

**ВИКОРИСТАННЯ ТУРЕЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ
БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ,
НАУКОВЕ ПІДГРУНТЯ ТА ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД**

Сучасні бойові дії характеризуються безпрецедентною насиченістю засобами повітряної розвідки та ударними безпілотними системами. Протягом останніх років БПЛА стали ключовим інструментом тактичного рівня, дозволяючи противнику завдавати ураження з мінімальними витратами, здійснювати постійний моніторинг позицій та координувати вогонь артилерії. Масове застосування FPV-дронів, барражуючих боєприпасів та комерційних квадрокоптерів спричинило різке зростання потреби у високоточних, швидкодіючих і автоматизованих засобах вогневого ураження таких апаратів. На цьому фоні турельні системи, які здатні працювати в автоматичному або напівавтоматичному режимі, стали одним із найперспективніших напрямів розвитку систем протидії БПЛА.

В умовах, коли традиційні засоби протиповітряної оборони часто виявляються надмірно дорогими або не пристосованими до перехоплення малорозмірних цілей, турелі займають проміжну позицію між стрілецькою зброєю, радіоелектронною боротьбою та високоточними ракетними комплексами. Їхня ефективність визначається поєднанням механічної швидкодії, точності стрільби, інтеграції сенсорів і здатності до роботи в реальному часі. У цьому контексті особливо важливою є проблема кінетичного ураження цілей, що маневрують. Дослідження Biediger та співавторів (2021) створює теоретичну основу для розуміння взаємодії між туреллю та дроном, демонструючи, що результат протиборства визначається співвідношенням кутової швидкості турелі та маневреності БПЛА. Автори показують, що навіть при наявності високоточного алгоритму наведення існують траєкторії, за яких дрон може

уникнути влучання, використовуючи перевагу в прискоренні або зміні вектора руху. Це дозволяє зрозуміти, чому просте збільшення швидкості роботи турелі не завжди гарантує успіх: потрібні адаптивні алгоритми, машинне навчання і сенсори, здатні прогнозувати ймовірні маневри цілі.

Розгляд проблеми у ширшому контексті протидії БПЛА, запропонований Turing (2019), демонструє, що турель не може функціонувати як ізольований інструмент. Ефективність залежить від роботи радарів, оптико-електронних станцій, засобів РЕБ та командних центрів. При цьому турель залишається єдиним елементом системи, здатним знищити апарат фізично, що значно актуалізує її роль у системі C-UAS на рівні взвод–рота. Dobija (2023) підкреслює, що повна адаптація до динаміки дронівих загроз вимагає створення гнучких і адаптивних комплексів, адже типи БПЛА суттєво різняться за розмірами, сигнатурою, швидкістю та способом атаки. Зокрема, FPV-дрони, які мають високу швидкість та непередбачувану траєкторію, представляють найбільшу складність для кінетичного ураження.

Практична реалізація турельних систем останніми роками демонструє стрімкий прогрес. Українські розробки, представлені у публікаціях Ferrara (2025), свідчать про появу штучного інтелекту у турельних рішеннях: системи автоматично ідентифікують ціль, супроводжують її за допомогою оптоелектронних сенсорів і здійснюють високоточний вогонь. Це відповідає логіці застосування у позиційній обороні, на критичній інфраструктурі чи у складі рухомих бойових груп. Подібні рішення демонструють синтез автоматизації та точності стрілецької зброї, що робить їх ідеальними проти дронів малої та середньої дальності.

У свою чергу, США розвивають установку Bullfrog, призначену для інтеграції на бойову техніку Abrams та Bradley. За даними Army Recognition (2025), така система дозволяє виконувати вогневий захист техніки на марші, що є критично важливим у сучасних військових умовах, де дрони часто застосовуються для ураження колон, станцій РЕБ, пунктів управління та ремонтних груп. Поєднання механізованої стабілізації з швидким наведенням та

застосуванням алгоритмів супроводу цілей суттєво збільшує шанси на перехоплення.

У науковій площині важливо враховувати питання оцінювання ефективності турелей як одного з компонентів C-UAS. De Cubber та співавтори (2025) наголошують, що стандартних підходів до тестування таких систем не існує. Відповідно, аналіз їхньої ефективності є неоднорідним і фрагментованим, що ускладнює порівняння різних технологій між собою. Запропоновані авторами методики дозволяють оцінити параметри виявлення, супроводу, точності ураження, часових затримок, а також ефективності проти ройових атак. На практиці ці критерії дозволять критичніше оцінити, наскільки турель може бути застосована в умовах одночасного нападу декількох дронів з різних напрямків.

Проблема економічної доцільності турельних систем також стає предметом наукових дискусій. Дрони, що використовуються противником, можуть коштувати від кількох сот до десяти тисяч доларів, тоді як засоби знищення часто значно дорожчі. Як зазначає Szubrycht (2023), одним з ключових показників є «вартість ураження», а турельні системи, завдяки своїй багаторазовості та використанню стрілецьких боєприпасів, здатні забезпечити набагато нижчу вартість знищення, ніж ракетні рішення. Це робить їх економічно привабливими, особливо в ситуації масових атак.

У ширшій аналітичній площині дослідження автономних систем озброєння, представлені в роботах Scharre (2018), Boulanin і Verbruggen (2017), а також Gettinger та Michel (2020), показують, що розвиток штучного інтелекту неминуче приведе до появи повністю автономних турелей, здатних здійснювати аналіз обстановки, розпізнавати цілі, прогнозувати їхню поведінку і приймати рішення щодо відкриття вогню. Це відкриває великі можливості, але водночас створює юридичні, етичні й політичні виклики, особливо у контексті автономного застосування сили.

Узагальнюючи сучасні наукові й практичні напрацювання, можна стверджувати, що турельні системи стають невід'ємним елементом протидії БПЛА. Посилення автономності, інтеграція інтелектуальних алгоритмів, зменшення часу реакції та підвищення точності забезпечують можливість

ефективного ураження широкого спектра дронів — від комерційних квадрокоптерів до FPV-боєприпасів. Проте ефективність таких систем залежить від якості сенсорів, потужності обчислювальних модулів, швидкості роботи механізмів і здатності працювати у складі багатопарової системи C-UAS. У майбутньому турельні модулі можуть стати базовим компонентом захисту кожного опорного пункту, бойової машини і пункту управління. Але досягнення такого рівня потребує подальших досліджень, стандартизації тестування, накопичення бойового досвіду та інтеграції вищого рівня автономності.

Список використаних джерел:

1. Biediger, S., Gorham, M., Hirsbrunner, L., & Manchur, R. (2021). The Pursuit and Evasion of Drones Attacking an Automated Turret. arXiv:2107.12660.
2. Tiurin, V. (2019). General Approach to Counter Unmanned Aerial Vehicles (UAV). *Journal of Security and Defence*, 5(1), 75–86.
3. De Cubber, G., Chinchio, E., Papachristos, C., & Balta, H. (2025). Standardized Evaluation of Counter-Drone Systems. *Drones*, 9(5), 354.
4. Dobija, K. (2023). Countering Unmanned Aerial Systems (UAS) in Military Operations. *Security and Defence Quarterly*, 43(2), 24–39.
3. Лаврінчук О. В., Заїка Л. А., Щолок А. В. Загальний огляд та особливості використання системи імітаційного моделювання бойових дій Steel Beasts. *Збірник наукових праць національної академії національної гвардії України*. 2025. вип. 1 (45) : Збірник, м. Харків.
4. Перспективи використання технологій віртуальної реальності у процесі підготовки військових фахівців (тактичного рівня військової освіти) за сумісними стандартами нато / І. Козубцов та ін. *Вісник науки та освіти*. 2023. № 11(17). URL: [https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-11\(17\)-770-784](https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-11(17)-770-784) (дата звернення: 20.11.2025).