Центральний науково-дослідний інститут
Збройних Сил України
Military Science. Vol. 1 No. 1. 2023

Оцінювання ефективності захисту військ від безпілотних літальних апаратів силами і засобами інженерної підтримки

Олександр Волощенко
кандидат військових наук, старший дослідник
провідний науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, Повітрофлотський проспект, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: vaikiev63@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2717-1283

Анотація. Актуальність дослідження обумовлена високим рівнем втрат військ від безпілотних літальних апаратів противника під час бойових дій та необхідністю підвищення рівня їхнього захисту силами і засобами інженерної підтримки, зокрема за рахунок виконання комплексу інженерних заходів з фортифікаційного обладнання об'єктів військ та їх маскування табельними маскувальними комплектами. У зв'язку з цим дана стаття спрямована на виявлення чинників, які у сучасних умовах найбільше впливають на ефективність інженерного захисту об'єктів військ та урахування цих чинників під час розроблення методичного підходу до оцінювання ефективності захисту військ від безпілотних літальних апаратів силами і засобами інженерної підтримки, використання якого дозволить отримувати більш коректні результати оцінювання та на їх основі розробляти дієві практичні рекомендації щодо підвищення захисту військ від безпілотних літальних апаратів під час бойових дій. Для вирішення цього завдання використано метод математичного моделювання, який дозволяє описати складний процес інженерного захисту об'єктів військ мовою математики та отримати результати для подальшого розроблення зазначених вище рекомендацій. У статті представлено структурно-логічну схему методичного підходу до оцінювання ефективності захисту військ від безпілотних літальних апаратів силами і засобами інженерної підтримки, наведено опис етапів оцінювання, основні вихідні дані, часткові та узагальнений показники ефективності, критерії та умови для оцінювання. Матеріали статті становлять практичну цінність для органів управління, які під час планування застосування військ виконують розрахунки з визначення потрібного обсягу інженерних заходів для підвищення живучості військ під час бойових дій та зменшення рівня їхніх втрат від безпілотних літальних апаратів.

Ключові слова: безпілотні літальні апарати, інженерна підтримка, об'єкти військ.

Вступ (Introduction)

Аналіз російсько-української війни свідчить про дедалі зростаюче застосування противником безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА) для ураження наших військ з метою зниження їх боєздатності та отримання переваги на полі бою (Залужний, Мойсюк, Шаптала, 2022). З початку повномасштабного вторгнення російських військ в Україну у Збройних Силах України (далі – ЗС України) набуто певного досвіду щодо захисту своїх об'єктів від БпЛА, зокрема за рахунок їх укриття у польових фортифікаційних спорудах та їх маскування табельними маскувальними комплектами (Офіс Президента України, 2022). Однак втрати наших військ від БпЛА противника під час бойових дій все ще залишаються високими, насамперед в районах тривалого перебування військ по яких противник завдає прицільні удари БпЛА (Залужний, Мойсюк, Шаптала, 2022). Зазначене становить проблему, від вирішення якої безпосередньо залежить живучість наших військ під час бойових дій та виконання ними

визначених бойових завдань. Для розв'язання цієї проблеми необхідно розробити рекомендації щодо підвищення захисту військ від БпЛА силами і засобами інженерної підтримки, зокрема за рахунок укриття їхніх об'єктів у польових фортифікаційних спорудах та їх маскування табельними маскувальними комплектами. Виконання цього завдання насамперед потребує розроблення методичного підходу до оцінювання ефективності захисту військ від БпЛА силами і засобами інженерної підтримки, за результатами використання якого можна буде розробити зазначені вище рекомендації.

Методологічна основа (Methodological Framework)

Аналіз сучасних збройних конфліктів свідчить про широке застосування протиборчими сторонами БпЛА для ураження об'єктів військ противника. Найбільшого успіху щодо захисту об'єктів військ від БпЛА досягнуто в арміях США, Туреччини, Франції та Ізраїлю, війська яких приймали безпосередню участь у бойових діях на Близькому Сході та африканському континенті (Ткаченко, Данік, 2002). Армії цих країн наряду із традиційними заходами захисту військ від БпЛА системами протиповітряної оборони (далі – ППО) ефективно використовують сили і засоби підтримки, зокрема сили і засоби радіоелектронної боротьби (далі – РЕБ) для подавлення радіоперешкодами радіоелектронних систем розвідки і наведення наземної і повітряної складової БпЛА, сили і засоби інженерної підтримки для виконання інженерних заходів з фортифікаційного обладнання (далі – ФО) та інженерних заходів з маскування, як окремих об'єктів військ так і районів їхнього зосередження, а також сили і засоби хімічного, біологічного, радіаційного та ядерного захисту для приховування об'єктів військ засобами аерозольного маскування. Особливого значення під час виконання заходів захисту військ від БпЛА набули сили і засоби інженерної підтримки, однак практика їх застосування свідчить про недосконаліть поєднання ними наявних способів і прийомів інженерного захисту, що суттєво знижує їхню ефективність (Романченко, Загорка, Бутенко, Дейнега, 2011). Набутий досвід щодо інженерного захисту військ від БпЛА у російсько-українській війні дозволяє стверджувати, що за рахунок виконання заходів з ФО та маскування об'єктів військ табельними маскувальними комплектами ефективність захисту військ від БпЛА може зрости у 1,5-2 рази (Волощенко, Кушніренко, Черних, 2020), (Kotsiuruba, Datsenko, Dachkovsky, Cherevko, Androshchuk, Tsybizov, Kryvtsun, 2021).

Результати і обговорення (Results and Discussions)

З початку повномасштабного вторгнення російських військ в Україні вирішувались часткові задачі щодо захисту об'єктів військ від БпЛА та розроблення цілісного методичного апарату з комплексного оцінювання ефективності заходів захисту, які на той час виконувались. Методичні рекомендації з цього питання розроблялись профільними науково-дослідними підрозділами науково-дослідних установ Міністерства оборони України та ЗС України. У зазначених рекомендаціях викладені загальні принципи і підходи до оцінювання ефективності заходів захисту військ від БпЛА з урахуванням особливостей ураження військ у сучасних операціях (бойових діях), визначені основні закономірності виникнення й розвитку чинників позитивного і негативного впливу, а також наведено аналіз стану основних складових створеної в Україні та у ЗС України системи щодо комплексного захисту військ. Зокрема, у (Ткаченко, Данік 2002) наведено опис методичного апарату з оцінювання ефективності заходів захисту військ від БпЛА силами і засобами ППО та РЕБ. У (Волощенко, Кушніренко, Черних, 2020) та (Коцюруба, Даценко та інші, 2021) наведено методики для розрахунку стійкості покриття польових фортифікаційних споруд для захисту військ від навісного вогневого впливу. Однак, наразі, у відомих автору джерелах інформації немає методичного апарату (методу, методичного підходу) до оцінювання ефективності захисту військ від БпЛА силами і засобами інженерної підтримки. Під час розроблення методичного підходу до оцінювання ефективності захисту військ від БпЛА

силами і засобами інженерної підтримки використано окремі положення теорії ймовірності (Вентцель, 1972), методи моделювання інженерного забезпечення (Юрков, 1990), а також методику оцінювання живучості точкових військових об'єктів у разі прицільного впливу й комплексну методику оцінювання ефективності маскувальних заходів з приховування й імітації військових об'єктів (Юрков, 1990). У якості критерію для оцінювання ефективності захисту військ від БпЛА силами і засобами інженерної підтримки обрано середній ступінь захисту військ від БпЛА ($k_{ІП}^{зах.В}$), який досягається силами і засобами інженерної підтримки за рахунок виконання ними потрібного обсягу інженерних робіт з ФО об'єктів військ та їх маскування табельними маскувальними комплектами. Прийнятий показник ефективності, його порогові величини та умови для оцінювання наведено на рисунку 1.

Структурно-логічна схема методичного підходу наведена на рисунку 2.

Згідно з рис. 2 ефективність захисту військ від БпЛА силами і засобами інженерної підтримки виконується за наступними етапами.

На етапі 1 здійснюється формування вихідних даних.

На етапі 2 вибираються показники, критерії та умови для оцінювання ефективності захисту військ від БпЛА силами і засобами інженерної підтримки.

На етапі 3 виконується розрахунок вибраних показників та здійснюється оцінювання ефективності захисту військ від БпЛА силами і засобами інженерної підтримки.

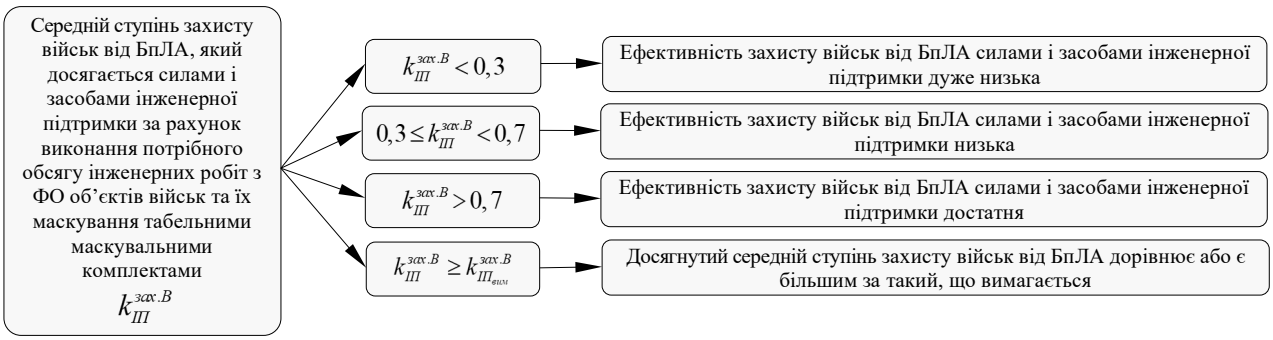


Рисунок 1. Прийнятий показник ефективності, його порогові величини та умови для оцінювання ефективності захисту військ від БпЛА силами і засобами інженерної підтримки (варіант)

Для цього у 3.1 визначається кількість об'єктів військ, які будуть ФО силами і засобами інженерної підтримки за визначений командувачем (командиром) час , *од.*:

$$N_{ФО}^{ОВ} = M_{ФО_{ОВ}}^{ІП} \cdot (1 - \beta_{зм}) \cdot T^{ФО} \cdot k_{ФО}^{ум}, \quad (1)$$

де $M_{ФО_{ОВ}}^{ІП}$ – можливості сил і засобів інженерної підтримки з ФО об'єктів військ, *од./год* (НУОУ ім. Івана Черняховського, 2015); $\beta_{зм} = 0,3...0,4$ – норми безповоротних втрат інженерної техніки для ФО (Наказ ЗС України, 2023); $T^{ФО}$ – визначений командувачем (командиром) час на ФО об'єктів військ, *год*; $k_{ФО}^{ум}$ – усереднений коефіцієнт умов ФО (табл. 1–3) (НУОУ ім. Івана Черняховського, 2015).

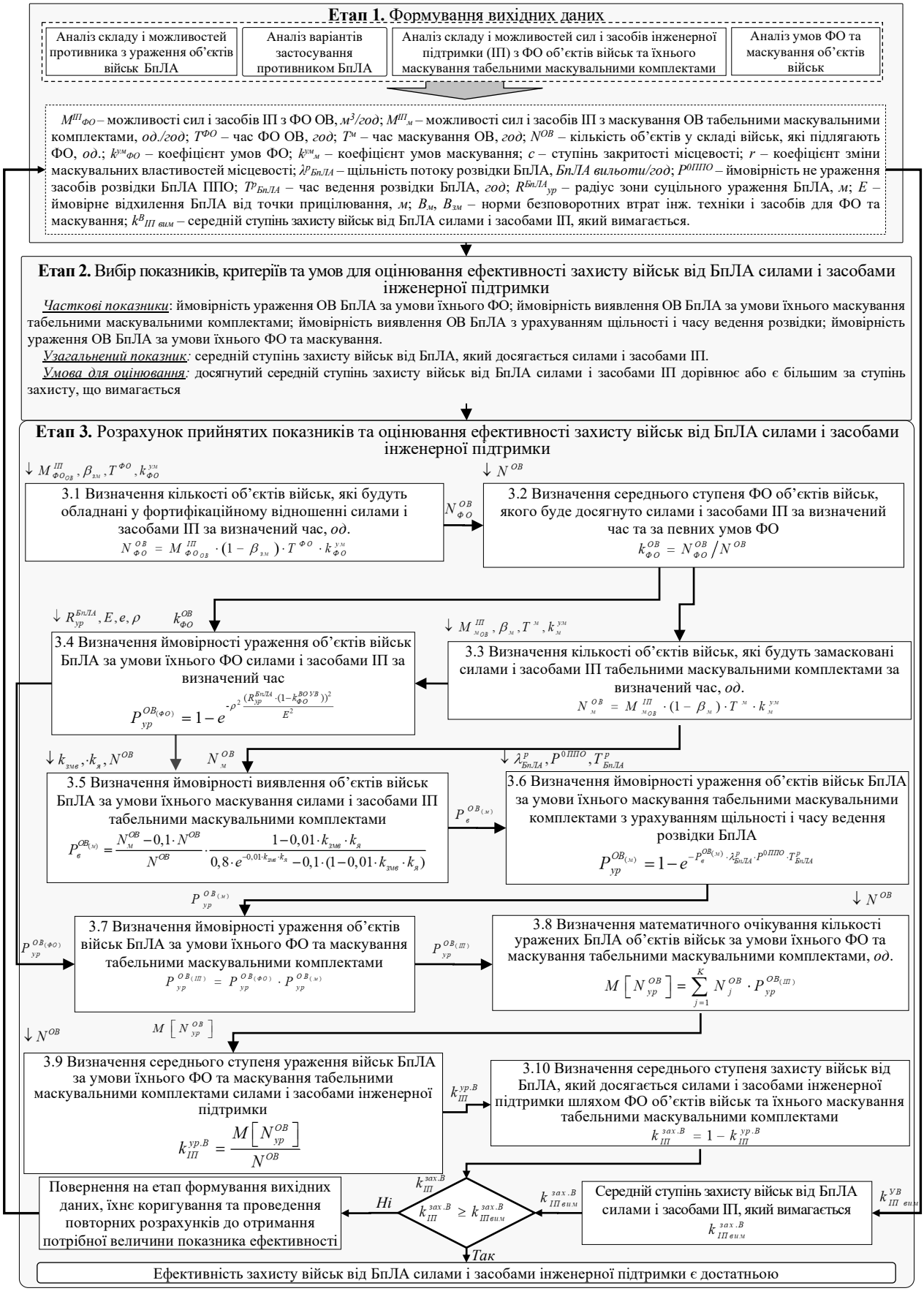


Рисунок 2. Структурно-логічна схема методичного підходу до оцінювання ефективності захисту військ від БпЛА силами і засобами інженерної підтримки

Таблиця 1. Коефіцієнт ґрунтів та способів їхнього розроблення, $k_{гр}$

Способи розроблення ґрунту	Ґрунт			
	Легкий	Середній	Твердий	Скельний
Вручну та засобами механізації	1,1–1,2	1,0	0,6–0,7	0,2–0,3
Вручну та вибуховими речовинами (ВР)	0,7			0,3–0,55
Вручну, засобами механізації та ВР	0,75			0,55
Засобами механізації та ВР	0,8			0,7

Таблиця 2. Коефіцієнт часу доби, $k_{д}$

Час доби		
День	Вечір (ранок)	Ніч
1	0,85	0,7

Таблиця 3. Коефіцієнт температури повітря на зараженій місцевості, k_t

Температура повітря, $^{\circ}C$	– 20	– 10	0	+10	+ 20	+ 30
k_t	0,8	0,75	0,7	0,6	0,5	0,1

У 3.2 визначається середній ступінь ФО об'єктів військ, якого буде досягнуто силами і засобами інженерної підтримки за визначений командувачем (командиром) час:

$$k_{ФО}^{ОВ} = N_{ФО}^{ОВ} / N^{ОВ}, \quad (2)$$

де $N_{ФО}^{ОВ}$ – кількість об'єктів військ, які будуть ФО силами і засобами інженерної підтримки за визначений командувачем (командиром) час, *од.*; $N^{ОВ}$ – загальна кількість об'єктів військ для ФО *од.*

У 3.3 визначається кількість об'єктів військ, які будуть замасковані силами і засобами інженерної підтримки табельними маскувальними комплектами за визначений командувачем (командиром) час, *од.*:

$$N_{м}^{ОВ} = M_{м_{ОВ}}^{ІП} \cdot (1-\beta_{м}) \cdot T^{м} \cdot k_{м}^{ум}, \quad (3)$$

де $M_{м_{ОВ}}^{ІП}$ – можливості сил і засобів інженерної підтримки з маскування табельними маскувальними комплектами, *од./год* (НУОУ ім. Івана Черняховського, 2015); $\beta_{м} = 0,1...0,3$ – норми безповоротних втрат табельних маскувальних комплектів (Наказ ЗС України, 2023); $T^{м}$ – визначений командувачем (командиром) час маскування об'єктів військ, *год*; $k_{ФО}^{ум}$ – усереднений коефіцієнт умов маскування об'єктів військ табельними маскувальними комплектами (табл. 2–4) (НУОУ ім. Івана Черняховського, 2015).

Таблиця 4. Коефіцієнт маскувальних властивостей місцевості за місяцями року та типом лісонасаджень, $k_{л}$

Тип лісу	Значення за місяцями року											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Хвойний	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Листяний	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1	1	1	0,9	0,8	0,5	0,5
Змішаний	0,75	0,75	0,8	0,9	0,95	1	1	1	0,95	0,9	0,75	0,75

Досвід свідчить, що радіус зони суцільного ураження БпЛА зі зростанням середнього ступеня ФО об'єктів військ зменшується у рази (рис. 3).

Саме тому математична залежність, за допомогою якої у (Методика оцінки живучості

точкових військових об'єктів при прицільному впливі, 1990) визначається ймовірність ураження об'єктів військ у разі прицільного вплив, доповнена показником $k_{ФО}^{ОВ}$ (2), зростання якого зменшує радіус суцільного ураження БпЛА та, відповідно, ймовірність ураження цих об'єктів військ за умови їх ФО:

$$P_{ур}^{ОВ_{(ФО)}} = 1 - e^{-\rho^2 \frac{(R_{ур}^{БпЛА} \cdot (1 - k_{ФО}^{ВО\,УВ}))^2}{E^2}}, \quad (4)$$

де $k_{ФО}^{ОВ}$ – досягнутий силами і засобами інженерної підтримки середній ступінь ФО об'єктів військ; $R_{ур}^{БпЛА}$ – радіус зони суцільного ураження БпЛА (Технічний звіт (Шахед-131). Київ. 2022.), *м*; E – ймовірне відхилення БпЛА від точки прицілювання (Технічний звіт (Шахед-131). Київ. 2022.), *м*; $\rho = 0,477$ – коефіцієнт Лапласа.

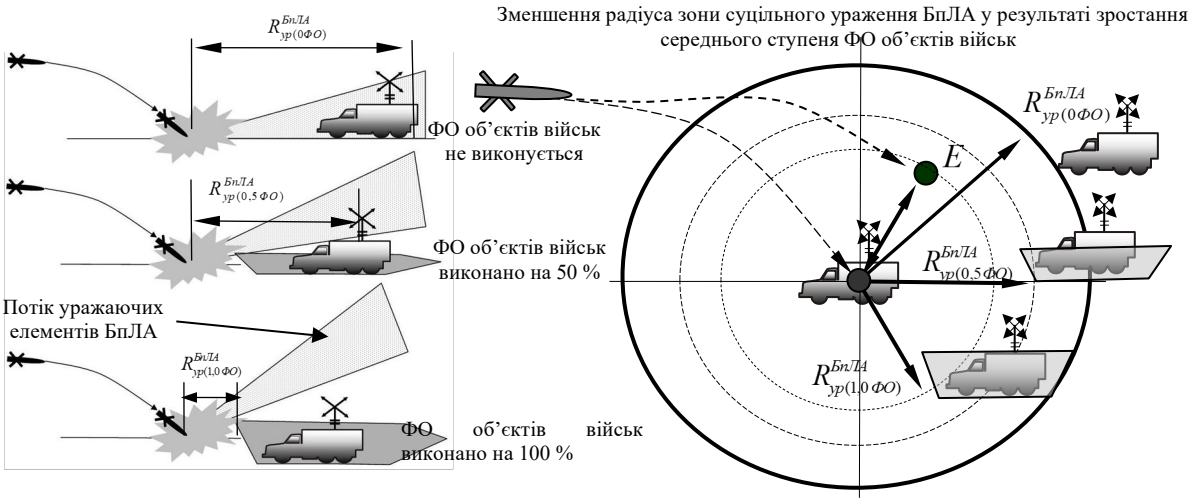


Рисунок 3. Зменшення радіуса зони суцільного ураження БпЛА зі зростанням середнього ступеня ФО об'єктів військ

У 3.5, за аналогією з (Комплексна методика, 1993), визначається ймовірність виявлення об'єктів військ БпЛА за умови їхнього маскування силами і засобами інженерної підтримки табельними маскувальними комплектами. Для отримання більш коректних результатів математична залежність, за допомогою якої в (Комплексна методика, 1993) визначається ймовірність виявлення об'єктів військ засобами розвідки противника, доповнена коефіцієнтами якості табельних маскувальних комплектів $k_{я}$ та зміни маскувальних властивостей місцевості $k_{змв}$, які напряму залежать від категорії маскувальних комплектів, рельєфу місцевості, її залісеності, типу лісового та рослинного покриву, а також пори року, часу доби, характеру туманів та частоти похмурих днів у районі бойових дій військ:

$$P_{в}^{ОВ_{(м)}} = \frac{N_{м}^{ОВ} - 0,1 \cdot N^{ОВ}}{N^{ОВ}} \cdot \frac{1 - 0,01 \cdot k_{змв} \cdot k_{я}}{0,8 \cdot e^{-0,01 \cdot k_{змв} \cdot k_{я}} - 0,1 \cdot (1 - 0,01 \cdot k_{змв} \cdot k_{я})}, \quad (5)$$

де $N_{м}^{ОВ}$ – кількість об'єктів військ, замаскованих табельними маскувальними комплектами, *од.*; $N^{ОВ}$ – загальна кількість об'єктів у складі військ, які підлягають маскуванню, *од.*; $k_{я}$ – коефіцієнт якості табельних маскувальних комплектів (визначається експертним опитуванням); $k_{змв}$ – усереднений коефіцієнт зміни маскувальних властивостей місцевості (табл. 5) (НУОУ ім. Івана Черняховського, 2015).

Таблиця 5. Коефіцієнти зміни маскувальних властивостей місцевості, $k_1 ... k_7$

№ п/п	Найменування коефіцієнтів	Значення
1.	Коефіцієнт рельєфу місцевості, k_1 (гірський, пересічний, рівнинний)	0,4; 0,7; 1,0
2.	Коефіцієнт залісеності місцевості, k_2 (мала, середня, велика)	0,5; 0,8; 1,0
3.	Коефіцієнт пори року, k_3 (зима – весна, літо – осінь)	0,75; 1,0
4.	Коефіцієнт типу лісу та рослинного покриву, k_4 (листяний, хвойний)	0,5; 1,0
5.	Коефіцієнт часу доби, k_5 (вечір – ніч, ранок – день)	0,75; 1,0
6.	Коефіцієнт характеру туманів, k_6 (густий, рідкий)	0,6; 1,0
7.	Коефіцієнт кількості похмурих днів k_7 (мала, велика)	0,85; 1,0

У 3.6, згідно з (Комплексна методика з оцінки ефективності маскувальних заходів по приховуванню і імітації військових об'єктів, 1993), визначається ймовірність ураження об'єктів військ БпЛА за умови їхнього маскування табельними маскувальними комплектами, а також з урахуванням щільності потоку розвідки БпЛА і ймовірності не ураження БпЛА засобами ППО:

$$P_{ур}^{ОВ_{(м)}} = 1 - e^{-P_{в}^{ОВ_{(м)}} \cdot \lambda_{БпЛА}^{р} \cdot P^{0ППО} \cdot T_{БпЛА}^{р}}, \quad (6)$$

де $P_{в}^{ВОУВ_{(м)}}$ – ймовірність виявлення об'єктів військ БпЛА за умови їхнього маскування табельними маскувальними комплектами; $\lambda_{БпЛА}^{р}$ – щільність потоку розвідки БпЛА, *вильотів БпЛА /год*; $P^{0ППО}$ – ймовірність не ураження БпЛА засобами ППО; $T_{БпЛА}^{р}$ – час ведення розвідки БпЛА, *год*.

У 3.7 визначається ймовірність ураження об'єктів військ БпЛА за умови їх ФО та маскування табельними маскувальними комплектами:

$$P_{ур}^{ОВ_{(ІП)}} = P_{ур}^{ОВ_{(ФО)}} \cdot P_{ур}^{ОВ_{(м)}}. \quad (7)$$

У 3.8 розраховується математичне очікування кількості об'єктів військ, які будуть уражені БпЛА за умови їх ФО та маскування табельними маскувальними комплектами, *од.*:

$$M\left[N_{ур}^{ОВ}\right] = \sum_{j=1}^{K} N_{j}^{ОВ} \cdot P_{ур}^{ОВ_{(ІП)}}, \quad j = \overline{1,K}. \quad (8)$$

У 3.9 визначається середній ступінь ураження військ БпЛА за умови виконання силами і засобами інженерної підтримки комплексу інженерних заходів з ФО військових об'єктів та їх маскування табельними маскувальними комплектами:

$$k_{ІП}^{ур.В} = \frac{M\left[N_{ур}^{ОВ}\right]}{N^{ОВ}}. \quad (9)$$

У 3.10 визначається середній ступінь захисту військ від БпЛА противника, який досягається силами і засобами інженерної підтримки за рахунок виконання потрібного обсягу інженерних заходів з ФО об'єктів військ та їх маскування табельними маскувальними комплектами:

$$k_{ІП}^{зах.В} = 1 - k_{ІП}^{ур.В}. \quad (10)$$

Отримана величина $k_{ІП}^{зах.В}$ порівнюється з величиною, що вимагається $k_{ІП_{вим}}^{зах.В}$. За відповідності прийнятої умови $k_{ІП}^{зах.В} \geq k_{ІП_{вим}}^{зах.В}$ вважається, що ефективність захисту військ від

БпЛА силами і засобами інженерної підтримки є достатньою. Якщо зазначена умова не виконується, алгоритм запропонованого методичного підходу передбачає повернення на етап формування вихідних даних, їхнє корегування за кількістю засобів для ФО, маскування або часом виконання цих заходів, і проведення повторних розрахунків до досягнення потрібної величини прийнятого показника ефективності.

Висновки (Conclusion)

Особливостями запропонованого методичного підходу є урахування під час оцінювання найбільш важливих для захисту військ від БпЛА показників, величини яких чисельно характеризують основні параметри бойового застосування БпЛА, а також найбільш впливові на ефективність інженерного захисту умови виконання заходів з ФО та маскування військ табельними маскувальними комплектами (Kotsiuruba, Datsenko, Dachkovsky, Tkach, Holda, Holda, Klontsak, Mykhailova, 2021), (Косенко, Волощенко, Кушніренко, 2022), (Волощенко, Ковбаса, 2020), (Суходоля, 2016). Урахування цих показників і параметрів дозволяє отримувати більш коректні результати оцінювання та на їхній підставі розробляти більш дієві практичні рекомендації щодо підвищення захисту військ від БпЛА силами і засобами інженерної підтримки. Автор вважає, що використаний ним підхід до оцінювання ефективності захисту військ від БпЛА силами і засобами інженерної підтримки може бути корисним для удосконалення існуючого методичного апарату з оцінювання ефективності захисту військ у сучасних операціях (бойових діях), а також для оцінювання ефективності застосування інженерних підрозділів призначених для підвищення живучості військ. Подальші дослідження у цьому напрямі будуть спрямовані на розроблення цілісної методики оцінювання ефективності захисту військ від БпЛА силами і засобами інженерної підтримки.

Рекомендації (Recommendations)

Матеріали статті становлять практичну цінність для органів управління, які під час планування застосування військ виконують розрахунки з визначення потрібного обсягу інженерних заходів захисту для підвищення живучості військ під час бойових дій та зменшення рівня їхніх втрат від БпЛА.

Використані джерела

1. Залужний В. Ф., Мойсюк Є. Г., Шаптала С. О. та ін. ТКП 7-000(162)01.01. Збірник № 1 матеріалів вивчення бойового досвіду російсько-української війни 2022 року. Київ. ГУ доктрин та підготовки ГШ ЗС України. Наук.-досл. установи ЗС України. 2022. 81 с.
2. Залужний В. Ф., Мойсюк Є. Г., Шаптала С. О. та ін. ТКП 7-000(162)01.02. Збірник № 2 матеріалів вивчення бойового досвіду російсько-української війни 2022 року. Київ. ГУ доктрин та підготовки ГШ ЗС України. Наук.-досл. установи ЗС України. 2022. 182 с.
3. Залужний В. Ф., Мойсюк Є. Г., Шаптала С. О. та ін. ТКП 7-000(162)01.03. Збірник № 3 матеріалів вивчення бойового досвіду російсько-української війни 2022 року. Київ. ГУ доктрин та підготовки ГШ ЗС України. Наук.-досл. установи ЗС України. 2022. 336 с.
4. Протокольне рішення Офісу Президента України від 19.09.2022 №41-01/1042 щодо підвищення рівня технічної захищеності та протиповітряного прикриття від ударів засобів повітряного нападу противника об’єктів критичної інфраструктури енергетичної промисловості та газотранспортної системи.
5. Ткаченко В. І., Данік Ю. Г. Теорія і техніка протидії безпілотним засобам повітряного нападу. Кн. 1. Безпілотні засоби повітряного нападу. Застосування та перспективи розвитку. Виявлення малопомітних засобів повітряного нападу. Моногр. Харків. ХВУ. 2002. 220 с.

6. Романченко І. С., Загорка О. М., Бутенко С. Г., Дейнега О. В. Теорія і практика боротьби з малорозмірними низьколітними цілями (оцінка можливостей, тенденції розвитку засобів протиповітряної оборони). Моногр. Житомир. Полісся. 2011. 344 с..
7. Вентцель Е. С. Исследование операций. Москва. 1972. 552 с.
8. Юрков Б.Н. Исследование операций. Москва. Издание ВИА. 1990. 205 с.
9. Методика оцінки живучості точкових військових об'єктів при прицільному впливі. Исследование операций. Москва. ВИА. 1990. 205 с.
10. Комплексна методика з оцінки ефективності маскувальних заходів по приховуванню і імітації військових об'єктів. Москва. ВИА. 1993. 5 с.
11. Оперативні розрахунки завдань інженерного забезпечення. Методика та приклади. Київ. НУОУ ім. Івана Черняховського. 2015. 143 с.
12. Технічний звіт (Шахед-131). Київ. 2022.
13. Наказ про затвердження Норм безповоротних втрат, виходу у ремонт озброєння та військової техніки, втрат і витрат матеріально-технічних засобів. Київ. 2023.
14. Волощенко О.І., Кушніренко М.Г., Черних І.В. Удосконалення методики розрахунку конструкцій покриття закритих польових фортифікаційних споруд для забезпечення живучості військ у сучасному збройному конфлікті. ISSN 2410-2547 Науково-технічний збірник "*Опір матеріалів і теорія споруд*". Київ. КНУБА, 2020. № 106. С. 282-295.
15. Kotsiuruba V.I., Datsenko I.P., Dachkovsky V.O., Cherevko R.M., Androshchuk O.V., Tsybizov A.L., Kryvtsun V.I. Methodological and scientific approach into the process of calculation a multilayer underground protective structure. ISSN 2410-2547. *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-andtechnical collected articles.* Kyiv: KNUBA, 2021. № 107. P. 159-169.
16. Kotsiuruba V.I., Datsenko I.P., Dachkovsky V.O., Tkach M.Y., Holda O.L., Holda M.A., Klontsak M.Y., Mykhailova A.V. Justification of the requirements for the construction of protective structures by means underground workings in an explosive manner. ISSN 2410-2547. *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles*. Kyiv: KNUBA, 2021. № 106. – P. 129-140.
17. Косенко В.С., Волощенко О.І., Кушніренко М.Г. Визначення стійкості конструкцій польових фортифікаційних споруд закритого типу від ударної хвилі ядерного вибуху. ISSN 2410-2547 Науково-технічний збірник "*Опір матеріалів і теорія споруд*". Київ. КНУБА, 2022. № 109. С. 387-402.
18. Волощенко О.І., Ковбаса О.Ю. Методика оцінювання спроможностей військ з фортифікаційного обладнання своїх позицій в операції (бойових діях). *Збірник наукових праць ЦНДІ ЗС України.* Київ, 2020. № 1(92). С. 94–100.
19. Суходоля О.М. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні. Київ. 2016.

References

1. Zaluzhnyi V. F., Moisiuk E. G., Shaptala S. O. et al. TKP 7-000 (162) 01.01. Collection No. 1 of materials for studying the combat experience of the Russian-Ukrainian war of 2022. Kyiv. Doctrine and Training Department of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine. Scientific and research institutions of the Armed Forces of Ukraine. 2022. 81 p.
2. Zaluzhnyi V. F., Moisiuk E. G., Shaptala S. O. et al. TKP 7-000 (162) 01.02. Collection No. 2 of materials for studying the combat experience of the Russian-Ukrainian war of 2022. Kyiv. Doctrine and Training Department of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine. Scientific and research institutions of the Armed Forces of Ukraine. 2022. 182 p.
3. Zaluzhnyi V. F., Moisiuk E. H., Shaptala S. O. et al. TKP 7-000 (162) 01.03. Collection No. 3 of materials for studying the combat experience of the Russian-Ukrainian war of 2022. Kyiv.

Doctrine and Training Department of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine. Scientific and research institutions of the Armed Forces of Ukraine. 2022. 336 p.
4. Protocol Decision of the Office of the President of Ukraine of 19.09.2022 No. 41-01/1042 on increasing the level of technical security and air cover from enemy air strikes on critical infrastructure of the energy industry and gas transportation system.
5. Tkachenko V. I., Danik Y. G. Theory and Technique of Counteracting Unmanned Aircraft Attack. Book 1. Unmanned aerial vehicles. Application and prospects for development. Detection of stealthy means of air attack. Monograph. Kharkiv. KHARKIV MILITARY UNIVERSITY. 2002. 220 p.
6. Romanchenko I.S., Zagorka O.M., Butenko S.G., Deinega O.V. Theory and practice of combating small low-flying targets (assessment of capabilities, trends in the development of air defence). Monograph. Zhytomyr. Polissia. 2011. 344 p.
7. Wentzel E.S. Operations Research. Moscow. 1972. 552 p.
8. Yurkov B.N. Iskusstvo opredeleniya [Operations research]. Moscow. VIA Publishing House. 1990. 205 p.
9. Methodology for assessing the survivability of point military objects under targeted attack. Operations research. Moscow. VIA. 1990. 205 p.
10. A comprehensive methodology for assessing the effectiveness of camouflage measures to conceal and imitate military objects. Moscow. VIA. 1993. 5 p.
11. Operational calculations of engineering support tasks. Methods and examples. Kyiv. Ivan Cherniakhovskyi National Defence University of Ukraine, 2015. 143 p.
12. Technical report (Shahed-131). Kyiv. 2022.
13. Order on Approval of the Norms of Irrecoverable Losses, Release for Repair of Armaments and Military Equipment, Losses and Expenditures of Material and Technical Resources. Kyiv. 2023.
14. Voloshchenko O.I., Kushnirenko M.G., Chernykh I.V. Improvement of the methodology for calculating the cover structures of closed field fortifications to ensure the survivability of troops in modern armed conflict. ISSN 2410-2547 Scientific and technical collection "Resistance of materials and theory of structures". Kyiv. KNUBA, 2020. № 106. P. 282-295.
15. Kotsiuruba V.I., Datsenko I.P., Dachkovsky V.O., Cherevko R.M., Androshchuk O.V., Tsybizov A.L., Kryvtsun V.I. Methodological and scientific approach into the process of calculation of a multilayer underground protective structure. ISSN 2410-2547. Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific and technical collected articles. Kyiv: KNUBA, 2021. № 107. P. 159-169.
16. Kotsiuruba V.I., Datsenko I.P., Dachkovsky V.O., Tkach M.Y., Holda O.L., Holda M.A., Klontsak M.Y., Mykhailova A.V. Justification of the requirements for the construction of protective structures by means of underground workings in an explosive manner. ISSN 2410-2547. Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific and technical collected articles. Kyiv: KNUBA, 2021. № 106. - P. 129-140.
17. Kosenko V.S., Voloshchenko O.I., Kushnirenko M.G. Determination of the stability of structures of field fortifications of a closed type from the shock wave of a nuclear explosion. ISSN 2410-2547 Scientific and technical collection “Resistance of materials and theory of structures”. Kyiv. KNUBA, 2022. № 109. P. 387-402.
18. Voloshchenko O.I., Kovbasa O.Y. Methodology for assessing the capabilities of troops to fortify their positions in an operation (combat actions). Collection of scientific works of the Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine. Kyiv, 2020. № 1(92). P. 94-100.
19. Sukhodolya O.M. Green Book on the Protection of Critical Infrastructure in Ukraine. Kyiv. 2016.

Центральний науково-дослідний інститут
Збройних Сил України
Military Science. Vol. 1 No. 1. 2023

Evaluation of the effectiveness of the protection of troops from unmanned aerial vehicles by the forces and means of engineering support

Oleksandr Voloshchenko
Candidate of Military Sciences, Senior Researcher
Leading researcher
Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
28 B, Povitroflotskyi Avenue, Kyiv, Ukraine 03049
e-mail: vaikiev63@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2717-1283

Abstract. The relevance of the study is due to the high level of troop losses from enemy unmanned aerial vehicles during hostilities and the need to increase the level of their protection by engineering support forces and means, by implementing a set of engineering measures to fortify military facilities and camouflage them with service camouflage kits. In this regard, this article is aimed at identifying the factors that in modern conditions most affect the effectiveness of the engineering protection of military facilities and taking these factors into account when developing a methodical approach to evaluating the effectiveness of the protection of troops from unmanned aerial vehicles by the forces and means of engineering support , the use of which will make it possible to obtain more correct evaluation results and, based on them, to develop effective practical recommendations for improving the protection of troops from unmanned aerial vehicles during hostilities. To solve this problem, the method of mathematical modeling was used, which allows describing the complex process of engineering protection of military facilities in the language of mathematics and obtaining results for the further development of the above recommendations. The article presents a structural and logical diagram of a methodological approach to assessing the effectiveness of troop protection against unmanned aerial vehicles by engineering support forces and means, describes the stages of assessment, basic initial data, partial and generalized performance indicators, criteria and conditions for assessment. The materials of the article are of practical value for command-and-control bodies that, when planning the use of troops, perform calculations to determine the required amount of engineering measures to increase the survivability of troops during hostilities and reduce their losses from unmanned aerial vehicles.

Keywords: unmanned aerial vehicles, engineering support, military facilities.