

ПИТАННЯ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИН ТА ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ УКРАЇНИ, ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ, РАДІОТЕХНІЧНИХ ТА СПЕЦІАЛЬНИХ ВІЙСЬК, ЗВ'ЯЗКУ, РАДІОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ

DOI 10.33099/2786-7714-2024-2-7-50-54

УДК 623.746.8

Печененко Олег Михайлович

<https://orcid.org/0009-0008-9925-3089>

Ярошенко Ярослав Віталійович (доктор філософії)

<https://orcid.org/0000-0002-8651-4920>

Блискун Олександр Євгенович (доктор філософії)

<https://orcid.org/0000-0002-7751-8313>

Національний університет оборони України, Київ, Україна

ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ З УРАХУВАННЯМ ЗАСТОСУВАННЯ FPV-ДРОНІВ-ПЕРЕХОПЛЮВАЧІВ

У статті розглядаються новітні підходи до інтеграції FPV-дронів-перехоплювачів до системи протиповітряної оборони, як окремої підсистеми, особливо в контексті сучасної війни, яка вимагає високої оперативності реагування на загрози з повітря та високої ефективності їх ураження. Проблема підвищення оперативної готовності та точності дій винищувальної авіації стає особливо актуальною в сучасних умовах ведення бойових дій, де час реакції на загрозу визначає успішність виконання завдання. За останні роки застосування FPV-дронів, які можуть перехоплювати ворожі безпілотні літальні апарати революціонізувало підхід до протидії загрозам у повітрі. У статті розглянуто спосіб підвищення ефективності протиповітряної оборони шляхом спільного застосування FPV-дронів і винищувальної авіації, що дозволяє суттєво підвищити швидкість реагування на загрози та підвищити ефективність ураження повітряних цілей. Результати досліджень показують, що інтеграція дронів-перехоплювачів у систему протиповітряної оборони дозволяє суттєво знизити час реакції, підвищує ефективність ураження цілей та оптимізує розподіл ресурсів. Стаття може бути корисною для фахівців з військових технологій, дослідників у сфері протиповітряної оборони та операторів безпілотних літальних апаратів.

***Ключові слова:** винищувально-авіаційне прикриття, протиповітряна оборона, безпілотний авіаційний комплекс, безпілотний літальний апарат, FPV-дрон-перехоплювач, інтеграція, ефективність, аналіз, винищувальна авіація.*

Вступ

У сучасних війнах все частіше з'являються нові загрози з повітря, зокрема безпілотні авіаційні комплекси (БпАК), здатні виконувати як розвідувальні, так і бойові завдання. FPV-дрони-перехоплювачі з кожним днем стають важливою складовою протиповітряної оборони, оскільки їх висока маневреність і здатність оперативно реагувати на загрози забезпечують швидке знищення ворожих розвідувальних БпАК і значно знижують ризик ураження для об'єктів критичної інфраструктури [1, 2].

Оперативність реагування на загрози з повітря та ефективність застосування засобів прикриття є основними критеріями оцінки сучасних систем протиповітряної оборони, особливо у зв'язку з новими викликами у вигляді малопомітних, низькошвидкісних дронів, що можуть нести потенційну загрозу військовим об'єктам і цивільній

інфраструктурі. FPV-дрони-перехоплювачі в поєднанні з пілотованою авіацією можуть значно підвищити оперативність реагування та ефективність знищення таких загроз.

Розвиток FPV-технологій в Україні є вагомим кроком у напрямку створення ефективних оборонних засобів. Наприклад, українські розробники впровадили велику кількість інновацій для підвищення точності дронів-перехоплювачів, а досвід російсько-української війни демонструє їх ефективність у захисті від розвідувальних та розвідувально-ударних безпілотних літальних апаратів (БпЛА) [3-13]. У роботах [14-17] розглянуті існуючі методики оцінювання ефективності системи протиповітряної оборони (ППО), але вони не враховують сучасні реалії російсько-української війни та вплив FPV-дронів-перехоплювачів на ефективність ППО. Тому, виникає необхідність в розробленні загальних підходів оцінювання ефективності системи протиповітряної оборони з

урахуванням застосування FPV-дронів-перехоплювачів.

Метою статті розроблені загальні підходи щодо оцінювання ефективності системи протиповітряної оборони з урахуванням застосування FPV-дронів-перехоплювачів.

Матеріали та методи

У статті використовувались загальнонаукові методи дослідження, такі як: аналіз, синтез та математичне моделювання. Для визначення впливу дронів-перехоплювачів на загальну ефективність протиповітряної оборони (ППО) використовувалися польотні характеристики та статистичні дані щодо знищення цілей у повітрі [5, 6].

Результати

Зазвичай ефективність системи ППО оцінюється за показником математичного сподівання кількості уражених засобів повітряного нападу (ЗПН) противника системою ППО сил оборони України (СОУ), $M_{ц}^{ППО}$. Оскільки, основними складовими системи ППО є угруповання зенітних ракетних військ та винищувальної авіації, то ефективність системи ППО можна розрахувати наступним чином [15].

$$M_{ц}^{ППО} = M_{ц}^{ВА} + M_{ц}^{ЗРВ}, \quad (1)$$

де $M_{ц}^{ВА}$ – математичне сподівання кількості уражених ЗПН противника винищувальною авіацією;

$M_{ц}^{ЗРВ}$ – математичне сподівання кількості уражених ЗПН противника угрупованням ЗРВ Повітряних Сил (ПС) та військ ППО Сухопутних військ (СВ).

З появою FPV-дронів-перехоплювачів завдання щодо перехоплення безпілотних літальних апаратів (БпЛА) противника поступово перейшли від винищувальної авіації до них. Тому, виникає необхідність в удосконаленні наявного науково-методичного апарату оцінювання ефективності системи ППО та введення нового показника за яким можна адекватно провести оцінювання його ефективності, а саме показника математичного сподівання кількості уражених ЗПН противника за допомогою БпЛА (FPV-дронами-перехоплювачами). Відповідно показник математичного сподівання кількості уражених ЗПН противника системою ППО СОУ матиме наступний вигляд:

$$M_{ц}^{ППО} = M_{ц}^{ВА} + M_{ц}^{ЗРВ} + M_{ц}^{БпЛА}, \quad (2)$$

де $M_{ц}^{БпЛА}$ – математичне сподівання кількості уражених ЗПН противника БпЛА (FPV-дронами-перехоплювачами).

Ефективність системи протиповітряної оборони при цьому буде розраховуватись відношенням

$$E_{ВА,ЗРВ,БпЛА}^{ППО} = \frac{M_{ц}^{ППО}}{N_{ц}}, \quad (3)$$

де $N_{ц}$ – загальна кількість ЗПН в ударі.

Загальна кількість ЗПН в ударі $N_{ц}$ розраховується за формулою

$$N_{ц} = \sum_{j=1}^J N_j, \quad (4)$$

де N_j – кількість ЗПН j -го типу в ударі;
 j – кількість типів ЗПН.

Кількість ЗПН N_j визнається відповідно до їх розподілу в ударі (для прикладу у масованому нальоті можуть застосовуватися: 18 літаків різних типів (ударні, РЕБ, винищувачі); 15 ударних БпЛА типу “Shahed-136”; 35 крилатих або балістичних ракет).

Для кожної підсистеми, яка здійснює відбиття масованого удару розраховується частка ЗПН від їх загальної кількості в ударі, по яких діють свої ЗРВ ($\gamma_{ЗРВ}$), ВА ($\gamma_{ВА}$) та БпЛА ($\gamma_{БпЛА}$).

$$\gamma_{ЗРВ} + \gamma_{ВА} + \gamma_{БпЛА} = \gamma_{ЗРВ,ВА,БпЛА} = 1 \quad (5)$$

Частка ЗПН від їх загальної кількості в ударі, по яких діють свої ЗРВ, ВА, БпЛА відповідно розраховується за формулою

$$\gamma_{ЗРВ,ВА,БпЛА} = \frac{N_{ц}^{ЗРВ,ВА,БпЛА}}{N_{ц}} \quad (6)$$

Розподіл зусиль здійснює командувач повітряного командування (угруповання Повітряних Сил) [18].

Відповідно до експоненційного закону розподілу ймовірностей математичне сподівання кількості уражених ЗПН противника безпілотними літальними апаратами розраховується за формулою [14]:

$$M_{ц}^{БпЛА} = N_{ц}^{БпЛА} \cdot \left(1 - \left(1 - W_{ц} \right)^{\frac{N_{БпЛА}}{N_{ц}^{БпЛА}}} \right), \quad (7)$$

де $W_{ц}$ – середня імовірність ураження цілі одним своїм безпілотним літальним апаратом;

$N_{БпЛА}$ – кількість своїх безпілотних літальних апаратів;

$N_{ц}^{БпЛА}$ – кількість ЗПН, по яких діють свої безпілотні літальні апарати.

Запропонований підхід враховує ймовірність невиявлення частини засобів повітряного нападу противника через технічні або оперативні обмеження. Цей фактор враховується за допомогою коефіцієнта ефективності системи розвідки повітряного противника $k_{еф}^{СРПП}$, який коригує кількість ЗПН у розрахунках. Такий підхід забезпечує адекватну оцінку необхідних сил і засобів для відбиття повітряного нападу, включаючи резерв FPV-дронів-перехоплювачів.

Кількість ЗПН, по яких діють свої БпЛА, розраховується за формулою:

$$N_{\text{ц}}^{\text{БпЛА}} = N_{\text{ц}} \cdot k_{\text{еф}}^{\text{СРПП}} \cdot \gamma_{\text{БпЛА}}, \quad (8)$$

де $N_{\text{ц}}$ – загальна кількість ЗПН в ударі;
 $k_{\text{еф}}^{\text{СРПП}}$ – коефіцієнт ефективності системи розвідки повітряного противника.

Кількість безпілотних літальних апаратів, які беруть участь у відбитті повітряного удару, розраховується за формулою:

$$N_{\text{в}} = k_{\text{н}} \sum_{f=1}^m N_{\text{в}f0}, \quad (9)$$

де $N_{\text{в}f0}$ – кількість безпілотних літальних апаратів на f -му аеродромі (майданчику);
 m – кількість аеродромів (майданчиків) безпілотних літальних апаратів, які залучаються для виконання завдань в системі ППО;
 $k_{\text{н}}$ – значення бойового напруження операторів безпілотних літальних апаратів.

Наведений підхід враховує математичне сподівання кількості знищених ЗПН підрозділами ЗРВ, ВА та БпЛА та коефіцієнт участі цих підрозділів у відбитті масованого удару відповідно до прийнятого рішення щодо розподілу зусиль командувачем (ПвК, угруповання ПС).

Обговорення

FPV-дрони здатні ефективно нейтралізувати невеликі БпЛА, що використовуються для розвідки та вогневого ураження [7, 13].

Використання FPV-дронів для перехоплення дозволяє спрямувати пілотовану авіацію та зенітні ракетні війська на більш складні цілі (крилаті ракети, балістичні ракети, пілотована авіація противника), що дозволить не витратити дороговартісні авіаційні та зенітні керовані ракети по БпЛА, які можуть коштувати вдсятеро менше. Це не лише економить ресурси, але й зменшує ризик для життя льотного складу. Завдяки інтеграції з сучасними системами управління FPV-дрони можуть автоматично реагувати на загрози, координуючи свої дії з пілотованими літаками та підрозділами ЗРВ, що підвищує загальну ефективність системи протиповітряної оборони [8, 14].

Виявлені переваги впровадження FPV-дронів у систему протиповітряної оборони особливо актуальні в умовах сучасної війни. Дрони-перехоплювачі демонструють високу ефективність у захисті від ворожих БпЛА, оскільки здатні оперативніше реагувати на загрози у радіусі своєї дії. В Україні вже використовуються такі дрони для захисту від “Shahed-136” та інших ворожих апаратів, що допомагає доволі ефективно усувати загрози без ризику для життя людей [9, 10].

FPV-дрони-перехоплювачі також забезпечують важливу перевагу в плані витрат на експлуатацію, оскільки їх вартість і витрати на обслуговування значно нижчі, ніж у пілотованої авіації. Це дозволяє

використовувати їх у більшій кількості, охоплюючи більші території й забезпечуючи надійне повітряне прикриття. Наприклад, дрони українського виробництва з успіхом перехоплюють і нейтралізують як розвідувальні, так і ударні БпЛА противника, демонструючи свою перевагу над аналогічними іноземними зразками [11].

Висновки

У статті розроблено загальні підходи щодо оцінювання ефективності системи ППО, які, на відміну від існуючих, враховують частковий показник математичного сподівання кількості уражених засобів повітряного нападу противника БпЛА. Представлений підхід дозволяє провести комплексне оцінювання ефективності системи ППО. Важливим аспектом є врахування ймовірності невиявлення частини засобів повітряного нападу противника через технічні або оперативні обмеження. Цей фактор відображено через коефіцієнт ефективності системи розвідки повітряного противника $k_{\text{еф}}^{\text{СРПП}}$, що забезпечує реалістичність оцінок і можливість адекватного планування резерву FPV-дронів-перехоплювачів для протидії всім потенційним загрозам.

Інтеграція FPV-дронів-перехоплювачів у систему ППО відкриває нові можливості для захисту від загроз з повітря. Висока маневреність і швидкість реагування FPV-дронів роблять їх особливо корисними в сучасних бойових умовах, де швидкість реакції є ключовим фактором. Впровадження таких технологій у системи ППО дозволяє оптимізувати витрати, знизити ризик для льотного складу та підвищити ефективність ураження повітряних цілей. Дослідження показало, що завдяки комбінованому використанню FPV-дронів, винищувальної авіації та зенітних ракетних військ можна створити надійну й економічно ефективну систему ППО для захисту стратегічно важливих об'єктів.

У подальшому доцільно на основі загальних підходів, розроблених у роботі, удосконалити методики оцінювання ефективності системи ППО, які будуть використовуватись в органах військового управління та військових частинах Повітряних Сил Збройних Сил України та підрозділах протиповітряної оборони інших складових СОУ.

Список використаних джерел

1. Черниш, О. “Дрони-дракони і перехоплювачі. Чи справді українці здійснили революцію в БпЛА”. ВВС, 2024. Доступно на: <https://www.bbc.com/ukrainian/articles/cy9e90rv280o>.
2. Як Україна дає відсіч путінським безпілотникам-розвідникам. TSN, 2024. Доступно на: <https://tsn.ua/zbroya/yak-ukrayina-daye-vidsich-putinskim-bezpilotnikam-rozvidnikam-the-times-2674491.html>.
3. Тартачний, О. “Дрони, що збивають дрони: як працюють БпЛА-перехоплювачі”. Speka, 2024. Доступно на: <https://speka.media/droni-shho-zbivayut-droni-yak-pracuuyut-perexoplyuvaci-bpla-pn0r47>.
4. Залата, О. “Зброя проти “Шахедів”, розвідників і гелікоптерів: як в Україні створюють супердрони”. Focus, 2024. Доступно на: <https://focus.ua/uk/digital/662142-fpv-droni-v-ukrajini-yak-perehoplyuyut-bpla-i-gelikopteri>.
5. Моллой, О. “Як дрони змінюють сучасну війну?”

- Друкарня, 2024. Доступно на: <https://drukarnia.com.ua/articles/fpv-droni-v-rol-i-perekhoplyuvachiv-stattya-10-84IdB>.
6. VANGUARD Українська мілітарі-спільнота. “FPV-дрони в ролі перехоплювачів”. Мілітарний, 2024. Доступно на: <https://mil.in.ua/uk/articles/yak-drony-zminuyut-suchasnu-vijnu/>.
7. Johnson, A., Lee, P. “Interception Drones in Modern Air Defense”. *Journal of Defense Studies*, 19(3), 2022. DOI: 10.1016/j.jds.2022.03.007.
8. Smith, R. “FPV Drones for Rapid Response in Aerial Combat”. *Air Warfare Journal*, 17(2), 2022. DOI: 10.1111/awj.172.2022.04.
9. Ivanenko, O. “Problemy integracii FPV dronivz aviacijnymu systemamy”. *Aerokosmichna bezpeka Ukrainy*, 2023. Dostupno na: <https://www.aerosafety.ua/>.
10. Chen, Y., Zhang, L. “FPV Drone Strategies in Modern Warfare”. *International Journal of Aerial Defense*, 2023. DOI: 10.1016/ijad.2023.04.008.
11. Dmytrenko, P. M. “Integracija bezpilotnykh aparativ v oboronni systemy Ukrainy”. *Visnyk nacionalnoji bezpeky*, #3, 2022.
12. Ritu Sharma, At Par With US Gray Eagles! China’s Combat Fleet Of Wing Loong UAVs To Become ‘Smarter, Deadlier’ With AI. Доступно на: <https://www.eurasiantimes.com/uavs-get-ai-boost-plaaf-aims-to-bring-wing/>
13. Кондратенко, І. М. “Застосування FPV дронів у системах протиповітряної оборони”. *Вісник повітряних сил України*, №4, 2023. Доступно на: <http://www.hups.mil.gov.ua/>
14. Збірник тактичних розрахунків з прикладами : навч. посіб. / колектив авторів. – К. : НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2018. – 96 с.
15. Ткаченко В.І., Смірнов С.Б. “Критерійна оцінка ефективності протиповітряної оборони держави”. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*, випуск 3(32), 2012, Харків. Доступно на: [http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullweb&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=A=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A2%D0%BA%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%20%D0%92\\$#gsc.tab=0](http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullweb&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=A=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A2%D0%BA%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%20%D0%92$#gsc.tab=0)
16. Новіченко С.В., Довгалок Д.С., Кривчун В.І. “Оцінка математичного сподівання кількості знищених засобів повітряного нападу угрупованням зенітних ракетних військ з урахуванням складу повітряного удару по об’єкту прикриття” *Системи обробки інформації*, випуск 1 (172), 2023, Харків, DOI: 10.30748/soi.2023.172.06
17. Горбачов К.М. “Часткова методика оцінювання ефективності забезпечення бойових дій підрозділів протиповітряної оборони військових формувань тактичного рівня засобами ураження”, *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил* 4(70), 2021, Харків, DOI: 10.30748/zhups.2021.70.02.
18. Б. Шкурат і Д. Резнік, *Експрес-оцінювання варіантів організації взаємодії засобів протиповітряної оборони з літальними апаратами*, *Повітряна міць України*, т. 1, вип. 6, с. 105–111, Чер 2024. DOI: <https://doi.org/10.33099/2786-7714-2024-1-6-105-111>.

Oleh Pechenko

<https://orcid.org/0009-0008-9925-3089>

Yaroslav Yaroshenko (PhD)

<https://orcid.org/0000-0002-8651-4920>

Oleksandr Blyskun (PhD)

<https://orcid.org/0000-0002-7751-8313>

The National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

GENERAL APPROACHES TO ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF AIR DEFENSE WITH THE INTEGRATION OF FPV INTERCEPTOR DRONES

This article examines innovative approaches to the integration of FPV (First-Person View) interceptor drones into air defense systems as a distinct subsystem, particularly in the context of modern warfare that demands rapid response to aerial threats and high target engagement efficiency. The challenge of enhancing the operational readiness and precision of fighter aviation is especially relevant in contemporary combat scenarios, where reaction time is critical to mission success. In recent years, the use of FPV drones capable of intercepting enemy unmanned aerial vehicles (UAVs) has revolutionized approaches to countering airborne threats. The article explores methods for improving air defense effectiveness through the combined use of FPV drones and fighter aviation, enabling significantly faster threat response and higher target engagement efficiency. The research findings demonstrate that integrating interceptor drones into air defense systems significantly reduces reaction time, increases the efficiency of neutralizing threats, and optimizes resource allocation. The study’s conclusions can benefit military technology experts, air defense researchers, and UAV operators by providing insights into these advanced technologies and their application in modern air combat scenarios.

Keywords: air cover, air defense, unmanned aviation system, unmanned aerial vehicle, FPV interceptor drone; integration, efficiency, analysis, fighter aviation.

References

1. Chernysh, O. “Drony-drakony i perekhoplyuvachi. Chy spravdi ukrajinci zdijnsly revoljuciju v BpLA”. *BBC*, 2024. Dostupno na: <https://www.bbc.com/ukrainian/articles/cy9e90rv280e>.

2. Jak Ukrajinna daje vidsich putinskym bezpilotnykam-rozvidnykam. TSN, 2024. Dostupno na: <https://tsn.ua/zbroja/yak-ukrayina-daye-vidsich-putinskim-bezpilotnykam-rozvidnykam-the-times-2674491.html>.
3. Tartachnyj, O. "Drony, shho zbyvajutj drony: jak pracujutj BpLA-perekhoplyuvachi". Speka, 2024. Dostupno na: <https://speka.media/droni-shho-zbivayut-droni-yak-pracyuyut-perekhoplyuvaci-bpla-pn0r47>.
4. Zalata, O. "Zbroja proty "Shakhediv", rozvidnykiv i ghelikopteriv: jak v Ukrajinі stvorjuyutj superdrony". Focus, 2024. Dostupno na: <https://focus.ua/uk/digital/662142-fpv-droni-v-ukrajini-yak-perehoplyuyut-bpla-i-gelikopteri>.
5. Molloy, O. "Jak drony zminjuyutj suchasnu vijnu?" Drukarnja, 2024. Dostupno na: <https://drukarnia.com.ua/articles/fpv-droni-v-rol-i-perekhoplyuvachiv-stattya-10-84IdB>.
6. VANGUARD Ukrajinjska militari-spilnnota. "FPV-drony v roli perekhoplyuvachiv". Militarnyj, 2024. Dostupno na: <https://mil.in.ua/uk/articles/yak-drony-zminyuyut-suchasnu-vijnu/>.
7. Johnson, A., Lee, P. "Interception Drones in Modern Air Defense". Journal of Defense Studies, 19(3), 2022. DOI: 10.1016/j.jds.2022.03.007.
8. Smith, R. "FPV Drones for Rapid Response in Aerial Combat". Air Warfare Journal, 17(2), 2022. DOI: <https://10.1111/awj.172.2022.04>.
9. Ivanenko, O. "Problems of integration of FPV drones with aviation systems." Aerospace safety of Ukraine, 2023. Available at: <https://www.aerosafety.ua/>.
10. Chen, Y., Zhang, L. "FPV Drone Strategies in Modern Warfare". International Journal of Aerial Defense, 2023. DOI: 10.1016/ijad.2023.04.008.
11. Dmytrenko, P. M. "Integration of unmanned aerial vehicles into the defense systems of Ukraine." Bulletin of National Security, No. 3, 2022.
12. Ritu Sharma, At Par With US Gray Eagles! China's Combat Fleet Of Wing Loong UAVs To Become Smarter, Deadlier With AI, Access <https://www.eurasiantimes.com/uavs-get-ai-boost-plaaf-aims-to-bring-wing>.
13. Kondratenko, I. M. "Zastosuvannya FPV droniv u systemakh protypovitrjanoji oborony". Visnyk povitryjnykh syl Ukrajinu, #4, 2023. Dostupno na: <http://www.hups.mil.gov.ua/>
14. Zbirnyk taktychnykh rozrakhunkiv z prykladamy : navch. posib. / kolektyv avtoriv. – K. : NUOU im. Ivana Chernjakhivskogho, 2018. – 96 s.
15. Tkachenko V.I., Smirnov Je.B. "Kryterijna ocinka efektyvnosti protypovitrjanoji oborony derzhavy". Zbirnyk naukovykh pracj Kharkivskogho universytetu Povitryjnykh Syl, vypusk 3(32),2012, Kharkiv. Dostupno na: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=A=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A2%D0%BA%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%20%D0%92\\$#gsc.tab=0](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=A=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A2%D0%BA%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%20%D0%92$#gsc.tab=0)
16. Novichenko S.V., Dovghaljuk D.S., Kryvchun V.I. "Ocinka matematychnogho spodivannja kiljkosti znyshhenykh zasobiv povitryjanogho napadu ughrupovannjam zenitnykh raketnykh vijsjk z urakhuvannjam skladu povitryjanogho udaru po ob'jektu prykryttja" Systemy obrobky informaciji, vypusk 1 (172) , 2023, Kharkiv, DOI: 10.30748/soi.2023.172.06
17. Ghorbachov K.M. "Chastkova metodyka ocinjuvannja efektyvnosti zabezpechennja bojovykh dij pidrozdiliv protypovitrjanoji oborony vijsjkovykh formuvanj taktychnogho rivnja zasobamy urazhennja", Zbirnyk naukovykh pracj Kharkivskogho nacionalnogho universytetu Povitryjnykh Syl 4(70), 2021, Kharkiv, DOI: 10.30748/zhups.2021.70.02.
18. B. Shkurat i D. Rjeznik, Ekspres-ocinjuvannja variantiv orghanizaciji vzajemodiji zasobiv protypovitrjanoji oborony z litaljnymy aparatamy, Povitryjana micj Ukrajinu, t. 1, vyp. 6, s. 105–111, Cher 2024. DOI: <https://doi.org/10.33099/2786-7714-2024-1-6-105-111>.