



УДК 355.45:629.735.

[https://doi.org/10.52058/3041-1793-2025-11\(16\)-477-484](https://doi.org/10.52058/3041-1793-2025-11(16)-477-484)

**Семенов Микола Володимирович** старший викладач кафедри бойового та логістичного забезпечення, Київський інститут Національної гвардії України, м. Київ, <https://orcid.org/0009-0006-0543-204X>

**Масіц Віктор Вікторович** старший викладач кафедри безпілотних систем та радіоелектронної боротьби, Національна академія Національної гвардії України, м. Харків, <https://orcid.org/0009-0003-9725-5535>

### **ЕВОЛЮЦІЯ FPV-ДРОНІВ У ВІЙНІ В УКРАЇНІ: ВІД РАДІОКЕРУВАННЯ ДО ОПТОВОЛОКНА**

**Анотація.** У статті здійснено всебічний аналіз трансформації характеру сучасного збройного протистояння в умовах повномасштабної агресії Російської Федерації проти України, що розпочалася у лютому 2022 року. Особлива увага приділена динамічному розвитку безпілотних літальних апаратів типу FPV, які за короткий проміжок часу стали критично важливим елементом тактичного й оперативного арсеналу. У роботі наголошується на багатofункціональності FPV-дронів, які виконують завдання ударного ураження, доставки вибухових пристроїв, тактичної розвідки, дистанційного мінування та створення психологічного тиску на противника. Визначено, що їхнє широке розповсюдження зумовлене доступністю комплектуючих, простотою конструкції, невисокою вартістю виробництва та легкістю освоєння в умовах бойових дій.

У статті детально розглянуто технічну будову класичного FPV-дрона з радіокеруванням, зокрема роль карбонової рами, електродвигунів, польотного контролера, аналогової FPV-камери, VTX-модуля, радіоприймача та джерела живлення. Виокремлено переваги використання таких дронів як ударних одноразових платформ, а також зазначено типи боєприпасів, які можуть бути адаптовані до них. Разом із тим акцентовано увагу на вразливості традиційних FPV-дронів до засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ), зокрема до глушіння сигналу, перехоплення керування або відеопотоку, що значною мірою знижує ефективність їх бойового застосування.

У відповідь на ці виклики досліджено сучасний етап еволюції FPV-дронів -- впровадження оптоволоконного каналу керування та відеопередачі. Визначено, що така технологія забезпечує високий рівень захищеності від РЕБ, надійну передачу даних, можливість дії в умовах урбанізованої або складної інженерної місцевості, а також відкриває нові тактичні можливості: польоти на низьких висотах, у траншеях, комунікаціях та укриттях, приховане

очікування й раптове ураження. Описано способи інженерної протидії, включаючи сітчасті конструкції типу «коридори життя» та механічні засоби обриву кабелю.

**Ключові слова:** FPV-дрони; РЕБ; безпілотні літальні апарати; оптоволоконне керування; радіоелектронна боротьба; протидія БПЛА.

**Semenov Mykola Volodymyrovych** Senior Lecturer, Department of Combat and Logistical Support, Kyiv Institute of the National Guard of Ukraine, Kyiv, <https://orcid.org/0009-0006-0543-204X>

**Masits Viktor Viktorovich** Senior Lecturer, Department of Unmanned Systems and Electronic Warfare, National Academy of the National Guard of Ukraine, 3 Defenders of Ukraine Square, Kharkiv, <https://orcid.org/0009-0003-9725-5535>

## EVOLUTION OF FPV DRONES IN THE WAR IN UKRAINE: FROM RADIO CONTROL TO FIBER OPTICS

**Abstract.** The article provides a comprehensive analysis of the transformation in the nature of modern armed conflict under the conditions of the full-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine, which began in February 2022. Particular attention is paid to the dynamic development of FPV (First Person View) unmanned aerial vehicles (UAVs), which have rapidly become a critically important element of both tactical and operational arsenals. The study emphasizes the multifunctionality of FPV drones, which are used for strike missions, delivery of explosive devices, tactical reconnaissance, remote mining, and psychological pressure on the enemy. Their widespread use is attributed to the availability of components, simplicity of design, low production cost, and ease of adoption in combat conditions.

The article presents a detailed examination of the technical structure of a typical radio-controlled FPV drone, focusing on components such as a carbon frame, electric motors, flight controller, analog FPV camera, VTX module, radio receiver, and power supply unit. The advantages of using such drones as expendable strike platforms are highlighted, along with the types of munitions that can be adapted to them. At the same time, special attention is paid to the vulnerabilities of traditional FPV drones to electronic warfare (EW) systems, including signal jamming, control interception, and video stream disruption — all of which significantly reduce their combat effectiveness.

In response to these challenges, the study explores the next stage in the evolution of FPV drones — the implementation of fiber-optic communication channels for control and video transmission. This technology ensures a high level of immunity to EW, reliable data transfer, and the ability to operate in urban or complex



engineering environments. It also introduces new tactical advantages: low-altitude flights, maneuvering in trenches, communications and shelters, covert waiting, and sudden target engagement. The article also describes engineering countermeasures, including mesh structures such as “corridors of life” and mechanical cable disruption devices.

**Keywords:** FPV drones; EW; unmanned aerial vehicles; fiber-optic control; electronic warfare; counter-UAV tactics.

**Постановка проблеми.** З початком повномасштабної агресії російської федерації проти України сучасне поле бою зазнало кардинальних змін, зокрема у сфері застосування технологій. Одним із найбільш динамічних напрямів розвитку стало використання безпілотних літальних апаратів, зокрема FPV-дронів (First Person View), які швидко перетворилися на ефективний і відносно недорогий засіб ведення бойових дій.

FPV-дрони стали невіддільною складовою тактичного арсеналу, що використовується для точкових ударів, доставки вибухових речовин, дистанційного мінування, розвідки та навіть психологічного тиску на противника. Їх масове застосування зумовлено низкою факторів: простотою конструкції, доступністю комплектуючих, високою маневреністю, а також здатністю працювати в складних умовах без прямої участі особового складу.

Однак, стрімке розповсюдження цих апаратів супроводжується і низкою суттєвих проблем. Зокрема, традиційні FPV-дрони з аналоговим радіокеруванням та відеопередачею виявилися надзвичайно вразливими до засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ), що активно використовуються обома сторонами конфлікту. Втрата сигналу, перехоплення відеозображення, або навмисне глушіння частот -- усе це знижує ефективність застосування таких апаратів і створює додаткові загрози для операторів.

У відповідь на ці виклики відбувається технологічна еволюція FPV-дронів: на зміну традиційним рішенням приходять системи, що працюють на основі оптоволоконного зв'язку. Такі моделі демонструють високу стійкість до перешкод, знижують ризики перехоплення та дозволяють діяти в умовах повного радіоелектронного подавлення. Проте разом з перевагами виникають нові виклики, пов'язані з логістикою, фізичними обмеженнями та адаптацією підрозділів до роботи з новітніми технологіями.

Таким чином, актуальність дослідження полягає у необхідності аналізу процесу трансформації FPV-дронів у межах сучасної війни, визначення переваг та недоліків різних типів керування, а також окреслення перспектив подальшого розвитку й протидії безпілотним системам нового покоління.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження технічних характеристик, конструктивних особливостей і тактики застосування існуючих ударних FPV-дронів активно проводили вітчизняні науковці та практики, зокрема І. Грідасов, У. Збежховська, Т. Калімулін, Ю. Соломоненко, І. Юзова,

І. Хижняк, Г. Худов та інші. Їхні роботи зосереджені на аналізі тактико-технічних параметрів, ефективності бойового застосування в умовах активного протидії засобами РЕБ, а також на оцінці логістичних та виробничих аспектів масового використання FPV-дронів.

Загальні підходи до оцінювання ефективності систем протиповітряної оборони з урахуванням зростаючого значення FPV-дронів, зокрема FPV-дронів-перехоплювачів, розглядали О. Блискун, В. Горбенко, О. Коршець, О. Панченко, Я. Ярошенко та інші. Їхні дослідження акцентують увагу на необхідності адаптації існуючих систем ППО до нових загроз, які створюють малі та надманеврені безпілотні апарати, здатні проривати традиційні рубежі оборони.

Питання особливостей бойового застосування FPV-дронів у сучасній війні, зокрема на прикладі збройного конфлікту в Україні, вивчали О. Гук, Д. Ікаєв, О. Олексенко, В. Рагулін, В. Сніцаренко та інші. У своїх публікаціях вони аналізують практичні кейси використання дронів у різних типах місцевості, проти різних цілей, а також вплив технічного прогресу (зокрема оптоволоконного зв'язку) на зміну тактичної парадигми.

Серед зарубіжних дослідників, які вивчали питання застосування FPV-дронів у сучасних військових конфліктах, варто відзначити Мішу Живковича, Марко Радовановича, Самуеля Бендетта, Моджтабу Насехі, Кевіна Теббе, Роберта Поммеранца, Герда Шолла та інших. Їхні дослідження охоплюють як технічні аспекти FPV-технологій, так і їхній вплив на тактичні та стратегічні підходи до ведення бойових дій.

**Мета статті** – проаналізувати еволюцію FPV-дронів у війні в Україні від радіокерованих до оптоволоконних систем, з акцентом на їхні технічні характеристики, тактичні можливості та засоби протидії.

**Виклад основного матеріалу.** З початком повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну у лютому 2022 року відбулася глибока трансформація у військово-технічній сфері, яка охопила практично всі рівні організації та ведення бойових дій. Цей конфлікт став каталізатором інтенсивного впровадження новітніх технологій, зокрема в галузі озброєння, зв'язку, розвідки та логістики. Сучасні бойові дії, що тривають в умовах активного використання новітніх технологій, характеризуються широким і системним застосуванням з обох сторін передових засобів ураження, гнучких логістичних рішень, а також широкого спектра вибухових пристроїв — як заводського виробництва, так і саморобного виготовлення.

Особливе місце в цій еволюції посідають безпілотні системи, які, з елементів допоміжного значення, перетворилися на повноцінні бойові платформи. Йдеться як про літальні, так і про наземні апарати, що виконують функції розвідки, коригування вогню, доставки вантажів, ударного ураження та навіть інформаційно-психологічного впливу. Вони стали одним із ключових інструментів ведення бойових дій на тактичному та оперативному рівнях,



забезпечуючи підвищення ефективності підрозділів при зниженні ризику для особового складу [1].

Особливої уваги заслуговує підтип безпілотних літальних апаратів – FPV-дрони, які продемонстрували виняткову гнучкість у бойовому застосуванні, невисоку вартість, доступність і простоту виготовлення. Їх стрімкий розвиток та еволюція — зокрема перехід від традиційних радіокерованих систем до інноваційного оптоволоконного управління -- стали важливим етапом у зміні підходів до сучасної тактики і стратегії на полі бою.

Станом на сьогодні FPV-дрони становлять не лише ефективний і відносно недорогий засіб ураження, а й виступають як потужний інструмент доставки вибухових пристроїв безпосередньо до лінії бойового зіткнення, зокрема й по маршрутах логістичного забезпечення противника. Їх широка популярність пояснюється низькою собівартістю виробництва, конструктивною простотою та легкістю в адаптації, а також широкою доступністю комплектуючих як на вітчизняних, так і на міжнародних онлайн-ринках [2;3;4].

Розглядаючи будову типового FPV-дрона з радіокеруванням, можна відзначити, що він зазвичай складається з низки стандартних компонентів. Основою конструкції є карбонова рама, яка забезпечує жорсткість та стійкість до механічних навантажень. Рух дрона забезпечується електродвигунами, роботу яких координує контролер регулювання обертів (ESC), що отримує команди від польотного контролера -- центрального елемента системи керування [2].

Для передачі зображення в режимі реального часу використовується аналогова FPV-камера у поєднанні з відеопередавачем (VTX), сигнал від якого оператор отримує через FPV-окуляри або монітор. Управління дроном здійснюється за допомогою радіоприймача, який приймає команди з пульта керування, а стабільність каналу забезпечується відповідними антенами для керування та відеосигналу. Живлення всіх систем забезпечує акумуляторна батарея формату 6S2P, яка видає напругу близько 24 В.

Використання таких компонентів не потребує значних фінансових витрат, що робить можливим застосування FPV-дронів як ударних одноразових платформ. Так, стандартний дрон з діагоналлю рами 7–10 дюймів здатен забезпечити підйомну силу корисного навантаження близько 2–2,5 кг, що дозволяє нести різні типи боєприпасів.

Серед основних напрямів застосування:

- доставка та ініціювання осколково-фугасних зарядів безпосередньо по живій силі чи техніці противника;
- мінування місцевості за допомогою протипіхотних мін або саморобних вибухових пристроїв;
- дистанційне мінування доріг та логістичних маршрутів противника мінами типу ПТМ (протитанкові міни).

Попри очевидні переваги, застосування FPV-дронів має і низку вразливих сторін. Одним із головних недоліків є їхня висока чутливість до засобів

радіоелектронної боротьби (РЕБ). У разі потрапляння дрона в зону дії РЕБ-станцій противника оператор втрачає можливість керування та відеозв'язок, що з великою ймовірністю призводить до падіння дрона або промаху по цілі. Таким чином, ефективність бойового застосування FPV значною мірою залежить від рівня насиченості району бойових дій системами РЕБ обох сторін [2;5].

Ще однією слабкою ланкою є використання аналогового каналу передачі відеосигналу. Попри його низьку вартість і простоту, аналоговий сигнал є відкритим та незашифрованим, що створює додаткові ризики. Подібно до епохи аналогового телебачення, будь-хто, маючи відповідний приймач та антену, може «підключитися» до каналу та переглядати зображення, яке передає дрон. Це дає можливість противнику виявляти напрям польоту, оцінювати наміри оператора, а також своєчасно вживати заходів контрдії.

У якості превентивних заходів у підрозділах оборони дедалі частіше застосовуються спеціальні пристрої типу «детектор дронів», які дозволяють виявляти аналогові відеосигнали FPV-дронів, фіксувати зображення з їх камер у режимі реального часу та оперативно приймати рішення щодо укриття, зміни позицій або активації засобів РЕБ з метою уникнення прямого ураження.

Але час минає, і технології постійно вдосконалюються. Все частіше на полі бою з'являються модифіковані FPV-дрони, у яких канали керування (TX) та відеопередачі (VTX) забезпечуються не за допомогою радіозв'язку, а через оптоволоконний кабель.

Оптоволокну -- це тонкий гнучкий кабель, виготовлений зі скла або спеціального полімеру, який передає сигнали у вигляді потоку світлових імпульсів. Такий принцип роботи забезпечує надзвичайно високу швидкість та стабільність передачі даних на значні відстані, а також робить сигнал практично неможливим для перехоплення чи приглушення засобами РЕБ [6].

Застосування оптоволоконна для керування та передачі відеосигналу забезпечує повну нечутливість дронів до дії систем РЕБ, оскільки вони не випромінюють радіосигналів, які могли б бути виявлені, перехоплені або заглушені противником. Це суттєво ускладнює їх виявлення як технічними засобами розвідки, так і спеціалізованими «детекторами дронів», які орієнтуються на аналогові або цифрові відеосигнали в ефірі.

Крім того, оптоволоконний зв'язок забезпечує мінімальні затримки та стабільну якість відеопередачі навіть у складних умовах -- зокрема в міській забудові, інженерних укриттях, підземних спорудах або замкнених просторах. Це відкриває нові можливості для застосування FPV-дронів у тактичному плані.

Зокрема, такі дрони можуть здійснювати польоти на мінімальних висотах -- у траншеях, щілинах, підземних комунікаціях, стічних трубах тощо -- у тих умовах, де радіокеровані апарати часто втрачали сигнал. Також оптоволоконний канал дає змогу тимчасово «посадити» дрон на землю або в



укриття, очікуючи появи противника, а потім здійснити раптовий зліт і ураження цілі, що істотно розширює тактичний арсенал підрозділів.

Боротьба з такими дронами є значно складнішою, оскільки засоби індивідуальної протидії (РЕБ) та превентивного виявлення (детектори дронів) виявляються малоефективними. Наразі лише системний підхід дає можливість знизити рівень ураження особового складу та техніки від подібних засобів.

До ефективних методів належать, зокрема, так звані «коридори життя» -- наддорожні сітки, які перешкоджають підльоту дронів, споряджених кумулятивними зарядами, безпосередньо до техніки. Ініціювання заряду в сітці збиває фокусну відстань кумулятивного струменя, що суттєво зменшує ефективність бойової частини дрона [5;6].

Ще одним напрямом протидії є облаштування ділянок місцевості (переважно в степовій зоні) з натягнутою колючою стрічкою типу «Єгоза», під'єднаною до обертових механізмів (наприклад, сервоприводів). Потрапляння оптоволоконного дроту на обертову колючу стрічку забезпечує його захоплення та подальше механічне переривання, що призводить до втрати керування та відеозв'язку між дроном і оператором.

Отже, FPV-дрони стали невід'ємним елементом сучасної війни, продемонструвавши високу ефективність при мінімальних витратах. Їх еволюція від радіокерованих моделей до оптоволоконних систем значно підвищила стійкість до радіоелектронної боротьби. Водночас, це створює нові виклики для систем протидії. Подальший розвиток дронівих технологій потребує комплексного підходу до їх застосування, виробництва та нейтралізації.

**Висновки.** Відтак, у ході повномасштабної війни в Україні FPV-дрони продемонстрували себе як один із найефективніших інструментів сучасного бою. Вони поєднали в собі високу мобільність, точність ураження, низьку вартість і простоту масового виробництва, що зробило їх масово доступними для обох сторін конфлікту. Еволюція цієї технології -- від радіокерованих рішень до оптоволоконного керування -- значно змінила характер тактичних дій, забезпечивши високу захищеність каналів управління від дії засобів РЕБ та відкривши нові можливості для бойового застосування дронів у складних умовах.

Водночас, зростання ефективності FPV-дронів обумовило і посилення необхідності в системних підходах до їхньої нейтралізації. Звичні методи протидії, зокрема засоби радіоелектронної боротьби чи детектори дронів, виявляються дедалі менш ефективними в умовах застосування оптоволоконних систем. Це вимагає розробки нових, технічно складних та багаторівневих рішень -- як інженерних, так і тактичних. У результаті FPV-дрони не лише трансформують способи ведення війни, а й стають чинником, що стимулює глобальні зміни у воєнній науці, техніці й стратегії.

### **Література:**

1. Lessons from the Ukraine Conflict: Modern Warfare in the Age of Autonomy, Information, and Resilience. URL: <https://surl.li/dativg> (дата звернення: 16.10.2025).
2. Худов Г.В., Хижняк І.А., Грідасов І.Ю. та ін. Аналіз тактико-технічних характеристик та тактики застосування існуючих ударних FPV-дронів. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2024. № 3. С. 70-79.
3. Печененко О., Ярошенко Я., Блискун О. Загальні підходи до оцінювання ефективності протиповітряної оборони з урахуванням застосування FPV-дронів-перехоплювачів. *Повітряна міць України*, 2024. №2(7). С. 50–54.
4. Олексенко О.О., Гук О.М., Сніцаренко В.В. та ін. Щодо особливостей бойового застосування FPV-дронів у війні між Росією та Україною. *Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОВТ*. 2024, Вип. 4(22). С. 99-105.
5. Kumari J., Ravishankar M., Jatkar M., Kumar P., Arya P., Garg, A. Military Grade FPV Drone for Enemy Recognition. *Journal of Cyber Security, Privacy Issues and Challenges*. 2023. № 2. P. 7–13.
6. Khudov H., Oleksenko O., Kuchuk N., Yaroshenko Y., Ishchenko O., Ikaiev D., Kireienko V. Determining the unmanned aerial vehicle optimal flight route based on the ant colony optimization. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry (TOJQI)*. 2021. Vol. 12. Iss. 6. P. 5173–5178.

### **References:**

1. Lessons from the Ukraine Conflict: Modern Warfare in the Age of Autonomy, Information, and Resilience. URL: <https://surl.li/dativg> (data zvernennya: 16.10.2025). [in English].
2. Khudov G.V., Khizhnyak I.A., Gridasov I.Yu. ta in. (2024). Analiz taktiko-tekhnichnikh kharakteristik ta taktiki zastosuvannya isnuyuchikh udarnikh FPV-droniv [Analysis of tactical and technical characteristics and tactics of use of existing strike FPV drones]. *Sistemi upravlinnya, navigatsii ta zv'yazku*. 2024. № 3. S. 70-79. [in Ukrainian].
3. Pechenko O., Yaroshenko Ya., Bliskun O. (2024). Zagalni pidkhodi do otsynuyannya yefektivnosti protipovitryanoi oboroni z urakhuvannyam zastosuvannya FPV-droniv-perekhoplyuvachiv [General approaches to assessing the effectiveness of air defense, taking into account the use of FPV interceptor drones]. *Povitryana mits Ukraïni*, 2024. №2(7). S. 50–54. [in Ukrainian].
4. Oleksenko O.O., Guk O.M., Snitsarenko V.V. ta in. Shchodo osoblivostei boiovogo zastosuvannya FPV-droniv u viini mizh Rosieyu ta Ukraïnoyu [On the peculiarities of the combat use of FPV drones in the war between Russia and Ukraine]. *Zbirnik naukovikh prats DNDI VS OVT*. 2024, Vip. 4(22). С. 99-105. [in Ukrainian].
5. Kumari J., Ravishankar M., Jatkar M., Kumar P., Arya P., Garg, A. Military Grade FPV Drone for Enemy Recognition. *Journal of Cyber Security, Privacy Issues and Challenges*. 2023. № 2. R. 7–13. [in English].
6. Khudov H., Oleksenko O., Kuchuk N., Yaroshenko Y., Ishchenko O., Ikaiev D., Kireienko V. Determining the unmanned aerial vehicle optimal flight route based on the ant colony optimization. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry (TOJQI)*. 2021. Vol. 12. Iss. 6. P. 5173–5178. [in English].