значення цільової функції		
		$L_1^{(1)}$	...	$L_m^{(1)}$	$G^{(1)} = \max \Omega_{gm}^{(1)}$		
....		
i	1	$z_1^{(i)}$	$\Omega_{11}^{(i)}$...	$\Omega_{1m}^{(i)}$	$\max_{1,m} \Omega_{1m}^{(i)}$	$\mu_{gm}^{(i)}$	$\max \Omega_{gm}^{(i)}$
		
	g	$z_g^{(i)}$	$\Omega_{g1}^{(i)}$	...	$\Omega_{gm}^{(i)}$	$\max_{g,m} \Omega_{gm}^{(i)}$	
	$L_m^{(i)}$		Нормована частка "ваги" цілі на i -тому кроці обчислень			Поточне значення цільової функції		
		$L_1^{(i)}$	...	$L_m^{(i)}$	$G^{(i)} = G^{(i-1)} \max \Omega_{gm}^{(i)}$		

На підставі табличного рішення проводиться визначення матриці призначень

$\|\mu_{gm}\|_{KN}$ варіант якої наведено в табл. 3.

Матриця призначень певного засобу вогневого ураження за певною ціллю

Номер типу засобу ВУП	Кількість засобів ВУП певного типу	Номер цілі		
		1	...	<i>m</i>
1	z_1	μ_{11}	...	μ_{1m}
...
<i>g</i>	z_g	μ_{g1}	...	μ_{gm}

2. Обґрунтування потреби у засобах розвідки для забезпечення потреб засобів ВУП.

Під час здійснення обґрунтування потреби у засобах розвідки для забезпечення потреб засобів ВУП під поняттям "ресурси" слід розуміти типи засобів розвідки, а під поняттям "споживачі"- типи засобів ВУП.

По-перше, визначається імовірність виконання завдань *r*-тим типом засобів розвідки щодо забезпечення потреб *g*-того типу засобів ВУП (P_{rg}):

$$P_{rg} = P_{rg}^v P_r^e, \quad (11)$$

де P_{rg}^v – імовірність виконання *r*-тим типом засобів розвідки завдань з ведення розвідки в інтересах *g*-того типу засобів вогневого ураження;

P_r^e – імовірність безвідмовного функціонування *r*-того типу засобів розвідки;

По-друге, необхідно встановити "вагу" (пріоритет) певного типу засобів вогневого ураження (B_g). В межах даного дослідження пропонується "вагу" певного типу засобів вогневого ураження визначати у відповідності до "ваги" цілей, ураження яких покладено на цей тип засобів ВУП:

$$B_g = \sum_{m=1}^{N_g} B_{mg}, \quad (12)$$

де N_g – кількість цілей, що уражаються *g*-тим типом засобів вогневого ураження;

B_{mg} – коефіцієнт важливості цілі до ураження якої залучений *g*-тий тип засобів ВУП.

$$B_{mg} = \frac{B_m}{L_m} L_{mg}, \quad (13)$$

де L_{mg} – нормована частка *m*-ної цілі, яка припадає для ураження засобом *g*-того типу;

Результати проведених обчислень заносяться у табл.4.

Таблиця 4

Вихідні дані для здійснення розподілу засобів розвідки

Номер типу засобу розвідки	Кількість засобів розвідки певного типу	Номер типу засобу ВУП (кількість)		
		1	...	<i>g</i>
		"Вага" типу засобів ВУП		
		B_1	...	B_g
1	h_1	P_{11}	...	P_{1g}
...
<i>r</i>	h_g	P_{r1}	...	P_{rg}

По-третє, необхідно розрахувати величину нормованих часток коефіцієнтів важливості усієї сукупності типів засобів ВУП [18–21]:

$$L_g^{(i)} = \frac{B_g^{(i)}}{\sum_{g=1}^K B_g^{(i)}}, \quad (14)$$

де i – номер кроку обчислення;

g – кількість певного типів засобів ВУП на певному кроці обчислень.

По-четверте, проводиться визначення елементів поточної матриці значень виграшу при виконанні завдань з ведення розвідки в інтересах певного типу засобів ВУП певними типом засобів розвідки з урахуванням програшу при невиконанні завдань з розвідки в інтересах інших типів засобів ВУП $\|\Omega_{rg}^{(i)}\|_{RK}$ [18–21]:

$$\Omega_{rg}^{(i)} = L_g^{i-1} P_{rg} - \sum_{g=1}^K \frac{L_g^{i-1} P_{rg}}{M_{rg}} a_g^{(i-1)}, \quad (15)$$

де $a_g^{(0)} = \prod_{r=1}^R M_{rg}$, $g = 1 \dots K$, $r \in R^{(i)}$;

$R^{(i)}$ – множина номерів типів засобів розвідки, невикористаних до i -го кроку обчислень;

r – кількість типів засобів розвідки на певному кроці обчислень.

По-п'яте, проводиться закріплення засобу розвідки певного типу за певним типом засобів ВУП ($\mu_{rg}^{(i)} = 1$) відповідно до умови $\Omega_{rg}^{(i)} = \max_{r,g} \Omega_{rg}^{(i)}$,

По-шосте, здійснюються обчислення поточного значення цільової Функції [18–21]:

$$G^{(i)} = G^{(i-1)} + \max_{r,g} \Omega_{rg}^{(i)}, \quad (16)$$

де $G^{(0)} = 0$

Під час виконання наступної дії проводиться перевірка умови досягнення рівня значення цільової функції встановленому рівню $G^{(i)} \geq G_{set\ level}^{(i-1)}$.

У подальшому проводиться обчислення нових значень нормованих часток коефіцієнтів важливості $B^{(i)}$ типів засобів ВУП та добутку імовірностей невиконання завдань з розвідки в інтересах інших типів засобів ВУП $a_g^{(i)}$ [18–21]:

$$B_g^{(i)} = \begin{cases} B_g^{(i-1)}, & \text{якщо } \mu_{rg}^{(i)} \neq 1, \\ B_g^{(i-1)} M_{rg}^i, & \text{якщо } \mu_{rg}^{(i)} = 1 \end{cases}, \quad (17)$$

$$a_g^{(i)} = \frac{a_g^{(i-1)}}{M_{rg}^{(i)}}. \quad (18)$$

Реалізація методу двох функцій для здійснення оптимального розподілу засобів розвідки між засобами ВУП наведено в табл.5.

Оптимальний варіант розподілу засобів розвідки між засобами ВУП

Номер кроку	Номер типу засобів розвідки	Кількість засобів розвідки певного типу	Номер типу засобів ВУП			Максимальне значення функції за кожен засіб розвідки	Закріплений засіб розвідки за засобом ВУП	Максимальне значення цільової функції
			l	...	g			
			"Вага" типу засобів ВУП					
			$B_1^{(0)}$	...	$B_g^{(0)}$		
			Нормована частка "ваги" типу засобів ВУП					
$L_1^{(0)}$	...	$L_g^{(0)}$					
1	1	$h_1^{(1)}$	$\Omega_{11}^{(1)}$...	$\Omega_{1g}^{(1)}$	$\max_{1,g} \Omega_{1g}^{(1)}$	$\mu_{rg}^{(1)}$	$\max \Omega_{rg}^{(1)}$
		
	r	$h_r^{(1)}$	$\Omega_{r1}^{(1)}$	...	$\Omega_{rg}^{(1)}$	$\max_{r,g} \Omega_{rg}^{(1)}$	
	$L_g^{(1)}$		Нормована частка "ваги" цілі на l -му кроці обчислень			Поточне значення цільової функції		
		$L_1^{(1)}$	...	$L_g^{(1)}$	$G^{(1)} = \max \Omega_{rg}^{(1)}$		
....		
i	1	$h_1^{(i)}$	$\Omega_{11}^{(i)}$...	$\Omega_{1g}^{(i)}$	$\max_{1,g} \Omega_{1g}^{(i)}$	$\mu_{rg}^{(i)}$	$\max \Omega_{rg}^{(i)}$
		
	r	$h_r^{(i)}$	$\Omega_{r1}^{(i)}$	...	$\Omega_{rg}^{(i)}$	$\max_{r,g} \Omega_{rg}^{(i)}$	
	$L_g^{(i)}$		Нормована частка "ваги" цілі на i -тому кроці обчислень			Поточне значення цільової функції		
		$L_1^{(i)}$	...	$L_g^{(i)}$	$G^{(i)} = G^{(i-1)} \max \Omega_{rg}^{(i)}$		

На підставі табличного рішення проводиться визначення матриці призначень

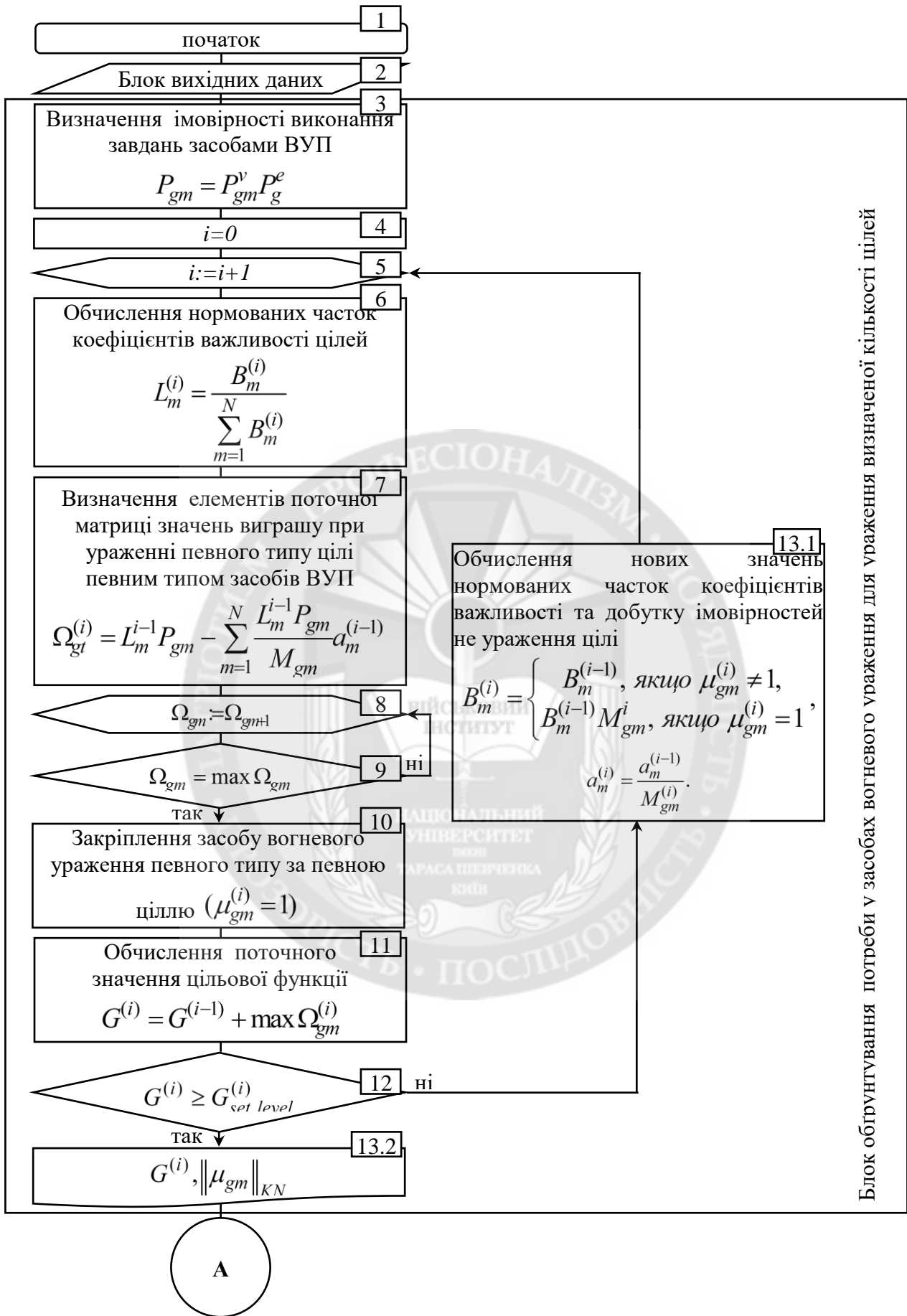
$\|\mu_{rg}\|_{RK}$, варіант якої наведено в табл. 6.

Таблиця 6

Матриця призначень певного засобу розвідки за певним засобом ВУП

Номер типу засобів розвідки	Кількість засобів розвідки певного типу	Номер типу засобів ВУП		
		1	...	g
1	h_1	μ_{11}	...	μ_{1g}
...
r	h_r	μ_{r1}	...	μ_{rg}

Загальний вигляд блок схеми алгоритму обґрунтування потреби у зразках озброєння при створенні РВС який дозволяє врахувати стійкість функціонування елементів, що будуть входити до складу такої системи представлений на рис.1.



Блок обґрунтування потреби у засобах вогневого ураження для ураження визначеної кількості цілей

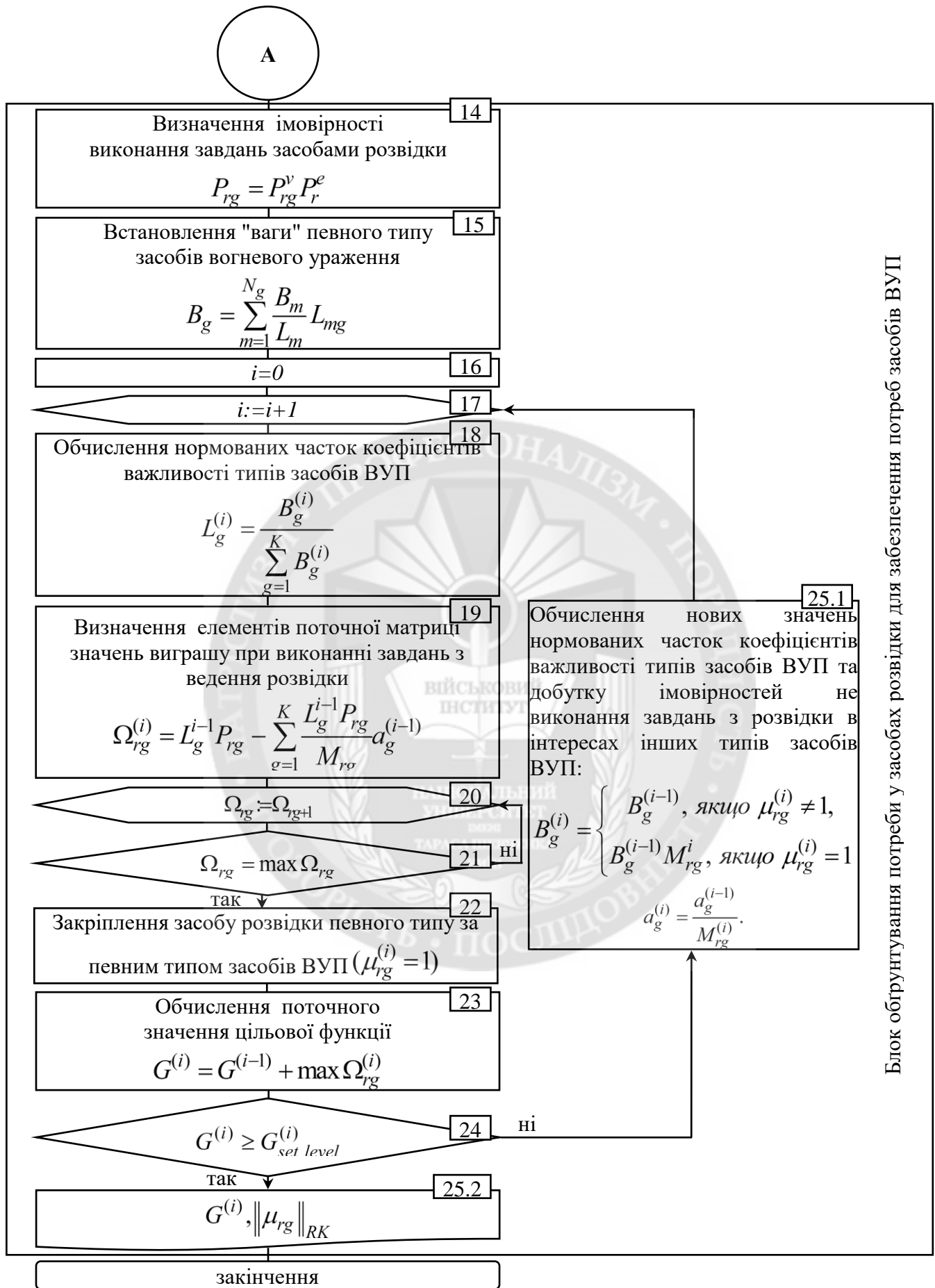


Рисунок 1- Загальний вигляд блок-схеми алгоритму обґрунтування потреби у зразках озброєння при створенні розвідувально-вогневої системи

Таким чином, запропоновано алгоритм обґрунтування потреби у зразках озброєння при створенні РВС (рис. 1), який дозволяє врахувати стійкість функціонування зразків ОВТ (2). Зазначений алгоритм складається з двох блоків та базується на застосуванні методу нелінійного програмування, зокрема методу двох функцій (табл.1-6), як під час вирішення завдань першого блоку, так і під час вирішення завдань другого блоку.

Зокрема застосування цього методу в алгоритмі дозволяє врахувати нелінійність функцій, що описують як цілі, так і різнотипні зразки озброєння різного призначення. Разом з тим, цей алгоритм дозволяє одночасно врахувати як можливий виграш при закріпленні певного типу засобу ВУП за ціллю та при закріпленні певних типів засобів розвідки за типами засобів ВУП, так і програш, якщо закріплення ресурсів здійснюється за іншими споживачами. Особливістю цього алгоритму є визначення "ваги" певного типу засобів ВУП в залежності від нормованої частки цілі, до ураження якої вони залучені (12). Використання нормованих часток від "ваги" чи то цілі на першому етапі (5), чи то типу засобів ВУП на другому етапі (14), дає можливість визначити ступінь досяжності мети при виконанні поставлених завдань.

Запропонований алгоритм є відносно простим у практичному використанні. Також, його перевагою є можливість враховувати стійкість функціонування зразків ОВТ та встановлений рівень значення цільової функції ($G_{set\ level}^{(i)}$) (блоки 12, 24 рис.1).

Разом з тим необхідно зауважити, що:

по-перше, в цьому дослідженні величини імовірностей (імовірність безвідмовного функціонування елементів РВС (P_g^e), імовірність ураження цілей елементами підсистеми ВУП (P_{gm}^v), імовірність виконання завдань з розвідки елементами підсистеми розвідки (P_{rg}^v)) залежать від певних умов, які потребують постійного уточнення;

по-друге даний алгоритм можливо застосовувати тільки на етапі планування військової операції (бойових дій).

Висновки. Отже, запропоновано методику синтезу РВС, яка дозволяє обґрунтувати потребу у зразках ОВТ враховуючи їх стійкість функціонування при створенні таких систем. Методика включає в себе два етапи. На першому етапі проводиться визначення приросту цільової функції (ефективності ВУП) та на його підставі визначення потреби у кількості засобів ВУП за типами відповідно до кількості та характеру цілей. На другому етапі проводиться визначення приросту цільової функції (ефективності виконання завдань з розвідки) та на його підставі формування необхідної кількості засобів розвідки для забезпечення потреб (можливостей) засобів ВУП. Застосування методу двох функцій у розглянутій методиці забезпечує врахування нелінійності функцій, що описують як різні типи цілей, так і різноманітні типи зразків озброєння. Разом з тим, особливістю методу двох функцій, що застосовується є те, що у якості вагових коефіцієнтів використовуються нормовані частки, ваги кожної цілі на першому етапі та ваги типу засобів ВУП на другому етапі. Також до особливостей слід віднести порядок розрахунку "ваги" певного типу засобів ВУП, яка визначається у відповідності до "ваги" цілей, які вони уражають. Це дозволяє визначати кількість ОВТ, що необхідно залучити до складу РВС, з урахуванням встановленого рівня досягнення поставленої мети створення РВС. Такий підхід дозволяє запобігти перевитраті ресурсів, тобто забезпечить комплектування РВС оптимальною (мінімально необхідною) кількістю ОВТ для виконання поставленого завдання враховуючи їх здатність до функціонування.

Зазначена методика може використовуватись штабами тактичного, оперативно-тактичного та стратегічного рівнів і застосовуватись на етапі планування військової операції (бойових дій). Вона дозволяє працювати з наявними та перспективними зразками ОВТ і забезпечує визначення їх потреби при створенні нових РВС та визначення ступеня виконання поставлених завдань, враховуючи наявні сили і засоби.

Враховуючи те, що використання запропонованої методики обмежено етапом планування бойового застосування РВС, то перспективним напрямком є проведення досліджень щодо застосування зазначеної методики безпосередньо під час ведення бойових дій використовуючи підходи динамічного програмування.

ЛІТЕРАТУРА:

1. John Gordon IV, Igor Mikolic-Torreira, D. Sean Barnett, Katharina Ley Best, Scott Boston, Dan Madden, Danielle C. Tarraf, Jordan Willcox. [Електроний ресурс] *Army Fires Capabilities for 2025 and Beyond*. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2019. 248 p. Режим доступу: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2124.html
2. Закордонні експерти про війну в Україні та її перспективи. [Електроний ресурс]. Режим доступу: <https://armyinform.com.ua/2022/08/10/zakordonni-eksperty-pro-vijnu-v-ukrayini-ta-yiyi-perspektivu/>.
3. Вогневий вал: як побороти російську артилерію. [Електроний ресурс]. Режим доступу: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-61952663>.
4. Daniel Jernigan. Closing the FIRES Gap; C.R.O.P.: A Baltic Fires Proposal. [Електроний ресурс] *Field artillery journal* 2021. Issue 4. Режим доступу: <https://www.fieldartillery.org/news/closing-the-fires-gap-crop-a-baltic-fires-proposal>.
5. Lingamfelter, L..Desert Redleg: Artillery Warfare in the First Gulf War. [Електроний ресурс] Lexington, Kentucky: University Press of Kentucky. 2020. 344 p. Режим доступу: <http://doi:10.2307/j.ctvx0786x>.
6. Harris C., Kagan, F. Russia's military posture: ground forces order of battle. [Електроний ресурс] *Institute for the Study of War*, 2018. 53 p. Режим доступу : <https://www.jstor.org/stable/resrep17469>
7. Perry, W. L., Darilek, R. E., Rohn, L. L., Sollinger, J. M. (Eds.). Operation IRAQI FREEDOM: Decisive War, Elusive Peace. [Електроний ресурс]. Rand Corporation, 2015. pp. 31–56.Режим доступу: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR1200/RR1214/RAND_RR1214.pdf .
8. Bensahel, N., Olikier, O., Crane, K., Brennan, R., Gregg, H., Sullivan, T., Rathmell, A. Chapter Two. Military Planning Efforts. After Saddam: Prewar Planning and the Occupation of Iraq. [Електроний ресурс]. RAND Corporation 2008. pp. 5–20. Режим доступу: https://www.jstor.org/stable/10.7249/mg642a.10?seq=1#metadata_info_tab_contents
9. Maistrenko, O., Ryzhov, Y., Khaustov, D., Tsubulia, S., Nastishin, Y.. Decision-Making Model for Task Execution by a Military Unit in Terms of Queuing Theory. [Електроний ресурс] *Military Operations Research*, 2021. №26 (1), pp.59–69. Режим доступу: <https://doi.org/10.5711/1082598326159>.
10. Maistrenko, O., Khoma, V., Karavanov, O., Stetsiv, S., Shcherba, A.. Devising a procedure for justifying the choice of reconnaissance-firing systems. [Електроний ресурс]. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2021. № 1 (3 (109)), pp. 60–71. Режим доступу: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224324>
11. Ozdemirel, N. E., Kandiller, L.. Semi-dynamic modelling of heterogeneous land combat. [Електроний ресурс]. *Journal of the Operational Research Society*, 2006. № 57(1), pp. 38–51. Режим доступу: <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601940>.
12. Ben-Haim, Y. WEI/WUV for Assessing Force Effectiveness: Managing Uncertainty with Info-Gap Theory. [Електроний ресурс]. *Military Operations Research*, 2018. № 23(4), pp. 37–50. Режим доступу: <https://www.jstor.org/stable/26553096>
13. Uhm, H. S., Lee, Y. H. A Heuristic Algorithm for Weapon Target Assignment and Scheduling. [Електроний ресурс]. *Military Operations Research*, 2019. № 24(4), pp.53–62. Режим доступу: <https://yonsei.pure.elsevier.com/en/publications/a-heuristic-algorithm-forweapon-target-assignment-and-scheduling>.

14. О.В.Майстренко, О.В.Лихольот, М.О.Кольченко. Застосування методу двох функцій для вирішення завдань бойового забезпечення ракетних військ і артилерії. [Електронний ресурс]. Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence, 2021. № 3(42), С. 5-16. Режим доступу: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2021-42-3-5-16>.

15. Шалигін, А., Нерубацький, В., Смик, С. Методичний підхід до оцінки бойових потенціалів безпілотних авіаційних комплексів, їх підрозділів і угруповань. [Електронний ресурс]. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 2021. № 2(43), С. 73–79. Режим доступу: <https://doi.org/10.30748/nitps.2021.43.10>.

16. Maistrenko, O., Khoma, V., Lykholot, O., Shcherba, A., Yakubovskiy, O., Stetsiv, S., Kornienko, A., Saveliev A. Devising a procedure for justifying the need for samples of weapons and weapon target assignment when using a reconnaissance firing system. . [Електронний ресурс]. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2021. № 5(3 (113)), pp. 65–74. Режим доступу: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.241616>.

17. Green, D. J., Moore, J. T., Borsi, J. J.. An Integer Solution Heuristic for the Arsenal Exchange Model (AEM). [Електронний ресурс]. Military Operations Research, 1997. № 3(2), pp. 5–15. Режим доступу: <https://doi.org/10.5711/morj.3.2.5>.

18. Ma, L., Wang, G.. A Solving Algorithm for Nonlinear Bilevel Programming Problems Based on Human Evolutionary Model. [Електронний ресурс]. Algorithms, 2020. №13 (10), 260 p. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/a13100260>.

19. Karavanov, O. One of decisions the weapon-target assignment (WTA) problem. [Електронний ресурс]. Débats Scientifiques Et Orientations Prospectives Du Développement Scientifique 2021. Vol. 2. Paris, pp. 87–90. Режим доступу: <https://doi.org/10.36074/logos-05.02.2021.v2.28>.

20. Open'ko, P., Mirnenko, V. I., Tyurin, V. V., Myroniuk, M. Y., Doska, O.M., Bulay, A. M. Calculation Method Modification of Spare Parts Quantity to Restore Operability of Weapon Systems. [Електронний ресурс]. Advances in Military Technology, 2021. №16 (1), pp.121–132. Режим доступу: <https://doi.org/10.3849/aimt.01479>

21. Основи моделювання бойових дій військ: підручник /А. В. Атрохов, І. Е. Вернер, В. І. Гавалко, В. І. Козаков. Київ: Вид. НАОУ, 2005. 484 с.

22. Майстренко О. В., Караванов О.А., Щерба А. А. Структурно-функціональний аналіз розвідувально-вогневої системи та декомпозиція її функцій та підсистем. *Військово-технічний збірник*. Львів 2021. №25 С.38-48. DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.25.2021.38-48>

23. Майстренко О. В., Караванов О.А., Лихольот О.В. Обґрунтування сукупності показників оцінювання стійкості функціонування розвідувально-вогневих систем. *Честь і закон*, Харків. 2022. №1(80) С.13-19. doi: <https://doi.org/10.3849/aimt.01479>

24. Використання теорії ймовірностей в артилерії: підручник / В. І. Макеев, Ю. І. Пушкарьов, М. М. Ляпа та ін. Суми: Вид.Сумський державний університет, 2019. 494 с.

REFERENCES:

1. John Gordon IV, Igor Mikolic-Torreira, D. Sean Barnett, Katharina Ley Best, Scott Boston, Dan Madden, Danielle C. Tarraf & Jordan Willcox. (2019), "*Army Fires Capabilities for 2025 and Beyond*". RAND Corporation. 248 p. www.rand.org/pubs/research_reports/RR2124.html (accessed 12 July 2022).

2. Закордонні експерти про війну в Україні та її перспективи. "Zakordonni eksperty pro viynu v Ukraini ta yiyi perspektyvy. " [Foreign experts on the war in Ukraine and its prospects.] armyinform.com.ua/2022/08/10/zakordonni-eksperty-pro-vijnu-v-ukrayini-ta-yiyi-perspektyvy/. (accessed 12 August 2022).

3. Вогневий вал: як побороти російську артилерію. "Vohnevyu val: yak poboroty rosiys'ku artyleriyu". [Fire shaft: how to defeat Russian artillery.] www.bbc.com/ukrainian/features-61952663. (accessed 01 August 2022).

4. Daniel Jernigan (2021) "Closing the FIRES Gap; C.R.O.P.: A Baltic Fires Proposal. " Field artillery journal. Issue 4. www.fieldartillery.org/news/closing-the-fires-gap-crop-a-baltic-fires-proposal (accessed 20 July 2022).
5. Lingamfelter, L.. (2020) *DesertRedleg: Artillery Warfare in the First Gulf War*. Lexington, Kentucky: University Press of Kentucky. 344 p. doi:10.2307/j.ctvx0786x (accessed 05 July 2022).
6. Harris C., Kagan, F. (2018) *Russia's military posture: ground forces order of battle*. Institute for the Study of War. 53 p. www.jstor.org/stable/resrep17469 (accessed 04 May 2022).
7. Perry, W. L., Darilek, R. E., Rohn, L. L., Sollinger, J. M. (Eds.). (2015). "Operation IRAQI FREEDOM: Decisive War, Elusive Peace." RAND Corporation. pp.31–56. www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR1200/RR1214/RAND_RR1214.pdf (accessed 23 May 2022).
8. Bensahel, N., Olikier, O., Crane, K., Brennan, R., Gregg, H., Sullivan, T., Rathmell, A. (2008). "Chapter Two. Military Planning Efforts. After Saddam: Prewar Planning and the Occupation of Iraq." RAND Corporation, pp.5–20. www.jstor.org/stable/10.7249/mg642a.10?seq=1#metadata_info_tab_contents (accessed 20 May 2022).
9. Maistrenko, O., Ryzhov, Y., Khaustov, D., Tsubulia, S., Nastishin, Y. (2021), "Decision-Making Model for Task Execution by a Military Unit in Terms of Queuing Theory." *Military Operations Research*, №26 (1), pp.59–69. doi.org/10.5711/1082598326159 (accessed 17 June 2022).
10. Maistrenko, O., Khoma, V., Karavanov, O., Stetsiv, S., Shcherba, A. (2021). "Devising a procedure for justifying the choice of reconnaissance-firing systems." *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, №1(3(109)), pp. 60–71. doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224324 (accessed 17 May 2022).
11. Ozdemirel, N. E., Kandiller, L. (2006). "Semi-dynamic modelling of heterogeneous land combat." *Journal of the Operational Research Society*, №57(1), pp.38–51. doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601940 (accessed 28 May 2022).
12. Ben-Haim, Y. (2018). "WEI/WUV for Assessing Force Effectiveness: Managing Uncertainty with Info-Gap Theory." *Military Operations Research*, №23(4), pp.37–50. www.jstor.org/stable/26553096 (accessed 17 June 2022).
13. Uhm, H. S., Lee, Y. H. (2019). "A Heuristic Algorithm for Weapon Target Assignment and Scheduling." *Military Operations Research*, №24(4), pp.53–62. yonsei.pure.elsevier.com/en/publications/a-heuristic-algorithm-for-weapon-target-assignment-and-scheduling (accessed 17 June 2022).
14. Maistrenko, O., Lykholot, O., Kolchenko, M. (2021). "Zastosuvannya metodu dvokh funktsiy dlya vyrishennya zavdan' boyovoho zabezpechennya raketnykh viys'k i artyleriyi". [Application of the method of two functions to solve the tasks of combat support of missile troops and artillery.] *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, № 3(42). doi.org/10.33099/2311-7249/2021-42-3-5-16. (accessed 09 July 2022).
15. Shalygin, A., Nerubatsky, V., Smyk, S. (2021). "Metodychnyy pidkhid do otsinky boyovykh potentsialiv bezpilotnykh aviatsiynykh kompleksiv, yikh pidrozdiliv i uhrupovan'." [A methodical approach to assessing the combat potential of unmanned aircraft systems, their units and groups.] *Science and technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine*, №2(43), pp.73–79. doi.org/10.30748/nitps.2021.43.10 (accessed 16 July 2022).
16. Maistrenko, O., Khoma, V., Lykholot, O., Shcherba, A., Yakubovskyi, O., Stetsiv, S., Kornienko, A., & Saveliev A. (2021). "Devising a procedure for justifying the need for samples of weapons and weapon target assignment when using a reconnaissance firing system." *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, №5(3 (113)), pp.65–74. doi.org/10.15587/1729-4061.2021.241616 (accessed 12 August 2022).
17. Green, D. J., Moore, J. T., Borsi, J. J. (1997). "An Integer Solution Heuristic for the Arsenal Exchange Model (AEM)." *Military Operations Research*, №3(2), pp.5–15. doi.org/10.5711/morj.3.2.5 (accessed 15 August 2022).

18. Ma, L., Wang, G. (2020). "A Solving Algorithm for Nonlinear Bilevel Programming Problems Based on Human Evolutionary Model." Algorithms, №13(10), 260 p. doi.org/10.3390/a13100260 (accessed 11 July 2022).

19. Karavanov, O (2021). "One of decisions the weapon-target assignment (WTA) problem." Débats Scientifiques Et Orientations Prospectives Du Développement Scientifique. Vol.2. pp.87–90. doi.org/10.36074/logos-05.02.2021.v2.28 (accessed 11 July 2022).

20. Open'ko, P., Mirnenko, V. I., Tyurin, V. V., Myroniuk, M. Y., Doska, O.M., Bulay, A. M. (2021). "Calculation Method Modification of Spare Parts Quantity to Restore Operability of Weapon Systems." Advances in Military Technology, №16 (1), pp.121–132. doi.org/10.3849/aimt.01479 (accessed 17 June 2022).

21. A. Atrokhov, I. Werner, V.Havalko & V. Kozakov. (2005). "Osnovy modelyuvannya boyovykh diy viys'k." [Basics of modeling military operations.] NAOU, Kyiv, 484 p.

22. Maistrenko O. V., Karavanov O. A.& Shcherba A. A. (2021) "Strukturno-funktsional'nyy analiz rozvidual'no-vohnevoyi systemy ta dekompozytsiya yiyi funktsiy ta pidsystem". [Structural and functional analysis of the reconnaissance fire system and decomposition of its functions and subsystems.] Military and technical collection, No. 25 pp.38-48 doi.org/10.33577/2312-4458.25.2021.38-48.

23. Maistrenko O. V., Karavanov O. A. & Lykholyot O. V. (2022), "Obgruntuvannya sukupnosti pokaznykiv otsynuyannya stiykosti funktsionuvannya rozvidual'no-vohnevykh system." [Justification of the set of indicators for assessing the stability of the functioning of reconnaissance and fire systems.] Honor and Law, No.1(80) pp/13-19 doi.org/10.3849/aimt.01479.

24. Makeev V. I., Pushkarev Yu. I., Lyapa M. M, and others (2019) "Vykorystannya teorii ymovirnostey v artyleriyi: pidruchnyk." [The use of probability theory in artillery]. Sumy State University, Sumy, 494 p.

Karavanov O. A.

METHODS OF SYNTHESIS OF RECONNAISSANCE AND FIRE SYSTEMS

The article proposes an algorithm for the synthesis of reconnaissance and fire systems. Which allows you to justify the need for weapons samples for the completion of subsystems of fire damage and reconnaissance of the specified systems. The essence of the algorithm is to organize the stages of determining the need for weapons samples to ensure the effective functioning of reconnaissance and fire systems. The advantage of the algorithm is that it allows you to take into account the stability of functioning and the capabilities of each type of weapon based on the tasks that rely on the reconnaissance and fire system. This ensures the optimal distribution of weapons and prevents overspending of resources. At the same time, the algorithm is universal and ensures work with all types of means of fire damage and reconnaissance that are in service in the missile forces and artillery of the Armed Forces of Ukraine, taking into account those that are being modernized or developed, as well as those that come as aid from Western countries - partners. In addition to the fact that the proposed algorithm determines the need for weapons when creating new reconnaissance and fire systems, taking into account the given degree of task performance, it also allows determining the degree of performance of assigned tasks, taking into account the available forces and means.

The algorithm is based on an improved method of nonlinear programming (two functions), which allows you to take into account both the heterogeneity of types of weapons and military equipment, and the heterogeneity of targets. The improvement consists in determining the "weight" of the types of fire weapons depending on the "weight" of the targets to be hit they are involved. And in the future, normalized fractions of this "weight" are used as weighting coefficients. This makes it possible to justify the need for weapons samples taking into account the given level of performance of the assigned tasks. The defined algorithm allows taking into account the nonlinearity of the functions that describe different types of weapons and targets.

Keywords: intelligence-fire system, weapons and military equipment, stability of operation, method of two functions.