# Методика визначення потреби у засобах ураження для безпілотних систем

# Methodology for Determining Munition Requirements for Unmanned Systems

**Володимир Дачковський**
**Corresponding author:** кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри технічного забезпечення, e-mail: 1903vova@ukr.net, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1480-5021

**Олег Каламурза**
ад'юнкт кафедри технічного забезпечення, e-mail: zarin-zaman@ukr.net, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3899-3821

**Віталій Клепа**
старший викладач кафедри технічного забезпечення, e-mail: klepa101v@gmail.com, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-4529-3783

**Ірина Новікова**
старший викладач кафедри технічного забезпечення, e-mail: irina_nov@ukr.net, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-4854-0682

Національний університет оборони України, м. Київ, Україна

**Volodymyr Dachkovskyi**
**Corresponding author:** Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Technical Support, e-mail: 1903vova@ukr.net, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1480-5021

**Oleh Kalamurza**
PhD Student of the Department of Technical Support, e-mail: zarin-zaman@ukr.net, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3899-3821

**Vitalii Klepa**
Senior Lecturer of the Department of Technical Support, e-mail: klepa101v@gmail.com, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-4529-3783

**Iryna Novikova**
Senior Lecturer of the Department of Technical Support, e-mail: irina_nov@ukr.net, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-4854-0682

[B] National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Received:** September 9, 2026 | Revised: October 20, 2026 | Accepted: October 31, 2026

**УДК** 623.746-519:355.415

**DOI:** https://doi.org/10.33445/sds.2026.16.5.30

**Мета роботи.** Розроблення методики визначення потреби у засобах ураження для оснащення безпілотних систем з урахуванням характеристик об'єктів та технічних можливостей систем.

**Методи дослідження.** Застосовано системний і системно-структурний аналіз, математичне моделювання та теорію ймовірностей для формалізації процесу оцінювання потреби й послідовності розрахунків.

**Результати дослідження.** Запропоновано методику, що охоплює підготовку вихідних даних, оцінювання характеристик об'єктів ураження, вибір типу засобів ураження, розрахунок ймовірності ураження, визначення кількісної потреби та перевірку її відповідності можливостям безпілотної системи. Представлено структурно-логічну послідовність процедур і математичні залежності для кількісної оцінки потреби.

**Наукова новизна.** Удосконалено методичний підхід шляхом інтеграції оцінювання характеристик об'єктів, кількісного обґрунтування потреби та врахування ресурсних обмежень безпілотних систем.

**Теоретична цінність дослідження.** Формалізовано процедури визначення потреби та систематизовано взаємозв'язки між характеристиками об'єктів, параметрами засобів ураження й можливостями безпілотних систем.

**Практична цінність дослідження.** Підхід може використовуватися для обґрунтування ресурсних потреб, планування оснащення безпілотних систем і методичного забезпечення ухвалення управлінських рішень.

**Обмеження дослідження.** Результативність методики потребує перевірки з урахуванням достовірності вихідних даних, модельних припущень і мінливості умов застосування.

**Тип статті.** Методологічна (науково-методична).

**Purpose.** To develop a methodology for determining munition requirements for equipping unmanned systems, considering target characteristics and the technical capabilities of these systems.

**Methodology.** System and system-structural analysis, mathematical modeling, and probability theory were applied to formalize requirements assessment and establish a sequence of calculation procedures.

**Findings.** A methodology is proposed that includes input data preparation, assessment of target characteristics, selection of munition type, calculation of target engagement probability, determination of quantitative requirements, and verification of their compatibility with unmanned system capabilities. A structured sequence of procedures and mathematical relationships for quantitative requirements assessment are presented.

**Originality.** The methodological approach is improved by integrating the assessment of target characteristics, the determination of quantitative requirements, and the consideration of unmanned systems' resource constraints.

**Theoretical implications.** Procedures for determining requirements are formalized, and relationships among target characteristics, munition parameters, and unmanned system capabilities are systematized.

**Practical implications.** The approach may support resource requirements assessment, unmanned system equipment planning, and methodological support for management decisions.

**Research limitations.** The methodology requires further validation, given the reliability of the input data, modeling assumptions, and changing operational conditions.

**Paper type.** Methodological (scientific and methodological) article.

***Ключові слова.*** Безпілотна система, засіб ураження, методика, ресурсні потреби, математичне моделювання, бойове навантаження, ймовірність ураження.

***Key words.*** Unmanned system, munition, methodology, resource requirements, mathematical modeling, combat payload, probability of target engagement.

## *Вступ*

Сучасний розвиток військових спроможностей характеризується розширенням застосування безпілотних систем (БпС) у повітряному, наземному та морському доменах [1]. Сучасні БпС дедалі частіше розглядаються не як окремі технічні засоби, а як складові функціонально пов'язаних угруповань сил і засобів, спроможність яких визначається узгодженістю завдань, технічних характеристик, корисного навантаження та ресурсного забезпечення [2, 13].

Розвиток безпілотних і роботизованих систем супроводжується формуванням відповідної нормативної, організаційної та технологічної бази. Зокрема, у США послідовно реалізуються програми розвитку БпС різних класів, що передбачають їх інтеграцію в систему озброєння та військового управління [3]. Досвід розвитку наземних роботизованих комплексів (НРК) також свідчить про необхідність узгодження функціонального призначення системи з характером завдань, які вона має виконувати [2].

Для України ця проблема набуває особливого значення у зв'язку з широким застосуванням БпС та необхідністю забезпечення відповідності їх технічних характеристик визначеним завданням. У попередніх дослідженнях розглянуто питання створення наземних роботизованих комплексів [5, 6], формування вимог до безпілотних ударних апаратів [7, 8], розвитку робототехнічних засобів та організації їх логістичного забезпечення [9, 10].

Окремий напрям сучасних досліджень становлять задачі розподілу ресурсів між об'єктами та системами. У публікаціях останніх років розглядаються задачі weapon–target assignment [11], багатокритеріального розподілу ресурсів, динамічного призначення та спільного розподілу різнотипних ресурсів з урахуванням часових і функціональних обмежень [13, 15, 17]. Такі дослідження демонструють можливості математичної формалізації задач розподілу, однак переважно зосереджені на алгоритмах оптимізації, а не на комплексному формуванні потреби в засобах ураження конкретної БпС.

Таким чином, наукова прогалина полягає в недостатньо розробленій методиці визначення потреби у засобах ураження для оснащення безпілотних систем, яка б поєднувала характеристики об’єкта ураження, параметри безпілотної системи, характеристики та точність застосування засобів ураження, заданий рівень результативності та доступний ресурс бойового навантаження в єдиній послідовності оцінювання потреби.

Це визначає необхідність розроблення методичного підходу до визначення потреби у засобах ураження для оснащення БпС з урахуванням характеристик об’єктів ураження, умов їх застосування, необхідного рівня результативності та обмежень самої БпС.

## *Огляд літератури*

Сучасні дослідження у сфері безпілотних та роботизованих систем можна умовно поділити на кілька напрямів.

Перший напрям охоплює дослідження розвитку та інтеграції БпС у структуру військових спроможностей. У таких роботах розглядаються питання функціонального призначення систем, їхніх технічних характеристик, організації застосування та розвитку відповідної інфраструктури [1-3].

Другий напрям становлять дослідження НРК. Вони зосереджені на визначенні функціональних вимог до роботизованих платформ, їхньому оснащенні та можливостях застосування в сучасних умовах [2, 5, 7, 8].

Третій напрям досліджень пов’язаний із математичним моделюванням завдань розподілу ресурсів. Зокрема, у роботах [11, 13, 15, 17] розглядаються задачі weapon–target assignment, багатокритеріальної оптимізації та призначення ресурсів із використанням еволюційних алгоритмів, методів машинного навчання та інших оптимізаційних процедур. У роботі [11] запропоновано поєднання deep Q-learning із багатокритеріальним алгоритмом

штучної бджолиної колонії для задачі призначення ресурсів наземних БпС. Дослідження [13] присвячене динамічній задачі призначення ресурсів та використанню багатокритеріального алгоритму рою частинок. Сучасні оглядові роботи систематизують моделі, алгоритми та сфери застосування задач weapon–target assignment [17].

Четвертий напрям охоплює багатотипне та часово залежне використання ресурсів. У сучасних дослідженнях розглядаються моделі, у яких одночасно враховуються різні типи об'єктів, часові обмеження та послідовність виконання завдань [9].

Проведений аналіз показує, що наявні дослідження забезпечують розвинений математичний інструментарій для задач розподілу ресурсів, проте переважно розглядають оптимізацію вже сформованого набору ресурсів. Недостатньо уваги приділено попередньому етапу – визначенню самої потреби в ресурсах конкретної БпС з урахуванням характеристик об'єкта, параметрів точності та обмежень корисного навантаження.

## *Методологія дослідження*

Методологічну основу дослідження становить системний підхід до визначення потреби у засобах ураження для оснащення БпС з урахуванням характеристик об’єктів ураження, параметрів засобів ураження, умов їх застосування та технічних можливостей безпілотних систем.

Дослідження ґрунтується на положеннях системного та системно-структурного аналізу, математичного моделювання і теорії ймовірностей. Застосування системного аналізу забезпечує комплексний розгляд взаємозв’язків між характеристиками об’єктів ураження, необхідним ресурсним забезпеченням і можливостями БпС. Системно-структурний аналіз використано для виокремлення основних етапів визначення потреби у засобах ураження та встановлення логічної послідовності їх виконання.

Методи математичного моделювання застосовано для формалізації процесу визначення потреби у засобах ураження на основі кількісних характеристик об’єктів ураження та параметрів безпілотних систем. Методи теорії ймовірностей використано для опису невизначеності результатів застосування засобів ураження та математичного представлення відповідних імовірнісних залежностей.

Інформаційну основу дослідження становлять наукові публікації з питань розвитку безпілотних і роботизованих систем, математичного моделювання розподілу ресурсів, а також теоретичні положення логістичного забезпечення Збройних Сил України озброєнням та військовою технікою [10].

Концептуальний підхід до управління логістичним забезпеченням Збройних Сил України [10] використано як теоретичне підґрунтя для формування методичної послідовності визначення потреби у засобах ураження для оснащення БпС. Запропонований підхід передбачає послідовне опрацювання вихідних даних, оцінювання характеристик об’єктів ураження, визначення потреби в ресурсах та перевірку її відповідності технічним можливостям безпілотних систем.

Структурно-логічну послідовність визначення потреби у засобах ураження для оснащення безпілотних систем наведено на рисунку 1.

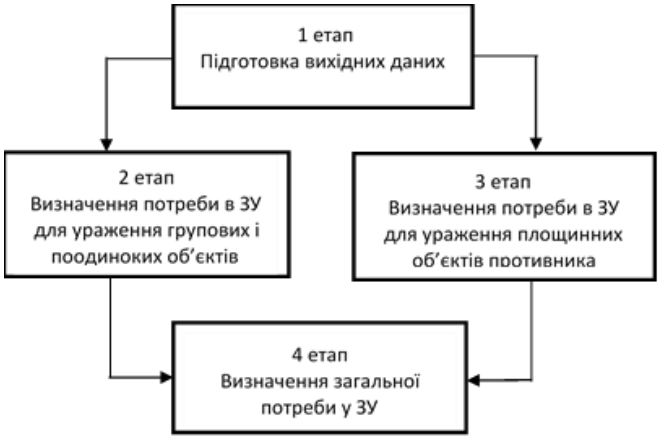



**Рисунок 1.** Послідовність визначення потреби у засобах ураження для безпілотних систем
***Джерело:*** розроблено авторами на основі систематизації методичних положень [10].

## *Результати дослідження*

**Підготовка вихідних даних**

Визначальним етапом є підготовка вихідних даних. Вихідні дані формуються за результатами оцінювання обстановки з використанням інформації, отриманої засобами наземної, повітряної та космічної розвідки, а також за результатами усвідомлення поставленого завдання. На цьому етапі має бути проведена комплексна оцінка об'єктів ураження, а саме: місцезнаходження, склад та характер функціонування, розміри, ступінь рухомості, ураженність, дальність виявлення та розпізнавання [12], ступінь захищеності та маскування, ступінь важливості [14], можливий характер їх дій тощо. Також визначається кількість групових, одиночних та площинних об'єктів ураження, їх розміри і характеристики, встановлюється необхідний ступінь їх ураження [16].

Для одиночних наземних об’єктів визначено такі типи (ступені) ураження [18]:

Знищення (тип “А”) — ураження одиночного об’єкта, внаслідок якого він припиняє функціонувати на термін не менше ніж сім діб.

Виведення з ладу (тип “В”) — ураження одиночного об’єкта, внаслідок якого він припиняє функціонувати на термін не менше ніж одну добу.

Пошкодження (тип “С”) — ураження одиночного об’єкта, внаслідок якого він припиняє функціонувати на термін не менше ніж одну годину.

Приймається припущення, що один засіб ураження призводить до ураження одиночного об’єкта за типом “С”.

Для групових і площинних об’єктів встановлюються такі типи ураження:

розгром – за такого типу ураження доля одиночних об’єктів (площ), які пошкоджено (уражено за типом “С”), має бути не менше 100%;

придушення – за такого типу ураження доля елементарних об’єктів (площ), які пошкоджено (уражено за типом “С”), має бути не менше 70%;

дезорганізація – за такого типу ураження доля елементарних об’єктів (площин) щодо пошкодження (ураження за типом “С”) має бути не менше 50%.

Кількість елементарних об’єктів у складі групового об’єкта визначають виходячи з поділу великого групового (площинного) об’єкта на $k$ умовно незалежних щодо ураження елементарних об’єктів.

Якщо на груповому неоднорідному об’єкті є різнотипні елементарні об’єкти, то вибирають один з них за основний, і характеристики уражаючої дії засобів ураження за цим

типом елементарних об’єктів приймають за характеристики уражаючої дії засобів ураження для всього об’єкта.

Основним критерієм оцінки ступеня ураження є відсоток втрат живої сили або техніки, що призводить до втрати здатності виконувати завдання.

Потрібна ймовірність ураження об’єкта $P_{\text{потр}}$ встановлюється в діапазоні 0,8-0,95.

Результати підготовки вихідних даних зводяться в таблиці 1-3.

**Таблиця 1.** Узагальнені дані про групові об’єкти ураження

| № з/п | Груповий об'єкт ураження | Кількість одиночних об'єктів ураження в складі групового | Ступінь ураження | Кількість об'єктів ураження | Вид одиночних об'єктів ураження |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**Таблиця 2.** Узагальнені дані про площинні об’єкти ураження

| № з/п | Площинний об'єкт ураження | Розміри | Ступінь ураження |
|---|---|---|---|
| | | | |

**Таблиця 3.** Узагальнені дані про одиночні об’єкти ураження

| № з/п | Одиночний об'єкт ураження | Розміри |
|---|---|---|
| | | |

В таблицю 3 зводяться дані про окремі одиночні об'єкти ураження та одиночні об'єкти зі складу групових.

Орієнтовні розміри типових одиночних об’єктів $l_x$ x $l_y$ (м × м) наведено в таблиці 4 [19]. Орієнтовні розміри типових групових (площинних) об’єктів $l_x$ x $l_y$ (км × км) та їх склад наведено в таблиці 5.

**Таблиця 4.** Орієнтовний перелік типових одиночних об’єктів ураження

| Типовий одиночний об’єкт | Розміри об’єкта $l_x$ x $l_y$ (м × м) |
|---|---|
| Танк | 3,5 x 7 |
| Броне-транспортер | 3 x 8 |
| Бойова машина піхоти | 3,5 x 7 |
| Бойова броньована машина | 2,5 x 6 |
| Автомобілі загального користування (тягачі) | 2,5 x 6 |
| Пускова установка оперативно-тактичних ракет | 3 x 13 |
| Пускова установка тактичних ракет | 3 x 10 |
| Пускова установка (бойова машина) зенітного ракетного комплексу | 3,2x13,5 |
| Радіолокаційна станція | 2,5 x 6 |
| Літак на відкритій стоянці | 15 x 20 |
| Вертоліт на відкритій стоянці | 4,5 x 18 |
| Реактивна система залпового вогню | 3,2 x 12 |
| Самохідна артилерійська установка | 3,6 x 8 |
| Артилерійська установка, що буксирується | 2 x 4,5 |

***Джерело:*** складено авторами за матеріалами [19].

**Таблиця 5.** Орієнтовний перелік типових групових (площинних) об'єктів ураження

| Типовий груповий (площинний) об'єкт | Розміри об'єкта $l_x$ x $l_y$ (км × км) | Захищеність | Найбільш уразливі елементи |
|---|---|---|---|
| Стаціонарний командний пункт виду збройних сил | Котловина заглиблена на 18 м, триповерхова залізобетонна споруда 0,3×0,4 | клас захисту 5-А | ЦБУ, РІЦ (80×100 м), передавальний та приймальний центри на віддаленні до 10 км (50×100 м) |
| Командний пункт оперативного угрупування | (7-8)×(7-8) | відкрито або в укриттях насипного типу | ЦБУ, вузол зв'язку (50×100 м) |
| Командний пункт оперативно-тактичного угрупування | (3-4)×(3-4) | відкрито або в укриттях насипного типу | ЦБУ, вузол зв'язку (50×100 м) |
| Командний пункт оперативно-тактичного угруповання (польовий) | (1-2)×(1-2) | відкрито або в укриттях насипного типу | спецмашини, вузол зв'язку (30×70 м) |
| Радіолокаційний пост | радіус до 1 км | відкрито або в укриттях насипного типу | ПУ, РЛС (50×100 м) |
| Ракетний дивізіон оперативно-тактичних ракет (тактичних ракет) | 10-12×10-12 | відкрито або в укриттях насипного типу | КП, ПУ батареї, стартове відділення (радіус 70-100 м) |
| Командний пункт зенітної ракетної бригади (полку) | 0,4-0,6×0,8-1 | відкрито або в укриттях насипного типу | РЛС, спецмашини (радіус 1 км) |
| Зенітний ракетний дивізіон ЗРК середньої дальності | радіус 0,5 км | відкрито або в укриттях насипного типу | РПН, пусковий комплекс, КБУ, (радіус 400 м) |
| Зенітна ракетна батарея ЗРК середньої дальності | радіус 0,5 км | відкрито | БСНР, пускові установки (радіус 150-500 м) |
| Зенітний ракетний дивізіон ЗРК малої дальності | радіус до 5 км | відкрито | РЛС, ПБУ, СВУ |
| Зенітна ракетна батарея ЗРК ближньої дії | 5×0,5 | відкрито | БКП, бойові машини |
| Аеродром базування авіації | 3×4 | відкрито, літаки в УНТ або ангарах | КП, ЗПС, стоянки літаків, склади б/п, ПММ (50×100 м) |

| Типовий груповий (площинний) об'єкт | Розміри об'єкта $l_x$ x $l_y$ (км × км) | Захищеність | Найбільш уразливі елементи |
|---|---|---|---|
| Батальйон МТЗ | (10-15)×(10-15) | відкрито або в УНТ | склади арт. озброєння, ПММ (100×500 м) |
| Ракетний дивізіон тактичних ракет:<br>в позиційному районі<br><br>на марші | <br><br>6-9×6-9<br><br>0,1×1 | <br><br>відкрито або в УНТ<br><br>відкрито | КП, ПУ батареї, пускові установки (радіус 100-120 м) |
| Мотострілецька (танкова) бригада:<br>на марші<br>у наступі<br>в обороні | <br>0,05×10<br>5×6-8<br>15-20×15-20 | відкрито | КП (ЗКП, ДПУ), омб (отб) |
| Мотострілецький (танковий) батальйон:<br>у вихідному районі<br>на марші<br>у наступі<br>в обороні | <br>10 км$^2$<br>0,05×2<br>2×1,5<br>3-5×2-2,5 | відкрито | КПС, бойова техніка батальйонів першого ешелону |
| Артдивізіон:<br>на марші<br>у позиційному районі | <br>0,1×1<br><br>1-2×1 | відкрито | КПС, бойова техніка |
| Реактивний артдивізіон:<br>на марші<br>у позиційному районі | <br>0,1×1<br><br>1-2×1 | відкрито | КПС, бойова техніка |

***Джерело:*** потребує уточнення першоджерела наведених довідкових характеристик.

Характеристики засобів ураження відповідно до документації: тип безпілотного комплексу, який несе засіб ураження; тип засобів ураження; цільове навантаження (кількість засобів ураження); точність застосування засобів ураження.

**Визначення потреби у засобах ураження для групових та одиночних об'єктів**

На цьому етапі здійснюється розрахунок необхідних засобів ураження для ураження об'єктів противника, що вказані в таблиці 4 (окремі одиночні об'єкти ураження та одиночні об'єкти зі складу групових).

Вибір доцільного типу засобів ураження.

Вибір доцільного типу засобів ураження здійснюється з урахуванням характеристик його уражаючої дії та типу уражуваності об'єкту:

*легкоуражувані об'єкти*, до яких відносяться об'єкти, життєво-важливі елементи які захищені перепонами, еквівалентними стальним перепонам товщиною до 6 мм (жива сила, радіолокаційні станції, літаки на відкритих стоянках, ракети на пускових установках тощо), доцільно застосовувати засоби ураження осколково-фугасної або запалювальної дії;

*легкоброньовані об'єкти*, до яких відносяться об'єкти, життєво важливі елементи яких захищені перепонами, еквівалентні стальним перепонам товщиною від 6 мм до 20 мм (бойові машини піхоти, бронетранспортери тощо), доцільно застосовувати засоби ураження малих калібрів кумулятивно-осколкової дії або крупних калібрів осколково-фугасної дії;

*броньовані об'єкти*, до яких відносяться об'єкти, життєво важливі елементи яких захищені перепонами, еквівалентними стальним перепонам товщиною від 20 мм до 200 мм (танки, самохідні артилерійські установки тощо), доцільно застосовувати засоби ураження з бойовими частинами кумулятивної дії та протитанкові засоби ураження;

*об'єкти, ураження яких пов'язані з пробиванням та руйнуванням масивного бетонного і залізобетонного перекриття та перепон* (бетонні злітно-посадкові смуги, арочні укриття для літаків і техніки, автомагістралі, залізобетонні мости тощо), доцільно застосовувати засоби ураження крупного калібру з бойовими частинами осколково-фугасної дії (що проникають), товстостінні фугасні та бетонобійні;

*об'єкти з цегляними та залізобетонними спорудами міського типу* (адміністративні та промислові будівлі, складські приміщення відкритого типу тощо), доцільно застосовувати засоби ураження з бойовими частинами фугасної, осколково-фугасної та запалювальної дії;

*підземні об'єкти та об'єкти, що мають захисні земляні перекриття* (бліндажі, земляні укриття, підземні склади тощо), доцільно застосовувати засоби ураження з бойовими частинами осколково-фугасної та фугасної дії (що проникають).

Визначення ймовірності $P_1$ ураження одиночного об'єкту одним засобом ураження.

Критерієм ефективності ураження одиночної цілі є ймовірність її ураження. У випадку, коли середні (ймовірні) відхилення засобів ураження $E_x$ і $E_x$ відомі, середнє квадратичне відхилення вздовж осей розсіювання $\sigma_x$ $\sigma_y$визначається за формулами (1):

$$\sigma_x = \frac{E_x}{0{,}6745}; \qquad \sigma_y = \frac{E_y}{0{,}6745} \tag{1}$$

Зокрема, для кумулятивних засобів ураження, коли радіуси ймовірного кругового відхилення $R$ засобів ураження відомі, то середнє квадратичне відхилення вздовж осей розсіювання визначається за формулою (2):

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{R}{0{,}6745}; \tag{2}$$

а ймовірності влучення засобу ураження $P_x$ , $P_y$ в габарити цілі розраховуються за формулами (3) і (4) [20]:

$$P_x = 2\Phi\left(\frac{l_x}{2\sigma_x}\right) - 1; \tag{3}$$

$$P_y = 2\Phi\left(\frac{l_y}{2\sigma_y}\right) - 1. \tag{4}$$

де $\Phi_{(x)}$ – функція нормального розподілу (функція Лапласа).

Для осколкових і осколково-фугасних засобів ураження розраховуються ймовірність влучення засобу ураження $P_x$ , $P_y$ на відстані від цілі не більше половини радіуса ефективної зони ураження:

$$P_x = 2\Phi\left(\frac{l_x+2R_0}{2\sigma_x}\right) - 1 \tag{5}$$

$$P_y = 2\Phi\left(\frac{l_y+2R_0}{2\sigma_y}\right) - 1 \tag{6}$$

де $R_{(0)}$ – радіус ефективної зони ураження засобів ураження.

При розрахунках $\Phi_{(x)}$ можна використовувати наближену формулу, що дає похибку до 1 %:

$$\Phi(x) = \frac{1}{1+\exp(-1{,}7x)} \tag{7}$$

Ймовірність ураження одиночного об’єкту одним засобом ураження $P_1$ розраховується за формулою:

$$P_1 = P_x P_y. \quad (8)$$

Визначення необхідної кількості засобів ураження $n$:

$$n = \frac{\ln(1-M_{\text{потр}})}{\ln(1-M_1)} \quad (9)$$

Визначення показника придатності БпС $n$ до виконання бойового завдання (повна придатність при $N = 1$)

$$N = \frac{n}{m}, \quad (10)$$

де $m$ – кількість засобів ураження, що може застосувати наявна БпС.

**Визначення потреби в засобах ураження для ураження площинних об’єктів противника**

Вибір доцільного типу засобів ураження.

Для ураження площинних об'єктів доцільно використовувати засоби ураження з наведенням за координатами об'єкта.

Визначення сумарних середніх відхилень засобів ураження

Характеристикою точності системи наведення обраного засобу ураження є середні відхилення вздовж осей розсіювання $E_{xp}$ і $E_{yp}$.

Якщо вказаний радіус ймовірного кругового відхилення засобу ураження $R$, то $E_{xp} = E_{yp} = R$.

Сумарні середні відхилення засобу ураження $E_x$, $E_x$ розраховується за формулами:

$$E_x = \sqrt{E_{x\,\text{р}}^2 + E_{\text{тп}}^2} \quad (11)$$

$$E_y = \sqrt{E_{y\,\text{р}}^2 + E_{\text{тп}}^2} \quad (12)$$

де $E_{mn}$ – точність визначення координат точки прицілювання.

Точність визначення координат точки прицілювання залежить від способу отримання інформації про ціль. Орієнтовні значення точності визначення координат точки прицілювання в одиницях ймовірного відхилення наведено в таблиці 6.

**Таблиця 6**. Точність визначення координат точки прицілювання $E_{\text{тп}}$

| № з/п | Спосіб визначення координат точки прицілювання | $E_{\text{тп}}$,м |
|---|---|---|
| 1 | Завчасно для стаціонарних об'єктів з використанням топо-геодезичного обладнання | 0,1 |
| 2 | За електронною мапою місцевості | 5 |
| 3 | За паперовою мапою | 10 |
| 4 | З використанням радіотехнічних засобів розвідки | 100 |

***Джерело:*** розроблено авторами.

Визначення ступеня ураження площинного об’єкта одним засобом ураження.

Критерій ефективності ураження площинної цілі – ймовірність досягнення збитку не менше заданого значення. Ступінь ураження площинного об’єкта одним засобом ураження розраховується за формулою:

$$M = \frac{S}{4L_x L_y}, \quad (13)$$

де $L_x, L_y$ – точність визначення координат точки прицілювання.

$$L_x = \sqrt{\left(\frac{l_x}{2}\right)^2 + 6.6E_x^2}; \quad (14)$$

$$L_y = \sqrt{\left(\frac{l_y}{2}\right)^2 + 6.6E_y^2}; \quad (15)$$

де $S$ – площа ефективної зони ураження розраховується за формулою:

$$S = \pi R_0^2. \quad (16)$$

Визначення необхідної кількості засобів ураження $n$:

$$n = \frac{\ln(1-M_{\text{потр}})}{\ln(1-M_1)}, \quad (17)$$

де $M_{\text{потр}} = 1{,}0$ – для ступеню ураження “розгром”;
$M_{\text{потр}} = 0{,}7$ – для ступеню ураження “придушення”;
$M_{\text{потр}} = 0{,}5$ – для ступеню ураження “дезорганізація”.

**Визначення загальної потреби в** засобах ураження**.**

Потреба в засобах ураження $k$-го типу для виконання завдань вогневого ураження розраховується за формулою:

$$N_k^{\text{ВУ}} = \sum_{i=1}^{G} M_{ci}\, N_{ki} \quad (18)$$

де $M_{ci}$ – кількість цілей $i$-го типу;
$N_{ki}$ – засіб ураження $k$-го типу для ураження цілі $i$-го типу;
$G$ – кількість типів цілей.

Результати розрахунку зводяться в таблицю 7.

**Таблиця 7.** Загальна потреба у засобах ураження

| № з/п | Тип засобів ураження | Тип цілі | Кількість цілей | Потрібна безпілотна система | Тип і кількість засобів ураження |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

Результати, наведені в таблиці 7, можуть бути використані підрозділами логістичного забезпечення під час планування відповідної військової операції.

## *Обговорення*

Отримані результати свідчать, що запропонований підхід відрізняється від класичних задач розподілу ресурсів тим, що розглядає не лише задачу призначення вже наявного ресурсу, а й попередній етап формування потреби в ньому.

У сучасних роботах, присвячених weapon–target assignment, основна увага приділяється пошуку оптимального розподілу наявних ресурсів між об'єктами за певним критерієм [11, 13, 15, 17]. Такий підхід є важливим для оптимізації прийняття рішень, однак передбачає, що склад доступного ресурсу вже визначено.

Запропонований у цій роботі підхід розглядає іншу постановку задачі – визначення необхідного складу ресурсу до моменту його розподілу. Це дозволяє пов'язати характеристики об'єкта та вимоги до результату з можливостями конкретної БпС.

Водночас методика має низку обмежень. Результати залежать від достовірності вихідних даних, а модельні припущення щодо незалежності окремих подій і точності

параметрів можуть впливати на кінцевий результат. Крім того, розрахункова модель не враховує повною мірою динамічний характер середовища, зміни умов застосування та невизначеність вихідних даних.

Тому запропонований підхід доцільно розглядати як методичну основу для подальшого розвитку моделей оцінювання потреби, а не як універсальну модель, придатну для всіх сценаріїв без додаткового уточнення параметрів.

## *Висновки*

У роботі запропоновано методичний підхід до визначення потреби в засобах ураження БпС для виконання визначених завдань. Підхід ґрунтується на послідовному врахуванні характеристик об'єкта, параметрів умов застосування, точності системи та обмежень доступних ресурсів.

Наукова новизна запропонованого підходу полягає у поєднанні етапів визначення характеристик об'єкта, формування потреби, кількісного оцінювання необхідного ресурсу та перевірки відповідності отриманої потреби можливостям конкретної БпС.

На відміну від підходів, орієнтованих переважно на оптимальний розподіл уже наявного ресурсу, запропонована методика також розглядає попередній етап формування потреби. Це дозволяє пов'язати вимоги до виконання завдання з характеристиками системи та доступного ресурсу.

Запропонована методика забезпечує формалізований опис послідовності визначення потреби у засобах ураження для оснащення безпілотних систем з урахуванням характеристик об’єктів ураження, заданих вимог до результативності та наявних ресурсних обмежень. Представлені математичні залежності й структурно-логічна схема визначають порядок проведення відповідних розрахунків та створюють методичне підґрунтя для подальшої перевірки запропонованого підходу.

Разом із тим отримані результати залежать від якості вихідної інформації та прийнятих модельних припущень. Подальші дослідження доцільно спрямувати на експериментальну перевірку параметрів моделі, аналіз чутливості результатів до зміни вихідних даних, уточнення характеристик засобів ураження та інтеграцію запропонованого підходу в автоматизовані системи підтримки прийняття рішень.

## *Фінансування*

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

## *Конкуруючі інтереси*

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

## *Використання штучного інтелекту*

Мовне редагування, переклад, технічна перевірка тексту.

## *Список використаних джерел*

1. Безпілотні системи : доктрина ОП 3-0(46) / затв. Головнокомандувачем Збройних Сил України 14.08.2025. 2025. 32 с.
2. Дачковський В. О., Каламурза О. Г. Аналіз розвитку наземних роботизованих комплексів. Social Development and Security. 2025. Т. 15, № 3. С. 223–236. DOI: https://doi.org/10.33445/sds.2025.15.3.20.
3. Pentagon Unmanned Systems Integrated Roadmap 2017–2042. USNI News. 2018. 30 August. URL: https://news.usni.org/2018/08/30/pentagon-unmanned-systems-integrated-roadmap-2017-2042/ (дата звернення: 05.02.2026).

4. Рудианов Н. А., Хрущев В. С., Рябов А. В. Автономные робототехнические комплексы в системе вооружения Сухопутных войск. Ракетно-техническое и артиллерийско-техническое обеспечение Вооруженных Сил РФ. 2018. С. 49–51.
5. Чепков І. Б., Довгополий А. С., Гусляков О. М. Концептуальні засади створення вітчизняних ударно-розвідувальних наземних роботизованих комплексів важкого класу. Озброєння та військова техніка. 2019. № 3 (23). С. 16–25. DOI: https://doi.org/10.34169/2414-0651.2019.3(23).16-25.
6. Дачковський В. О. Обґрунтування загальних вимог до безпілотних ударних апаратів для знищення безпілотних літальних апаратів противника. Випробування і сертифікація озброєння та військової техніки : тези доповідей XXV науково-технічної конференції Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки (м. Черкаси, 25 вересня 2025 р.). Черкаси, 2025. С. 259–260.
7. Дачковський В. О., Мельник Б. О., Семененко В. М. Перспективи розвитку робототехніки та способи її застосування у сучасних бойових діях з урахуванням досвіду операції об'єднаних сил (антитерористичної операції). Проблеми координації воєнно-технічної та оборонно-промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки : тези доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції. Київ, 2020. С. 54.
8. Гусляков О. М., Довгополий А. С., Чепков І. Б. Критичні технології для створення наземних робототехнічних комплексів важкого та середнього класу. Озброєння та військова техніка. 2020. № 1 (25). С. 24–34. DOI: https://doi.org/10.34169/2414-0651.2020.1(25).24-34.
9. Yao J., Zhang Y., Ji J., Liu K., Fan H., Li X. A multi-type target collaborative allocation method with temporal constraints. Intelligent Systems with Applications. 2026. Vol. 30. Article 200665. DOI: https://doi.org/10.1016/j.iswa.2026.200665.
10. Гаврилюк І. Ю., Мацько О. Й., Дачковський В. О. Концептуальні основи управління в системі логістичного забезпечення Збройних Сил України. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2019. № 1 (34). С. 37–44. DOI: https://doi.org/10.33099/2311-7249/2019-34-1-37-44.
11. Wang T., Fu L., Wei Z., Zhou Y., Gao S. Unmanned ground weapon target assignment based on deep Q-learning network with an improved multi-objective artificial bee colony algorithm. Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2023. Vol. 117, Part B. Article 105612. DOI: https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105612.
12. Tyagur V., Bagan V., Khaustov D. Scientific and methodological approach to ensuring the protection and survivability of tanks against aerial threats. Scientific Bulletin of the Military Institute of Armament Technology. Issues of Armament Technology. 2025. Vol. 173, No. 2. P. 69–85. DOI: https://doi.org/10.5604/01.3001.0055.1535.
13. Lingren Kong. Solving the Dynamic Weapon Target Assignment Problem by an Improved Multiobjective Particle Swarm Optimization Algorithm / Lingren Kong, Jianzhong Wang, Peng Zhao // Applied Sciences. 2021. 11(19). 9254. https://doi.org/10.3390/app11199254.
14. Баган В. Р., Карпенко О. С. Тактична важливість і квантифікація небезпек повітряної цілі для бойової машини. Збірник наукових праць Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України. 2024. № 4 (95). С. 96–101.
15. Bi W., Wang Z., Xu Y., Zhang A. Weapon-target assignment for unmanned aerial vehicles: A multi-strategy threshold public goods game approach. Defence Technology. 2025. Vol. 48. P. 221–237. https://doi.org/10.1016/j.dt.2025.01.014.
16. Козир А. Г., Башинський Д. В. Аналіз факторів, що визначають пріоритетність обрання наземних цілей під час антитерористичної операції. Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОВТ. 2019. Вип. 1. С. 87–92.

17. A comprehensive survey of weapon target assignment problem: Model, algorithm, and application. Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2024. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.109212.
18. Дачковський В. О., Курбан В. А. 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 (м. Харків, 15–17 травня 2019 р.) : у 5 ч. / за ред. Є. І. Сокола. Харків : НТУ «ХПІ», 2019. Ч. V. С. 54.
19. Дачковський В. О., Ярошенко О. В., Овчаренко І. В. Основи теоретичних досліджень розвитку озброєння та військової техніки : навч. посіб. Київ : НУОУ, 2023. 222 с.
20. Вентцель О. С., Овчаров Л. А. Теорія випадкових процесів і її інженерні додатки. 2-ге вид. Москва : Вища школа, 2000. 383 с.

## *References*

1. Bezpilotni systemy: Doktryna OP 3-0(46) [Unmanned systems: Doctrine OP 3-0(46)]. (2025). Zbroini Syly Ukrainy. [Approved by the Commander-in-Chief of the Armed Forces of Ukraine on August 14, 2025].
2. Dachkovskyi, V. O., & Kalamurza, O. H. (2025). Analiz rozvytku nazemnykh robotyzovanykh kompleksiv [Analysis of the development of ground robotic systems]. Social Development and Security, 15(3), 223–236. https://doi.org/10.33445/sds.2025.15.3.20
3. Pentagon unmanned systems integrated roadmap 2017–2042. (2018, August 30). USNI News. https://news.usni.org/2018/08/30/pentagon-unmanned-systems-integrated-roadmap-2017-2042/
4. Rudianov, N. A., Khrushchev, V. S., & Riabov, A. V. (2018). Avtonomnye robototekhnicheskie kompleksy v sisteme vooruzheniia Sukhoputnykh voisk [Autonomous robotic systems in the armament system of the Ground Forces]. Raketno-tekhnicheskoe i artilleriisko-tekhnicheskoe obespechenie Vooruzhennykh Sil RF, 49–51.
5. Chepkov, I. B., Dovhopolyi, A. S., & Husliakov, O. M. (2019). Kontseptualni zasady stvorennia vitchyznianykh udarno-rozviduvalnykh nazemnykh robotyzovanykh kompleksiv vazhkoho klasu [Conceptual foundations for the development of domestic heavy-class strike and reconnaissance ground robotic systems]. Ozbroiennia ta viiskova tekhnika, 3(23), 16–25. https://doi.org/10.34169/2414-0651.2019.3(23).16-25
6. Dachkovskyi, V. O. (2025). Obgruntuvannia zahalnykh vymoh do bezpilotnykh udarnykh aparativ dlia znyshchennia bezpilotnykh litalnykh aparativ protyvnyka [Justification of general requirements for unmanned strike vehicles designed to destroy enemy unmanned aerial vehicles]. In Vyprobuvannia i sertyfikatsiia ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky: Tezy dopovidei XXV naukovo-tekhnichnoi konferentsii [Testing and certification of armaments and military equipment: Abstracts of the 25th scientific and technical conference] (pp. 259–260). Cherkasy, Ukraine.
7. Dachkovskyi, V. O., Melnyk, B. O., & Semenenko, V. M. (2020). Perspektyvy rozvytku robototekhniky ta sposoby yii zastosuvannia u suchasnykh boiovykh diiakh z urakhuvanniam dosvidu operatsii obiednanykh syl (antyterorystychnoi operatsii) [Prospects for the development of robotics and methods of its application in modern combat operations considering the experience of the Joint Forces Operation (Anti-Terrorist Operation)]. In Problemy koordynatsii voienno-tekhnichnoi ta oboronno-promyslovoi polityky v Ukraini. Perspektyvy rozvytku ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky: Tezy dopovidei VIII Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii [Problems of coordination of military-technical and defense-industrial policy in Ukraine: Prospects for the development of armaments and military equipment] (p. 54). Kyiv, Ukraine.
8. Husliakov, O. M., Dovhopolyi, A. S., & Chepkov, I. B. (2020). Krytychni tekhnolohii dlia stvorennia nazemnykh robototekhnichnykh kompleksiv vazhkoho ta serednoho klasu [Critical

technologies for the development of heavy- and medium-class ground robotic systems]. Ozbroiennia ta viiskova tekhnika, 1(25), 24–34. https://doi.org/10.34169/2414-0651.2020.1(25).24-34

9. Yao, J., Zhang, Y., Ji, J., Liu, K., Fan, H., & Li, X. (2026). A multi-type target collaborative allocation method with temporal constraints. Intelligent Systems with Applications, 30, Article 200665. https://doi.org/10.1016/j.iswa.2026.200665
10. Havryliuk, I. Yu., Matsko, O. Y., & Dachkovskyi, V. O. (2019). Kontseptualni osnovy upravlinnia v systemi lohistychnoho zabezpechennia Zbroinykh Syl Ukrainy [Conceptual foundations of management in the logistics support system of the Armed Forces of Ukraine]. Suchasni informatsiini tekhnolohii u sferi bezpeky ta oborony, 1(34), 37–44. https://doi.org/10.33099/2311-7249/2019-34-1-37-44
11. Wang, T., Fu, L., Wei, Z., Zhou, Y., & Gao, S. (2023). Unmanned ground weapon target assignment based on deep Q-learning network with an improved multi-objective artificial bee colony algorithm. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 117, Article 105612. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105612
12. Tyagur, V., Bagan, V., & Khaustov, D. (2025). Scientific and methodological approach to ensuring the protection and survivability of tanks against aerial threats. Scientific Bulletin of the Military Institute of Armament Technology. Issues of Armament Technology, 173(2), 69–85. https://doi.org/10.5604/01.3001.0055.1535
13. Kong, L., Wang, J., & Zhao, P. (2021). Solving the dynamic weapon target assignment problem by an improved multiobjective particle swarm optimization algorithm. Applied Sciences, 11(19), Article 9254. https://doi.org/10.3390/app11199254
14. Bagan, V. R., & Karpenko, O. S. (2024). Taktychna vazhlyvist i kvantyfikatsiia nebezpek povitrianoi tsili dlia boiovoi mashyny [Tactical importance and quantification of aerial target threats to a combat vehicle]. Zbirnyk naukovykh prats Tsentralnoho naukovo-doslidnoho instytutu ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky Zbroinykh Syl Ukrainy, 4(95), 96–101.
15. Bi, W., Wang, Z., Xu, Y., & Zhang, A. (2025). Weapon-target assignment for unmanned aerial vehicles: A multi-strategy threshold public goods game approach. Defence Technology, 48, 221–237. https://doi.org/10.1016/j.dt.2025.01.014
16. Kozyr, A. H., & Bashynskyi, D. V. (2019). Analiz faktoriv, shcho vyznachaiut priorytetnist obrannia nazemnykh tsilei pid chas antyterorystychnoi operatsii [Analysis of factors determining the priority of ground target selection during the Anti-Terrorist Operation]. Zbirnyk naukovykh prats DNDI VS OVT, 1, 87–92.
17. Li, J., Wu, G., & Wang, L. (2024). A comprehensive survey of weapon target assignment problem: Model, algorithm, and application. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 137, Article 109212. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.109212
18. Dachkovskyi, V. O., & Kurban, V. A. (2019). Perspektyvy rozvytku robotyzovanykh zasobiv urazhennia nazemnykh rukhomykh obiektiv [Prospects for the development of robotic systems for engaging moving ground objects]. In Ye. I. Sokol (Ed.), Informatsiini tekhnolohii: Nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorovia: Tezy dopovidei XXVII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii MicroCAD-2019 [Information technologies: Science, engineering, technology, education, health] (Part 5, p. 54). NTU «KhPI».
19. Dachkovskyi, V. O., Yaroshenko, O. V., & Ovcharenko, I. V. (2023). Osnovy teoretychnykh doslidzhen rozvytku ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky [Fundamentals of theoretical research on the development of armaments and military equipment]. NUOU.
20. Venttsel, O. S., & Ovcharov, L. A. (2000). Teoriia vypadkovykh protsesiv i yii inzhenerni dodatky [Theory of random processes and its engineering applications] (2nd ed.). Vyshcha shkola.

This is an open access journal and all published articles are licensed under a Creative Commons «Attribution» 4.0.