

DOI 10.36074/logos-04.07.2025.014

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЙМОВІРНОСТЕЙ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРОЗДІЛІВ БПЛА ВИНИЩУВАЧІВ (ПЕРЕХОПЛЮВАЧІВ)

Дзеверін Ігор Григорійович<sup>1</sup>, Місюра Олег Миколайович<sup>2</sup>,  
Воробйов Олег Володимирович<sup>3</sup>, Дзеверін Тетяна Юріївна<sup>4</sup>

1. канд. військ. наук, старший науковий співробітник,  
провідний науковий співробітник

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, УКРАЇНА*

**ORCID ID: 0000-0002-4121-2099**

2. канд. техн. наук, старший науковий співробітник, начальник наукового центру

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, УКРАЇНА*

**ORCID ID: 0000-0002-3025-3477**

3. канд. техн. наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, УКРАЇНА*

**ORCID ID: 0000-0003-1449-6580**

4. науковий співробітник науково-дослідного відділу наукового центру

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, УКРАЇНА*

**ORCID ID: 0009-0006-8413-0989**

### Вступ

В умовах трансформації характеру сучасних збройних конфліктів, зокрема інтенсивного використання безпілотних літальних апаратів (далі – БПЛА) у системах протиповітряної оборони (ППО), виникає потреба у науково-обґрунтованих підходах до оцінки ефективності підрозділів БПЛА винищувачів (перехоплювачів), особливо при їх спільних діях із класичними зенітними підрозділами.

### Постановка проблеми.

Відсутність адаптованих математичних моделей для оцінки ефективності новітніх підрозділів БПЛА перехоплювачів, що інтегрують вплив багатовекторних зовнішніх факторів (погода, РЕБ, мультицільова обстановка, способи застосування тощо), а також багаторівневу внутрішню і зовнішню координацію, ускладнює прийняття обґрунтованих рішень щодо оптимізації

## ABSCHNITT 8.

MILITÄRWISSENSCHAFT, NATIONALE SICHERHEIT UND SICHERHEIT DER STAATSGRENZEN

бойового застосування підрозділів БПЛА винищувачів (перехоплювачів) та вдосконалення їх бойових можливостей.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Математичні моделі схожих процесів досліджуються в автоматизованих системах управління (АСУ) авіацією та ППО, де враховують час реакції, характеристики цілей, вплив зовнішніх факторів і бойову ефективність підрозділів [1]. Математичні моделі [2,3] використовують логіко-лінгвістичні або ієрархічні підходи для більш точного визначення параметрів перехоплення, включають стохастичні або імітаційні компоненти для врахування динаміки дій противника та умов бойового застосування. Відмінності полягають у способах коригування часу нейтралізації що залежить від погодних умов, перешкод та характеристик цілі, а також у виборі коефіцієнтів масштабування і параметрів, що забезпечують більш плавне зменшення ймовірності перехоплення [4]. Підхід до формування цільової моделі статті відрізняється від існуючих тим, що акцентує увагу саме на зовнішній координації між різнорідними підрозділами, тоді як більшість відомих моделей фокусуються на внутрішній координації, наприклад рою БПЛА або на окремих технічних аспектах [5, 6]. Модель статті визначає синергію як додатковий якісний ефект, який не можна отримати простим сумуванням індивідуальних результатів підрозділів. Це відрізняє її від моделей, що орієнтуються переважно на кількісні показники без врахування взаємодії та взаємозалежності компонентів [7]. Модель оцінювання ефективності підрозділів ППО [8] не інтегрує багаторівневі вагові коефіцієнти та синергетичні ефекти, що робить запропонований підхід більш комплексним і гнучким У матеріалах статті [9] більшість моделей не враховують комплексність системи та специфіку обстановки, тоді як запропонована модель інтегрує фактори зовнішніх умов і бойового навантаження. У матеріалах статті [10] використовується ймовірнісний підхід, але він сфокусований на взаємодії систем РЕБ і БПЛА, без урахувань часових параметрів нейтралізації та перенавантаження.

### Мета статті

Вдосконалити і адаптувати існуючі ймовірнісні математичні моделі як для самостійного використання так і інтегрування їх в Модель оцінки ефективності бойового застосування підрозділів БПЛА винищувачів (перехоплювачів) у взаємодії з іншими зенітними підрозділами, з урахуванням багатофакторного впливу зовнішнього середовища, характеристик цілей, а також зовнішньої координації та синергії між підрозділами.

### Виклад основного матеріалу дослідження

1. Математична модель скоригованої ймовірності виявлення повітряних цілей з урахуванням характеристик цілей та зовнішніх факторів

ABSCHNITT 8.

MILITÄRWISSENSCHAFT, NATIONALE SICHERHEIT UND SICHERHEIT DER  
STAATSGRENZEN

$$P_{det-adj}^{UAV,AA} = P_{det}^{UAV,AA} \cdot K_{weather}^{UAV} \cdot K_{reb}^{UAV,AA} \cdot K_{vis}^{UAV,AA} \cdot K_{alt}^{UAV,AA} \cdot K_{wind}^{UAV,AA} \times f(\sigma_{tar}, v_{tar}, K_{reb-tar}) \quad (1)$$

Скоригована ймовірність виявлення (Adjusted Detection Probability for UAV, AA) враховує зовнішні фактори ( $K_{weather}^{UAV}$ ,  $K_{reb}^{UAV,AA}$ ,  $K_{vis}^{UAV,AA}$ ,  $K_{alt}^{UAV,AA}$ ,  $K_{wind}^{UAV,AA}$ ), функцію характеристик повітряних цілей що впливають на можливості виявлення  $f(\sigma_{tar}, v_{tar}, K_{reb-tar}) = \frac{\sigma_{tar}}{\sigma_{tar} + \sigma_0} \cdot \exp(-\frac{v_{tar}}{V_0}) \cdot K_{reb-tar}$ :

де  $P_{det}^{UAV,AA}$  – ймовірності виявлення повітряних цілей з урахуванням мультицільової обстановки та характеристик РЛС [11] (базова ймовірність виявлення повітряних цілей (0 – 1);

$K_{weather}^{UAV,AA}$  – коефіцієнт впливу погоди для РЛС підрозділів (Weather Coefficient for UAV, AA) враховує вплив погодних умов, наприклад туману, дощу, снігу (0 – 1);

$K_{reb}^{UAV,AA}$  – коефіцієнт впливу радіоелектронної боротьби (РЕБ) для підрозділів (Radio Electronic Warfare Coefficient for UAV, AA) враховує вплив радіоелектронної боротьби [12,13] (0 – 1);

$K_{vis}^{UAV,AA}$  – коефіцієнт впливу видимості для підрозділів (Visibility Coefficient for UAV, AA) враховує вплив прозорості атмосфери (0 – 1);

$K_{alt}^{UAV,AA}$  – коефіцієнт впливу висоти для підрозділів (Altitude Coefficient for UAV, AA) враховує ефективність впливу висоти польоту повітряних цілей на над малих висотах (0 – 1);

$K_{wind}^{UAV,AA}$  – коефіцієнт впливу вітру для підрозділів (зовнішніх екіпажів підрозділів БпЛА) (Wind Coefficient for UAV, AA) (0 – 1).

В продовження розвитку скоригованої ймовірності виявлення з урахуванням кількох повітряних цілей можливо побудувати багатовимірну модель, яка враховує ймовірності виявлення кожної цілі та їх взаємозв'язки.

Для  $m$ -цілей в зоні відповідальності підрозділу можна розглянути припущення незалежності виявлення цілей як ймовірність одночасного виявлення усіх  $m$ -цілей:  $P_{det}^{all} = \prod_{j=1}^m P_{det}^{(i)}$ , а ймовірність виявлення принаймні однієї цілі:  $P_{det}^{(\geq 1)} = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_{det}^{(i)})$ .

2. Математична модель ймовірності перехоплення повітряної цілі підрозділом (UAV, AA) з урахуванням часу нейтралізації [14] та характеристик цілі:

$$P_{eng}^{UAV,AA} = P_{eng-base}^{UAV,AA} \cdot \max(0, 1 - \frac{T_{neut-adj}}{T_{max} \cdot k}) \quad (2)$$

де  $P_{eng-base}^{UAV,AA}$ : базова ймовірність перехоплення підрозділу (UAV- БпЛА, AA-зенітний підрозділ з різним типом озброєння А, В), де "0" – це не окремий множник, а результат оцінки за формулою  $\max(0,1)$ ;

## ABSCHNITT 8.

MILITÄRWISSENSCHAFT, NATIONALE SICHERHEIT UND SICHERHEIT DER STAATSGRENZEN

$T_{neut-adj} = T_{neut} \cdot (K_{weather}^{UAV,AA} \cdot K_{reb}^{UAV,AA} \cdot K_{tar}) \cdot (1 + K_{overload})$ : скоригований час нейтралізації з урахуванням погодних умов і перенавантаження;

$T_{max}$ : максимально допустимий час перехвату;

$k = 1,5$  коефіцієнт масштабування, лінійно зменшує ймовірність залежно від співвідношення  $T_{neut-adj}$  до  $T_{max} \cdot k$ , уникаючи різкого падіння ймовірності, що робить результати більш відповідними бойовій ефективності ( $T_{neut-adj} \leq T_{max} \cdot k$ );

$T_{neut}$  – час нейтралізації  $T_{neut} = t_{det} + t_{eng} + t_{kill}$ ,  $k = 1,5$ ,  $k_{tar} = 0,9$ ;

зустрічний курс:  $t_{eng} = \frac{d}{V_{UAV} + V_{tar}}$ ,  $d = 10000$  м,  $V_{UAV} = 100$  м/с;

догонний курс:  $t_{eng} = \frac{d}{V_{UAV} - V_{tar}}$ , (якщо  $V_{UAV} > V_{tar}$ ).

$K_{overload}$  – коефіцієнт перенавантаження  $K_{overload} = \frac{\lambda_{tar}}{\lambda_{max}}$ ;

3. Математична модель ураження повітряної цілі підрозділами UAV та AA з урахуванням бойових характеристик і зовнішніх факторів:

$$P_{kill}^{UAV,AA} = P_{ke}^{UAV,AA} \cdot K_{strike}^{UAV,AA} \cdot K_{wind}^{UAV,AA}, \quad (3)$$

де  $P_{kill}^{UAV,AA}$  – ймовірність ураження повітряного противника підрозділом БПЛА або зенітним підрозділом (Probability of Engagement for UAV, AA) після перехоплення (0 – 1);

$P_{ke}^{UAV,AA}$  – визначається за співвідношенням  $N_{kill}^{UAV,AA} / N_{eng}^{UAV,AA}$  як ймовірність знищення повітряної цілі [15] за умови перехоплення величина, що приймає значення в межах (0 – 1);

$N_{kill}^{UAV,AA}$  – кількість знищених цілей за результатами бойових звітів, підмножина  $N_{eng}^{UAV,AA}$ , де перехоплення завершилося успішним знищенням повітряної цілі (одиниць);

$N_{eng}^{UAV,AA}$  – кількість перехоплень за результатами бойових звітів (одиниць);

$K_{strike}^{UAV,AA}$  – коефіцієнт ефективності засобів ураження типів озброєння [16]: вибуховий заряд, шрапнель, спеціальна рідина тощо (Strike Coefficient for UAV), (0 – 1);

$K_{wind}^{UAV,AA}$  – коефіцієнт впливу швидкості вітру та інших метеоумов (0 – 1), (наприклад 0,9 – при умові компенсації за допомогою ШІ тощо);

4. Математична комплексна модель ймовірності нейтралізації повітряних цілей підрозділом з урахуванням логарифмічного середнього для оцінки результатів:

**ABSCHNITT 8.**

MILITÄRWISSENSCHAFT, NATIONALE SICHERHEIT UND SICHERHEIT DER  
STAATSGRENZEN

$$P_{neut} = P_{det-adj} \cdot P_{eng} \cdot (P_{kill} + 0,5P_{int}) \cdot P_{assess} \quad (4)$$

де  $P_{neut}$  – ймовірність нейтралізації повітряної цілі одним підрозділом БПЛА чи А, В (0 - 1);

$P_{int}$  – ймовірність примусу до зміни маршруту повітряного противника (відступу), і коефіцієнт 0,5 відображає меншу вагу відступу порівняно зі знищенням (технологія нейтралізації – [17]), співвідношення кількостей (відступили/перехоплено)  $N_{int}/N_{eng}$ ;

$P_{assess}$  – ймовірність оцінки результатів через логарифмічне середнє для уникнення надмірного зниження ймовірності через множення багатьох коефіцієнтів:

$$P_{assess} = \exp \left( \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot \ln x_i \right) \quad (5)$$

де  $x_i$  – значення факторів (0-1), що впливають на оцінку;

$\omega_i$  – ваги факторів, такі що  $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ ;

$\ln$  – натуральний логарифм;

$\exp$  – експонента (обернена функція до логарифма).

5. Базова математична модель оцінки якості зовнішньої координації підрозділів.

Модель оцінює кількісний аспект взаємодії – тобто вимірює обсяг, частоту, своєчасність і точність обміну інформацією та узгодження дій між підрозділами [18]. Це кількісна характеристика організації взаємодії.

$$K_{coord-ext}^{final} = \alpha \cdot K_{coord-ext} + (1 - \alpha) \cdot K_{coord-ext}^* \quad (6)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт балансу між емпіричною оцінкою і факторним підходом (0-1);  
 $K_{coord-ext}$  – коефіцієнт зовнішньої координації (Coefficient of External coordination) який впливає на ефективність взаємодії БПЛА з іншими зенітними підрозділами, який розраховується співвідношенням  $K_{coord-ext} = N_{coord-ext} / N_{total-ext}$  результат якого в межах (0 - 1);

$N_{coord-ext}$  – успішно скоординовані дії підрозділу БПЛА, якість (близькість до ідеальності) передачі (обміну) даних чи координат наведення (одиниць);

$N_{total-ext}$  – загальна кількість спроб координації (одиниць).

Для детальної оцінки вводиться  $K_{coord-ext}^* = \sum_{i=1}^m \omega_i \cdot f_i$ ,  $\sum_{i=1}^m \omega_i = 1$ ,

де  $f_i$  – нормалізовані фактори (якість зв'язку, затримка, точність навігації тощо);

$\omega_i$  – ваги факторів.



## ABSCHNITT 8.

MILITÄRWISSENSCHAFT, NATIONALE SICHERHEIT UND SICHERHEIT DER STAATSGRENZEN

Фактори  $f_i$  ( $0 - 1$ ), наприклад:  $f_1$  – точність передачі даних;  $f_2$  – затримка реакції нормалізована;  $f_3$  – якість навігації;  $f_4$  – технічний стан обладнання;  $f_5$  – кваліфікація операторів.

Напрямки вдосконалення базової моделі: розширення набору факторів (включення додаткових параметрів, таких як вплив кіберзагроз, зміна тактичних умов, адаптивність підрозділів);

6. Математична комплексна модель оцінки синергетичного ефекту бойового застосування підрозділів з урахуванням втрат і ризиків.

Модель оцінює якісний аспект результату спільної діяльності – тобто вона визначає, наскільки спільна робота підрозділів [19] дає додатковий ефект, який не можна отримати просто сумуючи індивідуальні результати. Це якісний показник ефективності, що виникає через взаємодію.

$$K_{\text{joint}}^{\text{net}} = \frac{E_{\text{joint}} - \sum_{k=1}^N v_k \cdot E_k}{E_{\text{max}}} - \gamma L - \delta R \quad (7)$$

де  $K_{\text{joint}}^{\text{net}}$  – скоригований коефіцієнт синергії (Coefficient of Synergy) спільних дій підрозділів. Це базовий коефіцієнт синергії, від якого віднято вплив втрат і ризиків, що знижують загальний синергетичний ефект. Цей коефіцієнт відображає реальний приріст ефективності спільної діяльності з урахуванням негативних факторів;

$K_{\text{joint}}$  – базовий коефіцієнт синергії спільних бойових дій підрозділів, який оцінює приріст ефективності від спільної діяльності тактичної групи порівняно із сумою їхніх індивідуальних ефективностей він показує, наскільки спільна робота підрозділів дає додатковий ефект, який не можна отримати просто сумуючи індивідуальні результати (в межах від мінус значення до +1, залежно від втрат і ризиків):

$$\frac{E_{\text{joint}} - \sum_{k=1}^N v_k \cdot E_k}{E_{\text{max}}} - \text{розрахунок базового коефіцієнта синергії (-1...+1)} \quad (8)$$

де:  $E_{\text{joint}}$  – ефективність спільного бойового застосування  $N$ -підрозділів ( $0 - 1$ );

$E_k$  – ефективність  $k$  – го підрозділу при індивідуальному бойовому застосуванні ( $0-1$ );

$v_k$  – ваговий коефіцієнт значущості  $k$  – го підрозділу в різного роду операціях, бойових діях ( $0 - 1$ );

$E_{\text{max}}$  – максимальна теоретична ефективність (зазвичай 1);

$L$  – величина втрат (людських, технічних, матеріальних, час простою і відновлення тощо), нормалізована до відповідної шкали;

$R$  – величина ризиків, що супроводжують бойове застосування (технічні відмови, помилки в командуванні, дій противника тощо) також нормалізована;  
 $\gamma, \delta$  – коефіцієнти впливу втрат і ризиків на синергетичний ефект (негативний вплив).

7. Математична модель оцінка ефективності нейтралізації різнотипних повітряних цілей тактичною групою за авіаційний наліт:

$$E_{neut}^{group} = K_{coord-ext} \cdot K_{joint} \cdot P_{neut}^{avg} \quad (9)$$

при  $P_{neut}^{avg} = \sum_{i=1}^N \omega_1 \cdot P_{neut}^i$ , та  $P_{neut}^i = \sum_{j=1}^M v_j \cdot P_{neut}^{i,j}$

де  $E_{neut}^{group}$  – загальна ефективність нейтралізації тактичної групи підрозділів по  $N$  – типам цілей (0-1);

$P_{neut}^{avg}$  – середньозважена ймовірність нейтралізації по всім видам цілей;

$P_{neut}^i$  – ймовірність нейтралізації цілей типу-  $i$  всією тактичною групою;

$K_{coord-ext}$  – коефіцієнт координації та взаємодії підрозділів (0 – 1), що відображає якість організації спільних дій;

$K_{joint}$  – коефіцієнт синергії спільної бойової діяльності (0 – 1), що показує додатковий ефект від взаємодії підрозділів;

$\omega_1$  – ваговий коефіцієнт пріоритету  $i$ - го типу повітряної цілі, (нормований,  $\sum_{i=1}^N \omega_1 = 1$ ), що враховує тактичну значущість кожного типу цілі;

$v_j$  – ваговий коефіцієнт внеску  $j$ - го типу підрозділу у нейтралізацію (нормований,  $\sum_{j=1}^M v_j = 1$ );

$P_{neut}^{i,j}$  – ймовірність нейтралізації цілей типу-  $i$ , підрозділом типу-  $j$  (0 – 1);

### Висновок

Запропонований підхід до врахування ймовірностей визначених процесів в моделюванні ефективності бойового застосування підрозділів БпЛА винищувачів (перехоплювачів) при спільних діях з іншими зенітними підрозділами відрізняється від існуючих робіт комплексністю, універсальністю, акцентом на зовнішній координації, врахуванням синергії та багаторівневих вагових коефіцієнтів. Вона інтегрує сучасні наукові підходи, поєднуючи теорію ймовірностей, структурний опис бойових систем і принципи синергії, що дозволяє адекватно моделювати реальні бойові сценарії для підрозділів ППО та підвищує достовірність результатів оцінювання. Напрямки вдосконалення: інтеграція з комплексними системними моделями (поєднання базової моделі з моделями оцінки ймовірності нейтралізації, ризиків та ефективності бойових операцій);



## ABSCHNITT 8.

MILITÄRWISSENSCHAFT, NATIONALE SICHERHEIT UND SICHERHEIT DER  
STAATSGRENZEN

автоматизація збору та аналізу даних (розробка алгоритмів і програм засобів для автоматичного обчислення на основі оперативних даних.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

- [1] Королюк Н. О., Івахненко А. С., Вапельнік І. І., & Дубинський, М. С. (2017). Удосконалення методу визначення параметрів перехоплення повітряних цілей в автоматизованих системах управління авіацією та протиповітряною обороною. *Системи озброєння і військова техніка*, (4), 102 - 106. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt\\_2017\\_4\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2017_4_17)
- [2] Карпенко О. В., & Кійко А. С. (2024). Аналіз траєкторії польоту гіперзвукових ракет щодо їх ефективного перехоплення комплексами протиповітряної оборони. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*, 4(57), 39 - 43. <https://doi.org/10.30748/nitps.2024.57.06>
- [3] Бейліс Л. В., Гогонянц С. Ю., Крищенко В. М., & Колеснік О. М. (2019). Вибір показників оцінювання живучості угруповання радіотехнічних військ. *Матеріали XV міжнародної наукової конференції ХНУ ПС ім. І. Кожедуба, 10,11квітня 2019р.* (с.224 - 227). Харків. <https://www.hups.mil.gov.ua/assets/doc/science/conference/15/13.pdf> (дата звернення: 24 червня 2025)
- [4] Коваленко І. В., & Петренко О. С. (2023). Розвиток методології управління роями БПЛА на основі ройового інтелекту. *Вісник Національного університету оборони України*, 19(26), 105 - 120. <https://znp.dndia.org.ua/index.php/znp/article/view/75>
- [5] Сидоренко М. П., & Іванов В. Ю. (2024). Аналіз та моделювання методів управління роєм безпілотних літальних апаратів. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 4(30), 65– 82. <https://journals.uran.ua/itssi/article/view/317433/307984>
- [6] Гончаренко А. М. (2023). Управління роєм безпілотних літальних апаратів на основі ройового інтелекту. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, 50(2), 77– 84. <https://journal-hnups.com.ua/index.php/soivt/article/view/1745>
- [7] Задорський В. М. (2023). Синергія війни. *Liga.net* [Блог]. Отримано 24 червня 2025 року з <https://blog.liga.net/user/vzadorskiy/article/51067>
- [8] Коваленко С. П., Герасимов С. В., Волков А. Ф., Корсунов С. І., & Оборонов, М. І. (2021). Модель оцінювання ефективності підрозділів протиповітряної оборони. *Сучасні інформаційні системи*, 5(2), 3 - 15. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.2.03>
- [9] Шкурат Б., Шинкарук О., & Заболотний О. (2025). Методика вибору математичних моделей для оцінювання ефективності протиповітряної оборони. *Повітряна міць України*, (1), 36–44. <https://doi.org/10.33099/2786-7714-2025-1-8-36-44>
- [10] Шовкошитний І. І. (2024). Математична модель оцінювання ефективності системи радіоелектронної боротьби з безпілотними літальними апаратами на основі ймовірнісного підходу. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, 49(1), 35–44. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2024-49-1-35-44>
- [11] Schleher D. C. (1999). *Electronic warfare in the information age* (45–72). Artech House. Опис принципів роботи РЛС і впливу погодних умов на виявлення цілей. [https://biblio.cerist.dz/hrbdonf5214/ouvrages/00000000000000594357000000\\_2.pdf](https://biblio.cerist.dz/hrbdonf5214/ouvrages/00000000000000594357000000_2.pdf)
- [12] Papoulis A. (2002). *Probability, random variables and stochastic processes*, 78–102. McGraw-Hill. Теорія ймовірностей для інтегральної оцінки. <http://www3.ub.tu-berlin.de/ihv/000137226.pdf>

- [13] Kratky M., et al. (2020). Electronic warfare methods combatting UAVs. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 5(6), 1234–1243. [https://www.astesj.com/publications/ASTESJ\\_050653.pdf](https://www.astesj.com/publications/ASTESJ_050653.pdf)
- [14] ICUAS. (2022). Advances in UAV neutralization technologies, 102–119. *IEEE*. Технології нейтралізації цілей БпЛА, включаючи ШІ. <https://www.mdpi.com/2504-446X/6/9/250>
- [15] Печененко О. М., Ярошенко Я. В., & Блискун О. Є. (2024). Загальні підходи до оцінювання ефективності ППО з урахуванням застосування FPV-дронів-перехоплювачів. *Повітряна міць України*, 2(7), 5054. <https://doi.org/10.33099/2786-7714-2024-2-7-50-54>
- [16] Castrillo V. U. (2022). A review of counter-UAS technologies for cooperative defensive teams of drones. *Drones*, 6(3), 65. <https://doi.org/10.3390/drones6030065>
- [17] Chamola V., Kotes P., Agarwal A., Naren, Gupta N. & Guizani M. (2021). A comprehensive review of unmanned aerial vehicle attacks and neutralization techniques. *Ad Hoc Networks*, 111, Article 102 - 324. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2020.102324>
- [18] Городнов В. П., Дробаха Г. А., & Ермошин М. О. (2004). *Модельювання й оцінка ефективності бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони: теорія, практика, історія розвитку* (410 с.). Харків: ХВУ.
- [19] Павленко В. О., & Ковальчук І. В. (2020). Рекомендації щодо вибору вразливих точок держави агресора з урахуванням синергетичного ефекту. *Збірник наукових праць Національного університету оборони України*, (3), 6 – 13. <http://znp-cvds.nuou.org.ua/article/view/223250>

