

Методика визначення потреби в оснащенні безпілотними системами збройних сил

The methodology for determining the need to equip the armed forces with unmanned systems

Володимир Дачковський^A

*Corresponding author: к.тех.н., доцент, професор кафедри, e-mail: 1903vova@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1480-5021

Ігор Овчаренко^A

к.в.н., доцент, професор кафедри, e-mail: i-v-o@ukr.net, ORCID: 0000-0001-9066-0800

Олександр Ярошенко^A

старший викладач кафедри, e-mail: kss2014@ukr.net, ORCID: 0000-0001-9497-2262

Volodymyr Dachkovskiy^A

*Corresponding author: Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department, e-mail: 1903vova@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1480-5021

Ihor Ovcharenko^A

Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Professor of the Department, e-mail: i-v-o@ukr.net, ORCID: 0000-0001-9066-0800

Oleksandr Yaroshenko^A

Senior Teacher of the Department, e-mail: kss2014@ukr.net, ORCID: 0000-0001-9497-2262

^A Національний університет оборони України, м. Київ, Україна

^A National Defense University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Received: June 7, 2023 | Revised: June 26, 2023 | Accepted: June 30, 2023

DOI: 10.33445/sds.2023.13.3.5

Мета роботи: розробити методику визначення потреби в оснащенні збройних сил безпілотними системами для виконання завдань на суші, у повітрі та на морі.

Метод дослідження: аналітичний метод, математичне моделювання.

Результати дослідження: у статті розроблена методика визначення потреби у безпілотних системах, які застосовуватимуться на суші, у повітрі та на морі, методика дає можливість визначити потребу у безпілотних системах для ведення розвідки, нанесення уражень об'єктам супротивника та для логістичного забезпечення і підтримки військ (сил) з урахуванням обсягу завдань, які покладаються на відповідні рівні військової ієрархії.

Теоретична цінність дослідження: аналітичний метод надав можливість визначити ефективність застосування безпілотних систем, а метод математичного моделювання який розглядається, як джерело інформації про процес в якому методи теорії ймовірності є основним засобом обробки результатів математичної моделі із визначення потреби у безпілотних системах.

Практична цінність дослідження: розроблена методика визначення потреби у безпілотних системах дає можливість визначити потребу у безпілотних системах для своєчасного забезпечення відповідних підрозділів (військових частин).

Цінність дослідження: цінність дослідження полягає у визначенні потреби у безпілотних системах, що надасть можливість на оперативному рівні управління своєчасно забезпечувати тактичний рівень управління а на стратегічному своєчасно планувати закупівлю відповідних систем для їх поповнення на оперативному рівні.

Обмеження дослідження: обмеження дослідження полягає у тому, що не враховується модель проектування організаційно-штатної структура підрозділів безпілотних систем.

Тип статті: науково-теоретична.

Purpose: to develop a methodology for determining the need to equip the armed forces with unmanned systems to perform tasks on land, in the air and at sea.

Method: analytical method, mathematical modeling.

Findings: the article develops a methodology for determining the need for unmanned systems to be used on land, in the air, and at sea, the methodology makes it possible to determine the need for unmanned systems for reconnaissance, striking enemy targets, and for logistics and support of troops (forces), taking into account the scope of tasks assigned to the relevant levels of the military hierarchy.

Theoretical implications: the analytical method made it possible to determine the effectiveness of the use of unmanned systems, and the method of mathematical modeling is considered as a source of information about the process in which the methods of probability theory are the main means of processing the results of a mathematical model to determine the need for unmanned systems.

Practical implications: the developed methodology for determining the need for unmanned systems makes it possible to determine the need for unmanned systems for the timely provision of relevant units (military units).

Originality/Value: of the study: the value of the study is to determine the need for unmanned systems, which will allow the operational level of management to provide a timely tactical level of management and the strategic level to plan timely procurement of relevant systems to replenish them at the operational level.

Research limitations/Future research: the limitation of the study is that the model of designing the organizational and staffing structure of unmanned systems units is not taken into account.

Paper type: scientific and theoretical.

Ключові слова: методика, безпілотні системи, математичне моделювання, логістика.

Key words: methodology, unmanned systems, mathematical modeling, logistics.

1. Вступ

Науково-технічний прогрес за останнє десятиліття призвів до значного прориву в питаннях

використання безпілотних систем та високоточного озброєння. Вже на сьогоднішній день майже повністю стерта межа між безпілотними системами і високоточною зброєю на основі використання технічного зору і управління засобами ураження штучним інтелектом.

Стан розроблення безпілотних систем провідних країн світу свідчить, що даним питанням приділяється значна увага із залученням великих фінансових ресурсів. Концепції розвитку безпілотних систем провідних країн світу вказують на те, що основна увага спрямована як на створення систем, які будуть виконувати функцію забезпечення, тобто підвезення матеріально-технічних засобів (МТЗ), виконання завдань інженерного забезпечення тощо, так і на бойові безпілотні системи, які застосовуються в ході бойових дій, для ураження озброєння та військової техніки (ОВТ), пунктів управління (ПУ), особового складу, об'єктів критичної інфраструктури, тощо [1-2].

Отже, безпілотні системи є важливою складовою сучасних війн. За таких умов виникає потреба із забезпечення військ (сил) відповідними безпілотними системами.

Актуальність піднятого проблемного питання підтверджується досвідом відбиття збройної агресії російської федерації проти України та досвідом виконання бойових завдань в операції Об'єднаних сил (ООС) [3-6].

2. Теоретичні основи дослідження

Аналіз війн та збройних конфліктів XXI століття не одноразово підтверджував ефективність застосування безпілотних систем різного призначення на суші, морі та у повітрі. Дані системи використовуються російською федерацією у Сирії та інших збройних конфліктах XXI ст.

Найбільш наочно свідчить аналіз застосування безпілотних систем російською федерацією у розв'язаній війні проти України. Ще з 2014 року російська федерація постачала безпілотні системи терористичним угрупованням луганська народна республіка (ЛНР) та донецька народна республіка (ДНР) для їх апробації та перевірки у реальних бойових діях. А з початком повномасштабної війни з 24 лютого 2022 року російська федерація для терору мирного населення України та для завдання збитків економіці України розпочала використовувати закуплені іранські дрони-камікадзе Shahed-136 (Герань-2) [7].

Безпілотні системи, які розробляються в провідних країнах світу та в Україні в загальному вигляді класифікуються за різними ознаками а саме, за ступенем автоматизації, типом управління, ступенем функціональності тощо [8]. Також безпілотні системи класифікують за масо-габаритними показниками тобто надлегкі, легкі, середні, важкі, надважкі [9].

Аналіз відбиття збройної агресії російської федерації проти України вказує на те, що для виконання завдань, які постають перед Збройними Силами України в тому числі, для збереження життя особового складу широко застосовуються різноміснні безпілотні системи.

Дані безпілотні системи застосовуються для ведення розвідки, ураження особового складу, ОВТ, ураження об'єктів військової та цивільної інфраструктури (склади з ракетами та боєприпасами (РіБ), склади з паливно-мастильними матеріалами (ПММ), мостові переправи, тощо), ураження морських суден та ураження повітряних суден (об'єктів), підвезення матеріально-технічних засобів (МТЗ), тощо.

Другим напрямком застосування безпілотних систем є: ліквідація нештатних ситуацій з небезпечними у використанні боєприпасами, знешкодження вибухонебезпечних предметів, ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на потенційно небезпечних об'єктах, проведення аварійно-відновлювальних робіт, евакуація з поля бою особового складу і техніки під вогнем противника, інженерна розвідка, мінування і розмінування місцевості і об'єктів, забезпечення подолання районів загороджень та руйнувань, доставка боєприпасів і ПММ в зону ведення бойових дій та військовим

підрозділам, які виконують завдання на захопленій противником території, патрулювання, охорона і оборона районів та важливих об'єктів, районів дислокації військових частин та гідротехнічних споруд.

Третім напрямком є застосування безпілотних систем для постановки перешкод, створення середовища, яке унеможливить застосування бойових або собі подібних безпілотних систем.

3. Постановка проблеми

Дослідженню питань розвитку, застосування безпілотних систем, присвячена ціла низка робіт, зокрема в роботі [10] на основі аналізу тактико-технічних характеристик та базових технологій у сфері розробки, виробництва та застосування наземних роботизованих комплексів та платформ військового призначення передових країн світу визначено основні тенденції їх розвитку для розробки основних напрямків роботизації Сухопутних військ. В роботі [11] досліджуються існуючі підходи до класифікації за масогабаритними параметрами наземні дистанційно-керовані машини – мобільних робототехнічних комплексів, які застосовуються у важких для людини умовах, таких, як бойові дії і операції із забезпечення безпеки і порядку. Так у роботі [12] запропоновано нові підходи до застосування нового принципу керування напрямком руху колісних транспортних засобів, а у роботі [13] проведено оцінку граничних умов руху традиційних і модифікованих автомобілів, на яких застосовуватиметься радіальна зміна розмірів коліс. Питанням розроблення пропозиції до програми розвитку наземних роботизованих комплексів Збройних Сил України присвячена робота [14] де на основі аналізу аналогічних програм передових країн світу. запропоновані напрямки розвитку, а у роботі [15] проведено порівняльний аналіз прохідності традиційних військових колісних засобів та модифікованих, у якому визначено переваги модифікованих перед традиційними під час криволінійного руху. Робота [16] присвячена аналізу стану розвитку і проблем із створення робототехнічних комплексів воєнного призначення. Визначені завдання, для виконання яких будуть використовуватись робототехнічні комплекси воєнного призначення в інтересах ракетних військ і артилерії, а у [17] проведено порівняльний аналіз робототехнічних комплексів та розглянуто основні проблеми щодо їх створення. У роботі [18] Визначено загальні тенденції розвитку робототехнічних комплексів та часткові тенденції розвитку даних комплексів з урахуванням специфіки їх застосування для вирішення бойових задач в повітрі, на суші та на морі, а у роботі [19] розглянуто загальні підходи до забезпечення каналів зв'язку безпілотних систем для зниження вартості відповідного обладнання і розширення функціональних можливостей безекіпажних платформ. У роботі [20] викладається сучасний стан і тенденції розвитку роботизованих систем військового призначення, наводиться визначення й класифікація військових роботів у роботі [21] наведено огляд сучасних досягнень у сфері створення наземних роботизованих систем військового призначення. Проведено аналіз можливостей України в цій сфері. Робота [22] присвячена проведенню огляду деяких останніх досягнень у галузі військової робототехніки, з основними вимогами до систем управління, а у [23] визначені діапазон можливих механізмів управління, які можуть бути використані для вирішення проблем управління.

Але в даних працях не визначено порядок забезпечення військових частин безпілотними системами, а саме головне дані праці не дають можливості визначити, які безпілотні системи потрібні для виконання завдань, скільки їх потрібно і для виконання яких завдань.

4. Методологія дослідження

Тому, метою даної статті є розроблення методики визначення потреби в оснащенні збройних сил безпілотними системами для виконання завдань на суші, у повітрі та на морі з урахуванням специфіки їх застосування.

5. Результати

Науково-технічний прогрес та розвиток воєнних технологій призвів до того, що в ході відбиття збройної агресії російської федерації проти України безпілотні системи застосовуються на морі, в повітрі та на суші. Тому на даний час назріла нагальна потреба у розробленні методики визначення потреби в оснащенні військових частин (підрозділів) безпілотними системами, які будуть застосовуватись в інтересах збройних сил для відбиття збройної агресії російської федерації. Дана методика має надати можливість визначити, які безпілотні системи необхідні, у якій кількості, для яких завдань та які підрозділи будуть застосовувати дані безпілотні системи [24].

Також методика визначення потреби повинна враховувати для якого рівня військової ієрархії буде визначатись потреба у безпілотних системах. Дане поєднання дозволить оцінити ефективність різних варіантів забезпечення військ (сил) безпілотними системами, відобразити у формалізованому вигляді процес забезпечення збройних сил безпілотними системами. Реалізація методики може бути отримана за допомогою блоків, які передбачають часткові моделі. На рис. 1 показано структурно-логічну схему визначення вихідних даних для реалізації методики визначення потреби у безпілотних системах та структурно-логічну схему для визначення, які безпілотні системи необхідні для виконання завдань, скільки їх необхідно та для яких завдань рис. 2.

Вихідними даними для реалізації методики є сили і засоби імовірного противника, тобто кількість на озброєнні імовірного противника ОВТ різної номенклатури, які необхідно уражати (знищувати), кількість особового складу, наявні склади з МТЗ (стаціонарні, рухомі) можливі об'єкти цивільної інфраструктури, які будуть задіяні в інтересах військових частин імовірного противника, наявні на озброєнні імовірного противника літаки тактичної та стратегічної авіації, армійської авіації, кораблі, катери тощо. На наступному етапі необхідно у відповідності до розроблених концепцій розвитку та застосування і проектів концепцій визначити, які класи безпілотних систем будуть застосовуватись на стратегічному рівні із визначеними завданнями щодо розвідки об'єктів імовірного противника та їх ураження на стратегічну глибину. Це саме стосується оперативного рівня та тактичного рівнів. Тобто, так як на кожному рівні ієрархії є визначені відповідні завдання військовим частинам (підрозділам) щодо розвідки об'єктів та їх ураження а безпілотні системи мають їх доповнювати щоб обхвалити увесь спектр завдань. Тому, на різні рівні військової ієрархії мають надходити безпілотні системи різної класифікації відповідно з різними тактико-технічними характеристиками [25].

Для полегшення обчислень в даній методиці також необхідно встановити обмеження, а саме не буде враховуватись організаційно-штатна структура військових частин та не буде розробляться часткова методика проектування підрозділів на озброєнні яких будуть відповідні безпілотні системи.

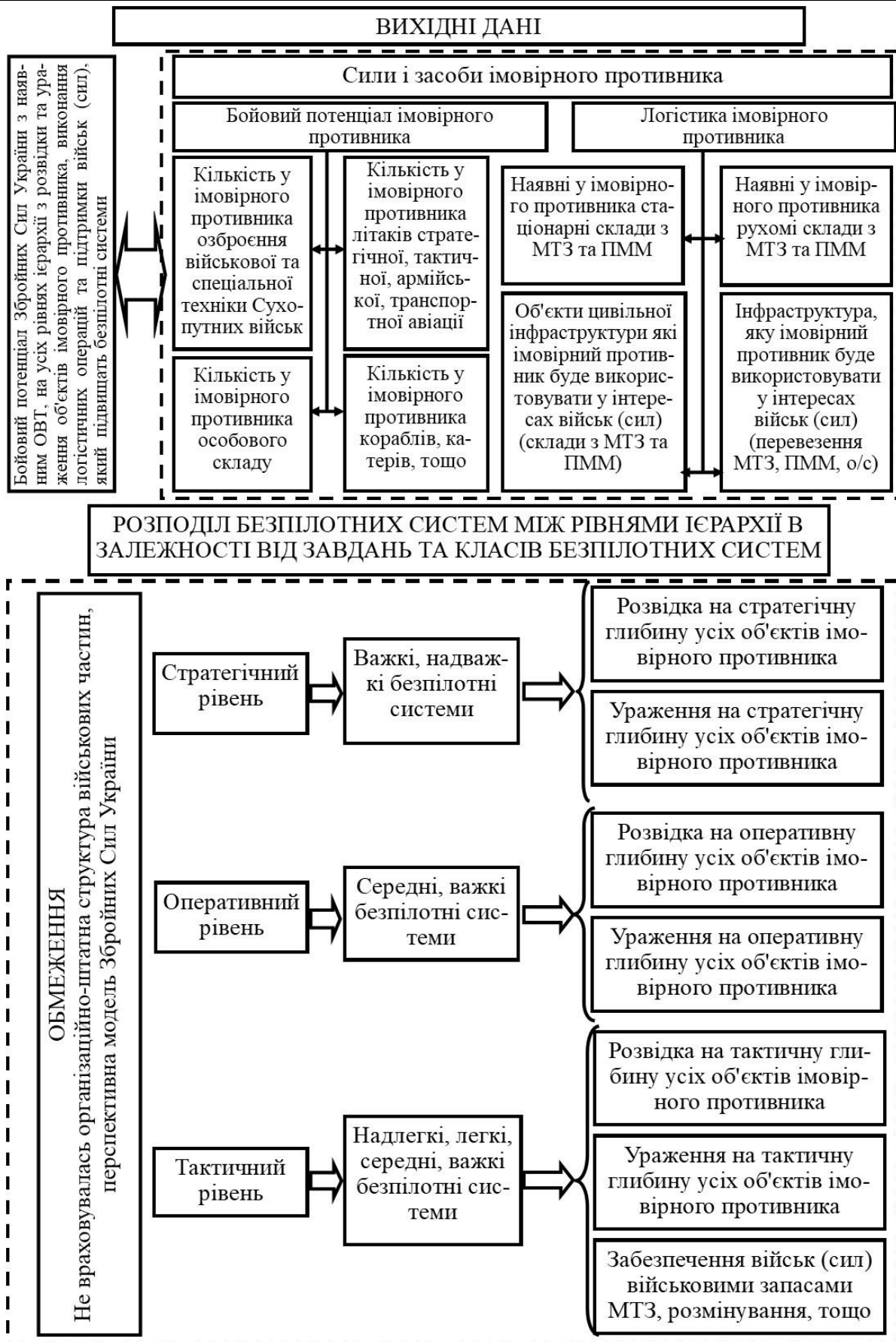


Рисунок 1 – Вихідні дані для визначення потреби у безпілотних системах

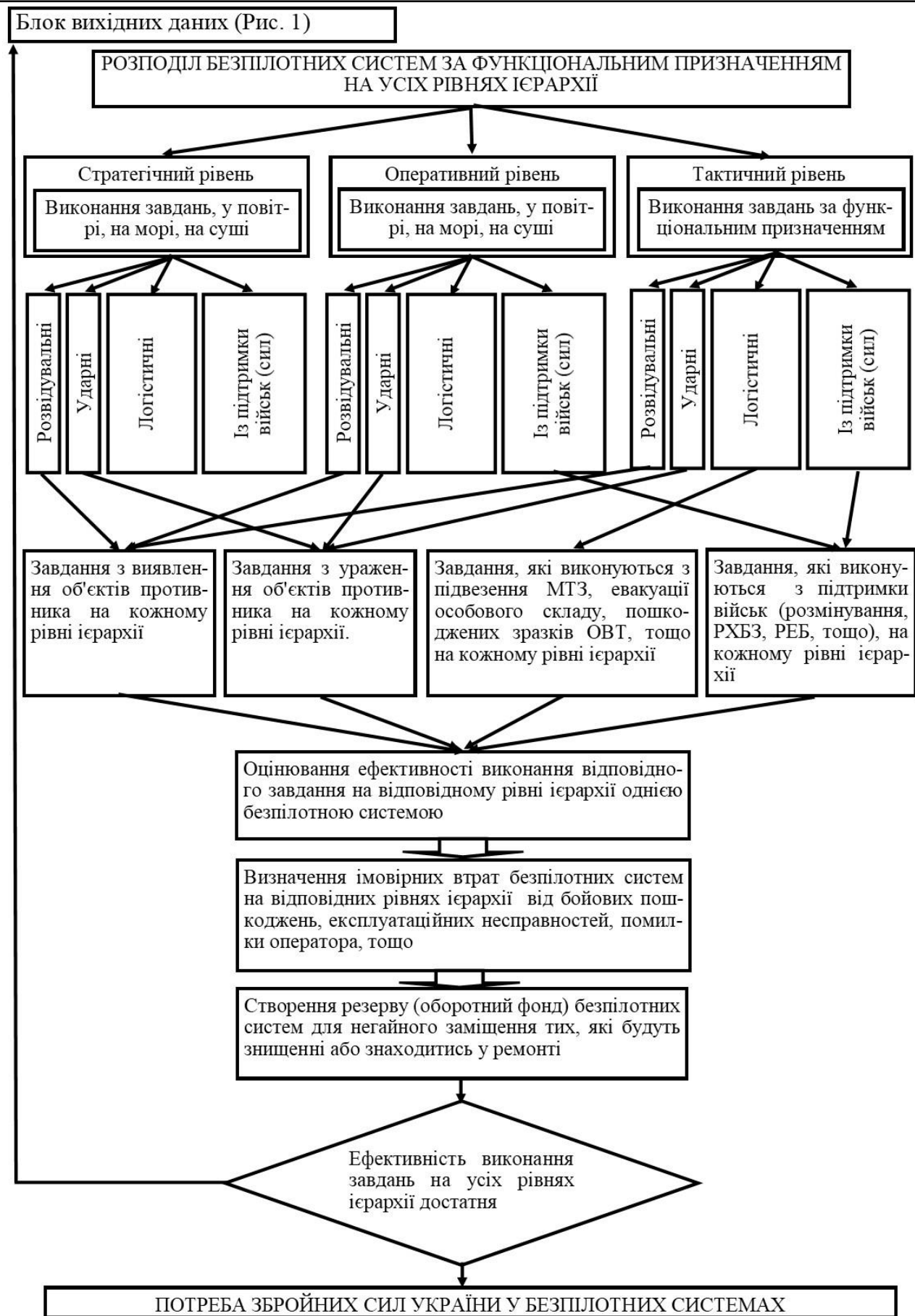


Рисунок 2 – Структурно-логічна схема визначення потреби у безпілотних системах

Аналізуючи вище перелічені фактори, а також виходячи із тих умов, що формування потреби на безпілотні системи відповідного класу (типу) залежить від багатьох факторів, які вище перелічені, в загальному потребу безпілотних систем можна описати за допомогою математичної моделі представленої рівнянням загального вигляду

$$N = \sum_1^n a_i + \sum_1^n b_i + \sum_1^n c_i + \sum_1^n d_i + \sum_1^n m_i \quad (1)$$

- де $\sum_1^n a_i$ – потреба у безпілотних системах (за призначенням: розвідувальні, бойові, тощо; в залежності від того на якому рівні ієрархії будуть застосовуватись (тактичний, оперативний, стратегічний): легкі, середні, важкі тощо), які будуть діяти на суші;
- $\sum_1^n b_i$ – потреба у безпілотних системах (за призначенням: розвідувальні, бойові, тощо; в залежності від того на якому рівні ієрархії будуть застосовуватись (тактичний, оперативний, стратегічний): легкі, середні, важкі тощо), які будуть діяти у повітрі;
- $\sum_1^n c_i$ – потреба у безпілотних системах (за призначенням: розвідувальні, бойові, тощо; в залежності від того на якому рівні ієрархії будуть застосовуватись (тактичний, оперативний, стратегічний): легкі, середні, важкі тощо), які будуть діяти на морі;
- $\sum_1^n d_i$ – потреба у безпілотних системах (за призначенням: розвідувальні, бойові, тощо; в залежності від того на якому рівні ієрархії будуть застосовуватись (тактичний, оперативний, стратегічний): легкі, середні, важкі тощо), які будуть діяти на суші, у повітрі на морі для навчальних центрів;
- $\sum_1^n m_i$ – резерв безпілотних системах (оборотний фонд), для поповнення (забезпечення) військових частин замість витрачених та втрачених, (втрати безпілотних систем від бойових пошкоджень, з експлуатаційних несправностей, втрата безпілотних систем через помилку оператора, тощо).

Представивши у загальному вигляді математичну модель щодо визначення потреби у безпілотних системах на наступному етапі необхідно визначити потребу у безпілотних системах для ведення розвідки [26].

Одним із напрямків визначення потреби у безпілотних системах для розвідки об'єктів є пошук і впровадження в теорію і практику нових, перспективних способів ведення розвідки, заснованих на застосуванні сучасних, більш ефективних засобів добування, обробки та оперативного доведення споживачам необхідних даних.

Одним із напрямків підвищення ефективності виконання завдань з розвідки є зменшення часу отримання розвідувальних даних щодо того або іншого об'єкту.

У сучасних умовах переходу на автоматизовану систему управління, де одним з основних принципів управління є управління ситуацією, в якій розвиваються бойові дії, виникають питання отримання більшого обсягу і якості інформації. Суть системного методу ведення розвідки полягає в комплексній оцінці району бойових дій до початку бою і в ході виконання бойових завдань за етапами з постійним нарощуванням даних від етапу до етапу.

Для визначення ефективності системного способу ведення розвідки доцільно провести математичне моделювання. При цьому, використаємо комплекс критеріїв, в якому у якості основного прийнята достовірність розвідувальних відомостей, які добуваються, а в якості додаткових – періодичність оновлення розвідувальної інформації, що характеризує

оперативність розвідувальних даних й інтенсивність потоку виявлень, що характеризує продуктивність сил і засобів розвідки [27-29].

Чисельні значення основного критерію ефективності (достовірність розвідувальних відомостей) в моделі визначено як ефект сумарної дії безпілотних систем, які ведуть розвідку

$$S_i = 1 - \prod_{i=1}^x (1 - D_{ij})^x \quad (2)$$

де j – тип об'єкту, який буде виявлений безпіотною системою на кожному рівні ієрархії;

i – тип безпілотної системи (тактичного, оперативного, стратегічного рівнів);

D_{ij} – математичне сподівання значень достовірності, як результат сумарного впливу безпілотних систем на виявлення об'єкту j -го типу.

Математичне сподівання значень достовірності розраховується за формулою [29]

$$D_{ij} = 1 - (1 - P_1) - (1 - P_2) \dots (1 - P_i) \quad (3)$$

де P_i – ймовірність виявлення об'єкту j -го типу однією безпілотною системою типу i , яка в свою чергу, визначається наступним виразом

$$P_i = P_{\text{пош}}^t P_{\text{вид}}^t P_{\text{роз}}^t P_{\text{прот}}^t \quad (4)$$

де $P_{\text{пош}}^t$ – імовірність потрапляння за час t розвідувального об'єкта j -го типу в зону пошуку;

$P_{\text{вид}}^t$ – імовірність наявності прямої видимості до j -го об'єкта;

$P_{\text{роз}}^t$ – імовірність розпізнавання за час t j -го об'єкта, що потрапив в зону пошуку, конкретної безпілотної системи;

$P_{\text{прот}}^t$ – імовірність того, що противник не зможе завадити розвідці j -го об'єкту.

Чисельні значення періоду оновлення розвідувальної інформації безпілотними системами, які ведуть розвідку можна визначити за такою залежністю

$$T_n = \frac{T_p}{n[1 - P_v(\tau_D)]} \quad (5)$$

де T_p – сумарний час роботи безпілотних систем за операцію;

n – загальне число об'єктів, що підлягають розвідці;

$P_v(\tau_D)$ – імовірність виявлення відповідного об'єкту за допустимий час τ_D .

Чисельні значення інтенсивності потоку виявлення об'єктів противника можна визначити за наступною формулою

$$\gamma = \frac{2D_p V_p k P_k}{S} \quad (6)$$

- де D_p – дальність дії безпілотних систем (км);
 V_p – швидкість руху безпілотних систем (км/год);
 k – кількість об'єктів, які підлягають розвідці знаходяться в зоні відповідальності;
 P_k – імовірність того, що з об'єктом, який потрапив в зону виявлення буде встановлений контакт;
 S – площа району пошуку або зони відповідальності (км²).

Проведене таким чином математичне моделювання надає можливість за допомогою кількісних показників обґрунтувати потребу у безпілотних системах для усіх видів розвідки об'єктів імовірного противника.

Це дасть можливість досягти більш високих значень достовірності добування розвідувальної інформації, підвищити продуктивність органу розвідки та зменшити період оновлення розвідувальної інформації.

На наступному етапі методики необхідно визначити потребу в ударних безпілотних системах. Так як ударні безпілотні системи призначені для знищення об'єктів імовірного противника, а отже тоді ймовірність ураження $P_{ураж}$ об'єктів противника можна визначити за таким виразом [29]

$$P_{ураж} = P_i P_{влуч} P_{ураж}^{пошк}, \quad (7)$$

- де P_i – ймовірність виявлення об'єктів імовірного противника;
 $P_{влуч}$ – ймовірність влучання боєприпасів, які випускає безпілотна система (влучання дрона-камікадзе) у об'єкт імовірного противника;
 $P_{ураж}^{пошк}$ – ймовірність пошкодження об'єкту імовірного противника при попаданні боєприпасів, які випускає безпілотна система (влучання дрона-камікадзе) у об'єкт імовірного противника;
 $P_{ураж}^{пошк}$ – характеризує стійкість конструкції до впливу боєприпасів, які потрапили у об'єкт імовірного противника, і визначається виразом

$$P_{ураж}^{пошк} = P_{пр} P_{ур} + (1 - P_{пр}) P_{ур}^*, \quad (8)$$

- де $P_{пр}$ – ймовірність пробиття об'єкту, якщо це сховище (бункер) тощо;
 $P_{ур}$ – ймовірність ураження об'єкту, якщо це сховище (бункер) у випадку його пробиття;
 $P_{ур}^*$ – ймовірність ураження об'єкту, якщо це сховище (бункер) у випадку не пробиття (виникнення пожежі, поранення (знищення особового складу, тощо).

Фактом ураження об'єкту імовірного противника є те, що під впливом засобу ураження (снаряду, бомби або міни) порушено працездатність об'єкту, у результаті він припиняє своє функціонування.

Об'єкт може вийти з ладу в результаті пошкодження основних вузлів, загибелі особового складу, тощо. Отже, завдання оцінки ураженості полягає у визначенні ймовірності переходу об'єкта зі стану виконання завдання в один із можливих станів, які виключають його подальше функціонування [27-29].

Відомо, що критерієм ефективності ураження об'єкту імовірного противника може

бути ймовірність ураження цілі, що характеризує, з однієї сторони, ефективність боєприпасів, які випускає безпілотна система (дрон-камікадзе), з іншої – стійкість, а водночас і живучість об'єкту.

Визначити імовірності ураження об'єкта ймовірного противника $W_{\text{ураж}}$ можна за формулою

$$W_{\text{ураж}} = \sum_{m=1}^n P_{mn} G_m \quad (9)$$

де P_{mn} – ймовірність влучання в об'єкт m ймовірного противника боєприпасів з n пострілів (пусків ракет безпілотними системами, влучання дронів-камікадзе), зроблених в заданому напрямку об'єкта;

G_m – умовний закон ураження, тобто ймовірність ураження цілі за умови, що в неї попало m боєприпасів.

Імовірність влучань P_{mn} в об'єкт m при n пострілах залежить від умов стрільби (дальність до об'єкту, способи ведення вогню тощо), від розмірів об'єкта та його поведінки, а також від точності стрільби, яка визначається рівнем розвитку озброєння, систем навігації та технічних засобів прицілювання.

Закон ураження об'єкту G_m залежить не лише від числа влучань у об'єкт а й від напрямку стрільби, кута та швидкості зустрічі боєприпасів із об'єктом. Інакше кажучи, закон ураження G_m залежить не тільки від кількості боєприпасів m , які потрапили у об'єкт, а й від того, як ці боєприпаси розподіляються (розсіюються) на площі проекції цілі, тобто від закону розподілу m боєприпасів, що влучили у ціль, на площі проекції об'єкту.

Якщо припустити, що боєприпаси, які влучили в ціль, розподіляються на проекції цілі за законом рівної імовірності, тоді задача про обчислення показника ефективності стрільби може бути зведена до вирішення двох незалежних задач: знаходження ймовірності заданої кількості m влучань з n пострілів P_{mn} і визначення умовного закону ураження цілі G_m , тобто ймовірності ураження об'єкту при наявності m влучань.

Визначення ймовірності влучання в об'єкт може вестись різними способами: порівнянням площі об'єкту з площею серцевини розсіювання або з площею одиничного еліпса, на сітці кругового розсіювання, а також аналітичним шляхом. Якщо об'єкт являє собою прямокутник, сторони якого паралельні осям розсіювання, тоді ймовірність попадання в об'єкт у цьому випадку дорівнює ймовірності складної події: влученню в смугу, розташовану перпендикулярно до напрямку стрільби, і в смугу, розташовану вздовж напрямку стрільби.

Якщо об'єкт має фігуру складного обрису, як, наприклад, бойова броньована машина, тощо, тоді ймовірність влучання в об'єкт може бути визначена двома способами: на сітці кругового розсіювання або аналітично, із використанням коефіцієнта фігурності об'єкту.

Відповідно, коефіцієнтом фігурності об'єкту – відношення ймовірності влучання у фігурний об'єкт, розраховано за сіткою кругового розсіювання до ймовірності влучання в прямокутник, в який вписується об'єкт, тобто

$$k_{\phi} = \frac{P_{\text{засіт}}}{P_{\text{е_прямокутник}}} \quad (10)$$

Спрощено k_{ϕ} може бути визначений, як відношення площини, тобто

$$k_{\phi} = \frac{S_{\text{фігури}}}{S_{\text{прямокут}}} \quad (11)$$

У теорії імовірності доведено, що імовірність влучання у прямокутник дорівнює добутку імовірності влучання у дві смуги, що перетинаються: одна смуга ^{Engineering and Technology} за висотою дорівнює висоті об'єкту, друга смуга нескінченно глибока і дорівнює ширині об'єкту. Математично це можна записати як

$$P(H_1B_0) = P(H)P(B_0) \quad (12)$$

Для орієнтовних розрахунків можна розглянути об'єкт як прямокутник, утворений двома смугами, що перетинаються.

Виконуючи це припущення, можна записати, що

$$P(H) = \hat{\Phi}\left(\frac{H}{2B_g}\right) \quad (13)$$

тобто, імовірність влучення за висотою дорівнює приведеній функції Лапласа від аргументу, чисельником якого є половина висоти зразка ОБТ, а знаменником – середнє відхилення за вертикаллю.

Аналогічно можна записати, що:

$$P(B_0) = \hat{\Phi}\left(\frac{B_0}{2B_g}\right) \quad (14)$$

тобто, імовірність влучання за напрямом дорівнює наведеній функції Лапласа від аргументу, чисельником якого є половина ширини зразка ОБТ, а знаменником – середнє відхилення за напрямком.

Загальна імовірність влучання, очевидно, буде визначена, якщо у рівняння (12) буде підставлено відповідні значення. Тоді воно набуде вигляду

$$P(H_1B_0) = \hat{\Phi}\left(\frac{H}{2B_g}\right)\hat{\Phi}\left(\frac{B_0}{2B_g}\right) \quad (15)$$

Якщо необхідно визначити більш точну ймовірність влучання, тоді вона може бути визначена з використанням коефіцієнта фігурності цілі. У такому разі рівняння (16) набуде вигляду

$$P(H_1B_0) = \kappa_\phi \hat{\Phi}\left(\frac{H}{2B_g}\right)\hat{\Phi}\left(\frac{B_0}{2B_g}\right) \quad (16)$$

Таким чином, не вдаючись до практичних експериментів, можна аналітичним шляхом або за сіткою кругового розсіювання визначити імовірність влучання в об'єкт. Однак, імовірність влучання в об'єкт не дає повної можливості судити про вихід його з ладу через вплив факторів різних засобів ураження. Не всі боєприпаси, які влучили в об'єкт, можуть завдати йому ураження.

Необхідно відзначити, що ураженим об'єкт вважається лише тоді, коли боєприпаси влучають в життєво важливу частину і, пробивши захист, проникає всередину. При цьому мається на увазі, що боєприпаси виводить з ладу особовий склад та завдають пошкодження

складовим об'єкта.

Отже, мало визначити імовірність влучання в об'єкт, необхідно визначити умовний закон його ураження, а при цьому класичні методи стають безсилими.

Необхідно ввести певний показник, який міг би характеризувати стійкість об'єкта до уражаючих факторів різних засобів ураження. Таким показником може стати середня необхідна кількість влучань.

Середньо-необхідною кількістю влучань називається – математичне очікування числа влучань, достатнє для ураження цілі.

Визначення середньо-необхідної кількості влучань має низку специфічних труднощів, пов'язаних із визначенням кількості влучань у об'єкт, що викликають його ураження. Разом з тим, сучасні методи дослідження ураженості об'єктів дозволяють з достатнім ступенем достовірності визначити влучання, які призводять до пошкодження.

Можна вважати, що об'єкт виводиться з ладу одним боєприпасом, що вдало влучив та його уразив. При цьому має місце так званий статистичний закон.

Математично цей закон має вигляд

$$G_m = 1 - (1 - P')^m \quad (17)$$

де P' – ймовірність ураження цілі при одному влучанні.

Однією з найважливіших характеристик цього закону є середня кількість влучань. Формула, що виражала середню необхідну кількість влучань для будь-якого закону ураження об'єкту на підставі певного математичного очікування, має вигляд

$$W = \sum_{m=0}^{\infty} (1 - G_m) \quad (18)$$

Використовуючи формули (17) та (18), обчислимо середню необхідну кількість влучань для даного закону ураження. Підставляючи значення (17) у формулу (18), отримаємо

$$W = \sum_{m=0}^{\infty} (1 - P')^m \quad (19)$$

Визначивши алгебраїчну суму членів нескінченно спадної геометричної прогресії (оскільки $1 - P'$ завжди менше 1), отримаємо $W = \frac{1}{P'}$. Підставляючи це значення W у формулу (17), отримаємо вираз у вигляді

$$G_m = 1 - \left(1 - \frac{1}{W}\right)^m \quad (20)$$

Звідси можна зробити висновок, що величина W повністю визначає закон ураження. За цією величиною однаково можна судити як про уражаючі властивості боєприпасів, так і про ступінь стійкості об'єктів. Визначення середньої необхідної кількості влучань для ураження об'єкту багато в чому сприятиме визначенню коефіцієнта стійкості об'єкта [29].

Якщо об'єкти розташовані групою і завдати по них удар, може відразу вийти з ладу декілька об'єктів, тоді за умови рівномірного розміщення об'єктів на деякій площі S ймовірність ураження кожного із них дорівнює математичному очікуванню відносної площі ураження, тобто

$$W_{\text{ураж}} = \frac{S_n}{S} \quad (21)$$

При малому розсіюванні боєприпасів порівняно з розмірами розміщення S математичне очікування площі, яка уражається, дорівнює максимальному перекриттю, яке може бути визначене з рівняння

$$\mu = \frac{\pi R_{\text{ураж}}^2}{S} \quad (22)$$

Тоді, середня імовірність ураження кожного об'єкта може бути виражена залежно від щільності їх розміщення

$$W_{\text{ураж}} = \frac{\pi R_{\text{ураж}}^2}{N} \rho \quad (23)$$

де N – загальна кількість зразків ОБТ;
 ρ – щільність їх розміщення, тобто питома площа, що припадає на один зразок ОБТ.

Знаючи кількість зразків ОБТ, розміщених на місцевості, щільність їх розміщення, а також радіус ураження даних об'єктів даним засобом ураження, можна визначити імовірність ураження для одиничного випадку.

Таким чином, виходячи із вихідних даних щодо наявності у ймовірного противника об'єктів які необхідно уразити та розрахувавши ймовірність ураження одного типового об'єкту можна визначити потребу в ударних безпілотних системах.

На наступному етапі методики необхідно визначити потребу в безпілотних системах, які діятимуть в інтересах логістики та підтримки військ (сил). Для визначення потреби необхідно знати обсяг завдань із логістичного забезпечення та підтримки військ (сил). Формування масиву розподілу безпілотних систем для логістичного забезпечення та підтримки військ (сил) можна здійснено на основі вирішення задач лінійного програмування. Насамперед формується матриця виконання завдань з логістичного забезпечення та підтримки військ (сил) $X_{\text{ЛЗтаПв(с)}}^{\text{БС}}$, а x_{ij} – її елементи, які відповідають кількості існуючих безпілотних систем "і-го" типу, необхідних для виконання завдань з логістичного забезпечення та підтримки військ (сил) "j-го" виду [30-31].

$$X_{\text{ЛЗтаПв(с)}}^{\text{БС}} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} \end{pmatrix} \quad (24)$$

Кожна безпілотна система може виконати завдання з логістичного забезпечення та підтримки військ (сил) з певною ефективністю. Для кількісного оцінювання ефективності безпілотних систем для виконання завдань з логістичного забезпечення та підтримки військ (сил) використовується коефіцієнт ефективності виконання завдання. Коефіцієнт ефективності виконання завдання безпілотною системою з логістичного забезпечення та підтримки військ (сил) – це ймовірна кількість завдань, що можуть бути виконаними даною безпілотною системою у певному виді бою (операції) до того, як цей засіб сам буде знищений або вийде з ладу. Тоді k_{ij} – коефіцієнт ефективності безпілотної системи яка виконує завдання з логістичного забезпечення та підтримки військ (сил) "і-го" типу, для виконання завдань "j-го" виду [30].

Визначається m_j – ймовірна кількість завдань з логістичного забезпечення та підтримки військ (сил) “ j -го” виду, які можуть бути виконана безпілотною системою “ i -го” типу

$$m_j = n_i k_{ij}, \quad (25)$$

де n_i – кількість безпілотних систем відповідного типу, які є в підрозділі. Інформацію щодо n_i можна представити у вигляді матриці-вектору

$$N = (n_1, n_2, \dots, n_i) \quad (26)$$

Тоді, M – значення імовірної кількості виконаних завдань з логістичного забезпечення та підтримки військ (сил) безпілотною системою може бути представлено

$$M = N k_{ij}. \quad (27)$$

Отже, формується матриця M

$$M = \begin{pmatrix} n_1 k_{11} & n_2 k_{12} & \dots & n_i k_{1j} \\ n_1 k_{21} & n_2 k_{22} & \dots & n_i k_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ n_1 k_{i1} & n_2 k_{i2} & \dots & n_i k_{ij} \end{pmatrix} \quad (28)$$

Таким чином, при наявності точних та достовірних даних про n_i та k_{ij} можна оцінити можливість підрозділу з виконання завдань з логістичного забезпечення та підтримки військ (сил).

За результатами проведеної оцінки встановлюється потреба у безпілотних системах для виконання завдань з логістичного забезпечення та підтримки військ (сил), під яким розуміється те, чого не вистачає для ефективного виконання завдань військами силами.

Визначивши потребу у безпілотних системах, які будуть застосовуватись на суші, у повітрі та на морі з відповідними завданнями щодо розвідки, ураження об’єктів супротивника, виконання завдань з логістики та підтримки військ (сил) на усіх рівнях військової ієрархії після цього необхідно врахувати їх імовірні втрати від бойових пошкоджень, експлуатаційних несправностей, тощо. Для цього можна скористатись методичним підходом який запропоновано у роботі [28].

6. Обговорення

Наукова новизна результатів дослідження та їх практичне значення підтримані у ході дискусії між науково-педагогічними працівниками кафедри технічного забезпечення Національного університету оборони України серед яких: Копашинський С.А. – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник; Яльницький О.Д. – кандидат військових наук, доцент.

7. Висновки

Таким чином, розроблена методика визначення потреби у безпілотних системах дає можливість визначити, які безпілотні системи необхідні, у якій кількості, для виконання яких завдань та які підрозділи будуть застосовувати дані безпілотні системи з урахуванням рівнів військової ієрархії.

В подальшому, необхідно розробити часткову методику проектування підрозділів безпілотних систем.

8. Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

9. Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Список використаних джерел

1. Дачковський В.О. (2018). Шляхи розвитку роботизованих наземних комплексів. *Проблемні питання організації оперативного (бойового) забезпечення військ (сил) ЗС України в ході проведення антитерористичної операції кафедра ОБЗ, ІОЗЛ, НУОУ науково-практичний семінар 28 квітня тези. доп.* – Київ, 2018 – С. 99–102.
2. Дачковський В.О., Мельник Б.О. (2019). Перспективи розвитку наземних роботизованих комплексів військового та спеціального призначення. *Проблемні питання організації оперативного (бойового) забезпечення військ (сил) ЗС України в ході проведення операції Об'єднаних сил кафедра ОБЗ, ІОЗЛ, НУОУ науково-практичний семінар 25 квітня тези. доп.* – Київ, 2019 – С. 107–112.
3. Аналіз бойових дій в районі Іловайська після вторгнення російських військ 24-29 серпня 2014 року. URL : <http://www.mil.gov.ua/news/2015/10/19/analiz-illovausk--14354/>
4. Аналіз бойових дій на сході України в ході зимової кампанії 2014–2015 років. URL : <http://www.mil.gov.ua/news/2015/12/23/analiz-bojovih-dij-na-shodi-ukraini-v-hodi-zimovoi-kampanii-2014-2015-rokiv--16785/>
5. Аналіз Генерального штабу ЗС України щодо бойових дій на Дебальцевському плацдармі з 27 січня до 18 лютого 2015 року. URL : <http://www.mil.gov.ua/analitichni-materiali/analiz-generalnogo-shtabu-zsu-shhodo-bojovih-dij-na->

References

1. Dachkovskiy V.O. (2018). Ways of development of robotic ground complexes. *Problematic issues of the organization of operational (combat) support of the troops (forces) of the Armed Forces of Ukraine during the anti-terrorist operation, department of OBZ, IOZL, NUOU scientific and practical seminar April 28, 2018 theses. add.* – Kyiv, – p. 99–102.
2. Dachkovskiy V.O., Melnyk B.O. (2019). Prospects for the development of ground-based robotic complex of military and special purposes. *Problematic issues of the organization of the operational (combat) support of the troops (forces) of the Armed Forces of Ukraine during the operation of the United Forces, Department of OBZ, IOZL, NUOU scientific and practical seminar April 25, theses. add.* – Kyiv, 2019 – p. 107–112.
3. Analysis of hostilities in the Ilovaisk region after the invasion of Russian troops on August 24-29, 2014. Available from : <http://www.mil.gov.ua/news/2015/10/19/analiz-illovausk--14354/>
4. Analysis of hostilities in eastern Ukraine during the winter campaign of 2014–2015. Available from : <http://www.mil.gov.ua/news/2015/12/23/analiz-bojovih-dij-na-shodi-ukraini-v-hodi-zimovoi-kampanii-2014-2015-rokiv--16785/>
5. Analysis of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine regarding combat operations at the Debaltseve bridgehead from January 27 to February 18, 2015. Available from : <http://www.mil.gov.ua/analitichni->

- [debalczewskomu-placzdarmi-z-27-sichnya-do-18-lyutogo-2015-roku.html](https://www.slideshare.net/tsnua/2014-51587585).
6. Аналіз ведення АТО та наслідків вторгнення РФ в Україну у серпні-вересні 2014 року. URL: <https://www.slideshare.net/tsnua/2014-51587585>
7. Dachkovskiy V., Mazurenko V., Yaroshenko O., Ovcharenko I. (2022). Some views on the detection and determination of uavs of the Shahed-136 (Geran-2) type. *Political Science and Security Studies Journal*, Vol. 3 No 3, 35-43. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7300331>
8. Концепція розвитку та застосування наземних роботизованих комплексів (платформ) у підрозділах сухопутних військ Збройних Сил України. Затверджена Командувачем Сухопутних військ Збройних Сил України грудень 2021 року.
9. Тимчасова класифікація НРК з можливістю визначення потреб і пріоритетів оснащення Збройних Сил України. Затверджено заступником начальника ГШ Збройних Сил України 06.11.2019 року.
10. Ковалішин С. С., Монахов Ю. К., Симоненкова І. В. (2017). Тенденції розвитку тактико-технічних характеристик та базових технологій у сфері розробки, виробництва та застосування наземних роботизованих комплексів військового призначення передових країн світу. *Збірник наукових праць* № 2 (8) с. 36-45.
11. Васильев А.В., Лопота А.В. (2015). Уточнение типоразмерных групп наземных дистанционно управляемых машин для применения в опасных для человека условиях. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета*. 1(214) с. 226-234.
12. Шабатура Ю.В., Залипка В.Д (2011). Теоретичні засади і практичні аспекти застосування нового принципу [materiali/analiz-generalnogo-shtabu-zsu-shhodo-bojovih-dij-na-debalczewskomu-placzdarmi-z-27-sichnya-do-18-lyutogo-2015-roku.html](https://www.slideshare.net/tsnua/2014-51587585).
6. Analysis of anti-terrorist operation and the consequences of the Russian invasion of Ukraine in August-September 2014. Available from : <https://www.slideshare.net/tsnua/2014-51587585>
7. Dachkovskiy V., Mazurenko V., Yaroshenko O., Ovcharenko I. (2022). Some views on the detection and determination of uavs of the Shahed-136 (Geran-2) type. *Political Science and Security Studies Journal*, Vol. 3 No 3, 35-43. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7300331>
8. The concept of development and application of ground robotic complexes (platforms) in units of the ground forces of the Armed Forces of Ukraine. Approved by the Commander of the Ground Forces of the Armed Forces of Ukraine in December 2021.
9. Temporary classification of the NRK with the possibility of determining the needs and priorities of equipping the Armed Forces of Ukraine. Approved by the Deputy Chief of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine on November 6, 2019.
10. Kovalishyn, S. S., Monakhov, Yu.K., Simonenkova, I. V. (2017). Trends in the development of tactical and technical characteristics and basic technologies in the field of development, production and application of ground-based robotic complexes for military purposes of advanced countries of the world. *Collection of scientific works* No. 2 (8) p. 36-45.
11. Vasiliev, A. V., Lopota, A. V. (2015). Refinement of standard-sized groups of land-based remote-controlled machines for use in dangerous human conditions. *Scientific and technical bulletins of St. Petersburg State Polytechnic University*. 1(214) p. 226-234.

- керування напрямком руху колісного транспортного засобу військового призначення. *Військово-технічний збірник*. 2 (5) с. 85-91.
13. Залипка, В.Д., Манзяк, М.О. (2019). Вплив радіальної зміни розмірів коліс на курсову стійкість автомобіля. *Військово-технічний збірник*. 21, С. 9-16.
14. Кравчук О. І., Ковалішин С. С., Монахов Ю. К., Симоненкова І. В. (2017). Визначення напрямків роботизації Збройних Сил України на основі аналізу програм розвитку озброєння та військової техніки передових країн світу. *Збірник наукових праць*. № 1 (7), С. 117-126.
15. Шабатура Ю.В., Залипка В.Д. (2014). Оцінювання та дослідження прохідності модифікованих військових колісних засобів. *Науковий вісник НЛТУ України*. – Вип. 24.3 С. 130-139.
16. Наговицин А. И., Севрюков А. Г. Робототехнические комплексы военного назначения, опыт и перспективы их применения в ракетных войсках и артиллерии сухопутных войск. *Известия ЮФУ*. С. 197-210.
17. Игнатов А.В., Богомоллов С.Н., Федянин Н.Д. (2018). К вопросу о развитии боевых наземных робототехнических комплексов. *Известия ТулГУ. Технические науки*. Вып. 11. С. 353-358.
18. Макаренко С. И. (2016) Робототехнические комплексы военного назначения – современное состояние и перспективы развития. *Системы управления, связи и безопасности* №2. С. 73-132.
19. Сердюк П., Слюсар В. (2014). Средства связи с наземными роботизированными системами – современное состояние и перспективы. *Электроника, Наука, Технология, бизнес*. №7 (00139). С. 1-9.
20. Кучеров Д.П., Копилова З.М., Мякухин Ю.В. (2007). Перспективы развития роботизованих систем військового призначення. *Системи озброєння і*
12. Shabatura, Yu.V., Zalyпка, V.D. (2011). Theoretical principles and practical aspects of the application of a new principle of controlling the direction of movement of a wheeled military vehicle. *Military and technical collection*. 2 (5) p. 85-91.
13. Zalyпка, V.D., Manzyak, M.O. (2019). The influence of the radial change in wheel sizes on the directional stability of the car. *Military and technical collection*. 21, p. 9-16.
14. Kravchuk, O. I., Kovalishyn, S. S., Monakhov, Yu. K., Simonenkova, I. V. (2017). Determining the direction of the robotics of the Armed Forces of Ukraine based on the analysis of the development programs of weapons and military equipment of the advanced countries of the world. *Collection of scientific works* No. 1 (7) p. 117-126.
15. Shabatura, Yu.V., Zalyпка, V.D. (2014). Evaluation and study of the patency of modified military wheeled vehicles. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*. – Issue 24.3 p. 130-139.
16. Nagovytsyn, A.I., Sevryukov, A.H. Robotic complexes for military use, experience and prospects of their application in missile forces and artillery of ground forces. *Izvestiya YuFU*. P. 197-210
17. Ignatov, A.V., Bogomolov, S.N., Fedyanin, N.D. (2018). To the question of the development of combat ground robotic complexes. *News of TuLSU. Technical sciences*. Issue 11. p. 353-358.
18. Makarenko, S.I. (2016). Robotic complexes for military use – current state and prospects of development. *Systems of control, communication and safety* No. 2. p. 73-132
19. Serdyuk, P., Slyusar, V. (2014). Communications with ground-based robotic systems – current state and prospects. *Electronics, Science, Technology, business*. No. 7 (00139). p. 1-9.
20. Kucherov, D.P., Kopylova, Z.M., Myakuhin Yu.V. (2007). Prospects for the

- військова техніка*, вип. 1(9), С. 44-46.
21. Шугуров О.С. (2007). Розвиток військових наземних роботизованих систем в контексті нових концепцій управління: перспективи України. *Стратегічні пріоритети*, №4(5), С. 198-205.
22. Peter Simon Sapaty Military Robotics: Latest Trends and Spatial Grasp Solutions. *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, Vol. 4, No.4, 2015 p. 9-18
23. Gary E. Marchant, Braden Allenby, Ronald Arkin, Edward T. Barrett, Jason Borenstein, Lyn M. Gaudet, Orde Kittrie, Patrick Lin, George R. Lucas, Richard O'Meara, Jared International Governance of Autonomous Military Robots. URL: <https://www.researchgate.net/publication/228192083>
24. Дачковський В. О., Курбан В. А. (2019) Перспективи розвитку роботизованих засобів ураження наземних рухомих об'єктів. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019*, 15–17 травня 2019 р.: у 5 ч. Ч. V. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ "ХПІ". С. 54.
25. Дачковський В.О. Перспективи розвитку робототехніки та способи її застосування у сучасних бойових діях з урахуванням досвіду операції об'єднаних сил (антитерористичної операції) / Дачковський В.О., Мельник Б.О., Семененко В.М. // Проблеми координації воєнно-технічної та оборонно-промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки VIII міжнародна науково-технічна конф. – Київ, 2020 – С. 54.
26. Дачковський В. О., Стрельбіцький М. А. (2020). Математична модель функціонування системи відновлення озброєння та військової техніки. *"Сучасні інформаційні технології у development of robotic systems for military purposes. Armament systems and military equipment*, vol. 1(9), p. 44-46.
21. Shugurov, O.S. (2007). Development of military ground robotic systems in the context of new management concepts: Ukraine's perspectives. *Strategic priorities*, No. 4(5), p. 198-205.
22. Peter Simon Sapaty Military Robotics: Latest Trends and Spatial Grasp Solutions. *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, Vol. 4, No.4, 2015 p. 9-18
23. Gary E. Marchant, Braden Allenby, Ronald Arkin, Edward T. Barrett, Jason Borenstein, Lyn M. Gaudet, Orde Kittrie, Patrick Lin, George R. Lucas, Richard O'Meara, Jared International Governance of Autonomous Military Robots. Available from : <https://www.researchgate.net/publication/228192083>
24. Dachkovskiy V. O., Kurban V. A. (2019). Prospects for the development of robotic means of defeating ground moving objects. *Information technologies: science, technology, technology, education, health: abstracts of reports of the XXVII international scientific and practical conference MicroCAD-2019*, May 15–17, 2019: at 5 p.m. Ch. V. / edited by Prof. E.I. Sokol – Kharkiv: NTU "KhPI". p. 54.
25. Dachkovskiy, V.O., Melnyk, B.O., Semenenko, V.M. (2020) Prospects for the development of robotics and methods of its application in modern combat operations taking into account the experience of the joint forces operation (anti-terrorist operation). *Problems of coordination of military-technical and defense-industrial policy in Ukraine. Prospects for the development of weapons and military equipment VIII international scientific and technical conference*. Kyiv, 2020. p. 54.
26. Dachkovskiy, V., Strelbitskiy, M. (2020). Mathematical model of system functioning restoration of weapons and

- сфері безпеки та оборони*", № 2(38) С. 87 – 94.
27. Kotsiuruba, V., Dachkovskiy V., & Kurtseitov, T. (2021). The model of the organizational and technical weapons and military equipment recovery system. *Journal of Scientific Papers «Social Development and Security»*, 11(6), 194-208. <https://doi.org/10.33445/sds.2021.11.6.15>
28. Дачковський, В., Гудима, В., & Сампір, О. (2021). Методичний підхід до прогнозування потоку ремонтного фонду зразків озброєння та військової техніки. Збірник наукових праць ЛОГОС. <https://doi.org/10.36074/logos-26.02.2021.v1.40>
29. Дачковський В. О. Основи теоретичних досліджень розвитку озброєння та військової техніки: навч. посіб. / В.О. Дачковський, О.В. Ярошенко, І.В. Овчаренко, – К.: НУОУ, 2023. – 222 с.
30. Слюсаренко О. І., Купріненко О. М., Кузнецов Є. В. (2020). Визначення груп колісних машин сил спеціальних операцій Збройних Сил України за функціональними показниками методами кластерного аналізу завдань. *Системи озброєння і військова техніка*, № 1(61) С. 167-176.
31. Купріненко О. М. (2021). Проблеми створення наземних роботизованих комплексів для потреб Збройних Сил України. *Озброєння та військова техніка*. 4(32)/2021. С. 26-34. [https://doi.org/1034169/2414-0651.2021.4\(32\).26-34](https://doi.org/1034169/2414-0651.2021.4(32).26-34)
- military equipment. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence* № 2(38)/2020 p 87-94.
27. Kotsiuruba, V., Dachkovskiy V., & Kurtseitov, T. (2021). The model of the organizational and technical weapons and military equipment recovery system. *Journal of Scientific Papers «Social Development and Security»*, 11(6), 194-208. <https://doi.org/10.33445/sds.2021.11.6.15>
28. Dachkovsky, V., Gudyma, V., & Sampir, O. (2021). A methodical approach to forecasting the flow of the repair fund of weapons and military equipment samples. Collection of scientific papers ЛОГОС. <https://doi.org/10.36074/logos-26.02.2021.v1.40>
29. Dachkovsky, V. O. Basics of theoretical research on the development of weapons and military equipment: teaching. manual / V.O. Dachkovsky, O.V. Yaroshenko, I.V. Ovcharenko, Kyiv: NUOU, 2023. 222 p.
30. Slyusarenko, O. I., Kuprinenko, O. M., Kuznetsov E.V. (2020). Determination of groups of wheeled vehicles of the special operations forces of the armed forces of Ukraine according to functional indicators by methods of cluster analysis of tasks. *Weapon systems and military equipment*, No. 1(61) p. 167-176
31. Kuprinenko, O.M. (2021). Problems of creating ground robotic complexes for the needs of the armed forces of Ukraine. *Armament and military equipment*. 4(32)/2021. 26-34. [https://doi.org/1034169/2414-0651.2021.4\(32\).26-34](https://doi.org/1034169/2414-0651.2021.4(32).26-34)