

Г. В. Худов, І. А. Хижняк, І. Ю. Грідасов, У. Р. Збежховська, І. Ю. Юзова,
Ю. С. Соломоненко, Т. М. Калімулін

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

АНАЛІЗ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ТАКТИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ІСНУЮЧИХ УДАРНИХ FPV-ДРОНІВ

Вступ. Предметом вивчення в статті є тактико-технічні характеристики та тактика застосування ударних FPV-дронів. **Метою** є аналіз тактико-технічних характеристик існуючих ударних FPV-дронів та їх тактики застосування. **Завдання:** ідентифікація та класифікація безпілотних літальних апаратів, аналіз основних технічних параметрів ударних FPV-дронів, дослідження методів та стратегій застосування ударних FPV-дронів у бойових діях, дослідження вразливостей ударних FPV-дронів до засобів радіоелектронної боротьби та методів захисту від них, розробка рекомендацій для покращення технічних характеристик та бойових можливостей ударних FPV-дронів. Використовуваними **методами** є: порівняльний аналіз, методи кластеризації даних, аналітичні та емпіричні методи аналізу використання ударних FPV-дронів у військових конфліктах, зокрема у російсько-українській війні. Отримані такі **результати**. Проведений структурований аналіз тактико-технічних характеристик та тактики застосування ударних FPV-дронів, наведені їх переваги та недоліки, сформувані пропозиції щодо шляхів їх удосконалення. Практична значимість отриманих результатів в майбутньому може стати основою для удосконалення існуючих ударних FPV-дронів, розробки нових моделей, а також для підвищення ефективності їх використання. **Висновки.** Аналіз тактико-технічних характеристик та тактики застосування ударних FPV-дронів показав, що такі безпілотні літальні апарати суттєво впливають на хід сучасних військових операцій, надаючи нові можливості для нанесення ефективних точкових ударів по техніці та особовому складу противника, проведення розвідки, коригування вогню та виконання функцій транспортування. Ударні FPV-дрони демонструють високу ефективність завдяки маневреності, відносно низькій вартості та можливості модифікації під конкретні бойові задачі. Водночас, їх вразливість до засобів радіоелектронної боротьби вимагає подальшого удосконалення систем зв'язку та управління. Дослідження були проведені за рахунок грантової підтримки Національного фонду досліджень України в рамках конкурсу “Наука для зміцнення обороноздатності України”, назва проєкту “Інформаційна технологія автоматизованого сегментування зображень об'єктів в системах націлювання ударних FPV-дронів на основі алгоритмів ройового інтелекту”, реєстраційний номер 2023.04/0153.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, FPV-дрон, оптико-електронне обладнання, тактико-технічні характеристики, тактика застосування, сегментування зображень.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Досвід ведення бойових дій у світовій практиці останніх років показав, що використання безпілотних літальних апаратів (БпЛА) або дронів відіграє важливу роль, змінюючи традиційні підходи до ведення війн. БпЛА надають можливість збройним угрупованням військ (сил) проводити розвідку в режимі реального часу, коригувати артилерійський вогонь, наносити вогневі удари по об'єктах противника, виконувати завдання транспортування тощо. Також використання БпЛА дозволяє значно зменшити ризики для особового складу своїх сил, підвищуючи ефективність військових операцій і знижуючи бойові втрати [1].

Перше масове застосування БпЛА у світі для завоювання переваги на полі бою відбулось у 2020 році під час військового конфлікту між Азербайджаном і Вірменією в Нагірному Карабасі. Збройні Сили (ЗС) Азербайджану в результаті проведення операції “Залізний кулак” встановили повний контроль над Нагірним Карабахом. Азербайджан мав на озброєнні сучасні БпЛА турецького та ізраїльського виробництва, такі як Bayraktar TB2, Heron TP, Hermes 4507, Sky Striker, і Harop, які використовувались для проведення ударів по вірменським системам протиповітряної оборони (ППО), зокрема ЗРК “Оса” та “Стріла-10”. Дані засоби ППО, хоча і були призначені для боротьби з літаками та вертольота-

ми, проте, виявились недостатньо ефективними проти сучасних БпЛА. Масоване застосування Азербайджаном дронів призвело до значних втрат вірменських засобів ППО вже в перші дні конфлікту, що суттєво послабило оборонні можливості Вірменії [2].

Саме знищення вірменських систем ППО забезпечило Азербайджану перевагу в повітрі, що дозволило безперешкодно атакувати вірменські наземні військові цілі, завдаючи їм значних втрат ще до початку наземної операції. Зазначене сприяло успішному наступу азербайджанських військ (сил), що призвело до значних оперативних успіхів. Збройні Сили Вірменії виявились неготовими до масового використання БпЛА противником, і після втрати основних сил ППО не змогли швидко поповнити втрати новими системами, що стало однією з ключових причин поразки у війні.

Таким чином, війна за Нагірний Карабах наочно продемонструвала ефективність застосування БпЛА, визначивши нову стратегію і тактику збройного протистояння на театрах бойових дій. Вона сформувала концепцію “війни майбутнього” – коли в бій ідуть машини, якими здійснюють управління на відстані [3].

Повномасштабне вторгнення ЗС російської федерації на територію України також підтвердило, що сучасні БпЛА відіграють важливу роль у завоюванні переваги на полі бою. З їх допомогою ЗС України знищили велику кількість озброєння і військової

техніки та особового складу противника, як на окупованих територіях, так й на території російської федерації. Використання БпЛА здатне забезпечити наступальний потенціал проти більшого, технологічно спроможного супротивника [4].

Характерною особливістю, що значно відрізняє війну в Україні від війни в Нагірному Карабасі є те, що ЗС України почали активно використовувати FPV (first person view) - дрони. На відміну від великих БпЛА, які використовувалися Азербайджаном, таких як Bayraktar TB2, FPV-дрони здатні забезпечити більшу маневреність і точність при значно менших витратах. Відповідно до звіту американського Інституту вивчення війни [5] саме FPV-дронами українські сили частково компенсують недостатність артилерійських боєприпасів на бої бою, використовуючи їх для відбиття атак російської бронетехніки і піхоти.

FPV-дрони надають можливість оператору керувати літальним апаратом у реальному часі в режимі "від першої особи", завдяки встановленим на дроні камері та передавачу відеосигналу. Це дозволяє оператору бачити саме те, що бачить дрон, і здійснювати точне управління, навіть у складних умовах міського бою або пересіченої місцевості. Одна із основних переваг FPV-дронів полягає у їхній маневреності та швидкості, що робить їх ідеальними для виконання різноманітних тактичних завдань. FPV-дрони можуть виконувати як розвідувальні місії, так і удари по наземним цілям. Завдяки їх невеликим розмірам і здатності швидко змінювати висоту і напрямок польоту, такі дрони важко виявити та збити засобами ППО. Збройні Сили України активно використовують FPV-дрони для проведення розвідки та коригування артилерійського вогню. З їх допомогою українські військові можуть отримувати детальну інформацію про розташування ворожих сил і техніки, що дозволяє точніше планувати атаки та зменшувати кількість помилкових ударів. Окрім того, FPV-дрони можуть бути оснащені невеликими вибуховими пристроями для виконання точкових ударів по ворожих об'єктах. Ефективність застосування FPV-дронів також полягає в їхній відносно невеликій вартості. Вони значно дешевші у виробництві та обслуговуванні порівняно з традиційними БпЛА. Це дозволяє ЗС України швидко нарощувати кількість дронів у своєму арсеналі, що в свою чергу забезпечує безперервний моніторинг і атакуючий потенціал на полі бою.

Масовим використанням дронів разом із ракетами характеризувалась атака Ірану на Ізраїль 13 квітня 2024 року [6]. Тактика Ірану, спираючись на досвід, отриманий під час війни в Україні, полягала в тому, щоб подолати передову оборону Ізраїлю дешевими дронами та надати більш складним балістичним ракетами більш шанси вразити свої цілі. Хоча ця операція не була успішною, вона вказує на велику актуальність застосування БпЛА у стратегіях ведення бойових дій для досягнення своїх військових цілей та суттєво трансформує традиційні концепції ведення війни.

Таким чином, сучасні конфлікти показують, що використання FPV-дронів є важливим елементом

військової стратегії. Вони забезпечують значну перевагу на полі бою, підвищуючи ефективність військових операцій і мінімізуючи ризики для особового складу. FPV-дрони стають невід'ємною частиною концепції "війни майбутнього", де високі технології та дистанційне керування визначають хід бойових дій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Враховуючи масове застосування FPV-дронів з метою завоювання переваги на полі бою, постає задача проведення аналізу їх тактико-технічних характеристик (ТТХ) та тактики застосування. Зазначене обумовлене необхідністю постійного удосконалення можливостей застосування FPV-дронів в умовах ведення бойових дій та дії засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) противника. Тому, автори у своїх дослідженнях зосереджуються на різних аспектах застосування та удосконалення FPV-дронів для застосування у військових операціях. На теперішній час, тематиці досліджень присвячені роботи [7]–[15].

Так, у роботі [7] автори розглядають розробку військового FPV-дрона з використанням Raspberry Pi та алгоритмів машинного навчання для розпізнавання об'єктів противника і забезпечення їх відстеження в режимі реального часу. Дрон оснащений камерою та мережею Jio-Fi для передачі відео в реальному часі, а також сучасним мережевим глушиком, що запобігає перехопленню сигналів каналів управління протидіючою стороною. Використання згорткових нейронних мереж та інших алгоритмів машинного навчання дозволяє дроні розпізнавати об'єкти та обличчя людей, що значно підвищує його ефективність у бойових умовах.

У [8] автори здійснюють огляд різних застосувань БпЛА, підкреслюючи їх зростаюче стратегічне значення та технологічні виклики. В дослідженні обговорюються різноманітні сфери застосування дронів, такі як військові операції, картографування, пошуково-рятувальні місії та розвідка. Автори наголошують на важливості модульної гнучкості та програмованості дронів, що дозволяє здійснювати їх швидку адаптацію до різноманітних завдань. Основна увага приділяється викликам автономії польоту, включаючи обмежену тривалість роботи батареї, маневреність, інтерфейс користувача та економічну ефективність.

Автори роботи [9] досліджують гіростабілізоване управління камерами FPV-дронів для підвищення їх ефективності в умовах ведення бойових дій. Використання гіроскопа для керування кутом нахилу камери дозволяє оператору отримувати більш стабільне зображення навіть під час руху дрона. Це покращує якість відео та збільшує ймовірність успішності виконання бойового завдання.

У [10] було розглянуто можливості автоматизації БпЛА з фіксованим крилом для їх автономного та точного виконання розвідувальних операцій. Завдяки введенню плану польоту в наземну систему управління (НСУ), БпЛА виконає поставлене завдання автономно для чого керуватиметься оперативним планом польоту, де активні маршрутні точки нанесені на НСУ. НСУ може бути прив'язана до

телеметрії та системи глобального позиціонування, щоб отримувати повну інформацію про місцезнаходження БпЛА.

Комплексний огляд сфер застосування дронів, включаючи військову, телемедицину, сільське господарство, будівництво та пошуково-рятувальні операції, наведений у роботі [11]. Автори підкреслюють важливість використання дронів для забезпечення безпеки та ефективності виконання завдань в різних сферах діяльності людини. Дослідження також акцентує увагу на технологічних досягненнях, що сприяють зростанню популярності дронів.

Систематизований огляд літератури щодо сонячних БпЛА, їх переваги та недоліки проведений авторами у [12]. Сонячні БпЛА використовують сонячну енергію для продовження тривалості польоту, що робить їх екологічно чистими та економічно вигідними. Дослідження також показує останні досягнення в галузі сонячних елементів, акумуляторів та електродвигунів, які є перспективними для використання під час розробки нових видів БпЛА.

У [13] було досліджено використання БпЛА у військових операціях. Автори показують, що застосування БпЛА дозволяє зберегти життя пілота, при цьому виконавши бойове завдання з високою ефективністю. Однак, дослідження наголошує на вразливості систем управління БпЛА та показує можливі шляхи їх подальшого удосконалення. Іншим можливим застосуванням БпЛА для військових цілей є виявлення за допомогою них мін та особового складу противника [14]. Автори пропонують розробити дрон з металодетектором для виявлення мін та камерою для моніторингу підозрілої присутності людей. Дослідження також підкреслює важливість використання GPS для відстеження місця розташування мін та передачі їх оператору.

У роботі [15] показані порівняльні характеристики ефективності роботи кодеків H.264 та H.265 для 4K FPV-дронів, акцентуючи увагу на компресії відео, енергоспоживанні та якості зображення. Автори для визначення якості стисненого відео використовують об'єктивні методи оцінки якості відео, такі як PSNR, SSIM, VMAF та BRISQUE. Результати дослідження показують, що H.265 забезпечує кращу якість відео при меншому споживанні енергії у порівнянні з H.264.

Однак, враховуючи стрімкий розвиток сучасних технологій машинного навчання та алгоритмів обробки зображень, якість відео, що передається з дронів, стає критично важливою для успішного виконання бойового завдання. Висока роздільна здатність і чіткість зображення дозволяють точно ідентифікувати об'єкти та оцінити їх стан для прийняття ефективних рішень у бойових умовах.

Інтеграція таких систем у FPV-дрони забезпечить здатність оперативного реагувати на зміни у визначеному районі, сприяючи підвищенню загальної ефективності операції. Слід також зазначити, що із збільшенням застосування на полі бою БпЛА, противник постійно розробляє нові шляхи протидії, використовуючи засоби РЕБ та радіоелектронної розвідки (РЕР). Тому, постає задача постійного удо-

сконалення ТТХ і тактики застосування БпЛА. Однак, проведений аналіз досліджень і публікацій показав, що на теперішній час є недостатня кількість комплексних досліджень ТТХ і тактики застосування FPV-дронів, в тому числі тих, де аналізується їх оптико-електронне обладнання.

Мета статті – аналіз тактико-технічних характеристик існуючих ударних FPV-дронів та їх тактики застосування.

Основна частина

1. Класифікація безпілотних літальних апаратів. Масове використання БпЛА у бойових діях між українськими та російськими силами кардинально змінило концепцію сучасної війни. БпЛА – це безпілотне повітряне судно, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються дистанційно за допомогою пункту дистанційного пілотування, що розташований поза повітряним судном, або повітряне судно, що здійснює політ автономно за відповідною програмою [16].

На першому етапі проведення аналізу доцільно провести класифікацію БпЛА. Класифікація БпЛА дозволяє систематизувати різноманітні типи БпЛА за певними ознаками, що, у свою чергу, сприятиме кращому розумінню їхніх можливостей та обмежень. Зазначене важливо для розробки стратегії застосування БпЛА, вибору оптимальних моделей для конкретних завдань, а також для удосконалення існуючих і розробки нових технологій. Крім того, класифікація допомагає визначити стандарти та вимоги до технічних характеристик БпЛА, що є необхідним для забезпечення їхньої надійності та ефективності у бойових умовах.

Таким чином, необхідність класифікації БпЛА обумовлена потребою у систематизації знань про різноманітні їх типи, що забезпечує більш раціональне їх використання та сприятиме подальшому розвитку безпілотних технологій у військовій сфері.

Класифікація БпЛА за призначенням [16]:

- ударні;
- винищувальні;
- розвідувальні;
- корегування вогню та артилерії;
- ретранслятори радіосигналів;
- транспортні.

Класифікація БпЛА за типом ЛА [16]:

- літаковий тип;
- вертолітний тип;
- мультироторний.

Класифікація БпЛА за максимальною висотою польоту [1]:

- гранично маловисотні – до 200 метрів;
- маловисотні – від 200 метрів до 1000 метрів включно;
- середньовисотні – понад 1000 метрів до 4000 метрів включно;
- великовисотні – понад 4000 метрів до 12000 метрів включно;
- стратосферні – понад 12000 метрів.

Класифікація БпЛА за максимальною швидкістю польоту [16]:

- замалошвидкісні – до 100 км/год;
- малошвидкісні – від 100 км/год до 300 км/год включно;
- середньошвидкісні – понад 300 км/год до 600 км/год включно;
- високошвидкісні – понад 600 км/год до швидкості звуку;
- надзвукові – максимальна швидкість польоту перевищує швидкість звуку до 5 разів;
- гіперзвукові – максимальна швидкість польоту перевищує швидкість звуку вп'ятеро і більше.

Зведена класифікація БпЛА за основними ознаками наведена у табл. 1 [16].

Таблиця 1 – Зведена класифікація БпЛА

Клас	Рівень застосування	Бойовий радіус
I клас < 150 кг	мікро (тактичні) злітна маса < 2 кг	до 5 км
	міні (тактичні) злітна маса 2-15 кг	5-25 км
	малі (тактичні) злітна маса >15 кг	понад 25 км
II клас 150-600 кг	оперативно-тактичні	50-200 км
III клас > 600кг	оперативні	понад 200 км
	стратегічні	понад 200 км

Наведена класифікація створює основу для подальшого розвитку технологій БпЛА, що є важливим для забезпечення переваги у військових конфліктах. При наявності ТТХ будь-якого типу БпЛА у оператора не буде виникати труднощів щодо його класифікації за різними показниками та вибору тактики застосування в різних бойових ситуаціях. Далі у роботі наведений аналіз ТТХ існуючих ударних FPV-дронів.

2. Аналіз тактико-технічних характеристик існуючих ударних FPV-дронів. Перш ніж перейти до аналізу технічних характеристик ударних FPV-дронів необхідно зрозуміти, що це за тип БпЛА та з яких компонентів зазвичай він складається.

FPV-дрон – це БпЛА, який передає відео в реальному часі з камери, встановленої на борту в напрямку польоту. Оператор керує дроном за допомогою спеціальних окулярів, спостерігаючи за польотом так, ніби знаходиться всередині повітряного судна. Сама абревіатура FPV походить від англійського терміну “First Person View”, що означає “вид від першої особи”.

Важливо мати повноцінне уявлення та розуміння з яких компонентів складаються ударні FPV-дрони. На практиці, для забезпечення повноцінного функціонування ударних FPV-дронів необхідна наявність наступних обов'язкових компонентів [17]:

- рами, яка є конструкційною основою дрону, що забезпечує монтаж інших компонентів;
- польотного контролера, що включає в себе гіроскоп, акселерометр, компас, барометр і сонар, які контролюють стабільність та навігацію дрону;
- апаратури радіокерування, яка здійснює формування і перетворення сигналів та включає в се-

бе вбудовану телеметрію для передачі команд від пілота до дрону;

- антени для забезпечення зв'язку між дроном та оператором;
- двигуна, що забезпечує рух дрону;
- повітряних гвинтів, які генерують підйомну силу для польоту;
- регуляторів обертів, які контролюють швидкість обертання двигунів;
- батареї та зарядного пристрою (джерело живлення дрону);
- джерела бортового живлення з індикатором заряду, яке контролює та відображає рівень заряду батареї.

Додаткові компоненти включають [17]:

- обладнання для відеоканалу, яке складається із відеокамери, відеоконтролера, підвісу для стабілізації та приймача відеосигналу, які забезпечують відеозйомку та передачу відеосигналу оператору на вивідний пристрій;
- приймачі GPS, які забезпечують визначення точних координат дрону, використовуючи принципи визначення координат, режими старту та технології позиціонування;
- адаптер Bluetooth, який забезпечує бездротовий зв'язок з іншими пристроями;
- засоби пошуку, які допомагають знаходити дрон у випадку втрати зв'язку або аварії;
- дисплеї та індикатори, необхідні для відображення інформації про стан дрону та його параметри польоту.

Слід зазначити, що повна комплектація FPV-дронів з усіма обов'язковими та додатковими компонентами значно збільшує їхню комерційну вартість та підвищує експлуатаційні витрати.

Розглянувши з яких компонентів складаються ударні FPV-дрони, можемо зробити висновки, що це є каркасні коптери (тобто конструктори), які складаються з різних елементів та оснащені закріпленою камерою. Цей тип дронів може бути зібраний будь-якою особою з кількох основних компонентів, що робить їх значно дешевшими порівняно з заводськими моделями, наприклад, такими як DJI Mavic 3. Завдяки своїй модульній конструкції, FPV-дрони можуть бути адаптовані під різні завдання, включаючи виконання функцій камікадзе, бомбардувальників, розвідувальних апаратів тощо.

Необхідно чітко розрізнити основні відмінності за призначенням між розвідувальними дронами, наприклад, такими як DJI Mavic 3, які використовуються зазвичай для проведення розвідки ближнього сектору на відстані до 10 км, пошуку цілей та корегування вогню, та ударними FPV-дронами. На відміну від розвідувальних БпЛА, ударні FPV-дрони здебільшого функціонують як камікадзе, несучи на собі корисне навантаження у вигляді боєприпасу. Хоча можливо оснастити такі дрони високоякісними камерами та використовувати їх для розвідувальних цілей, проте, така практика на теперішній час не є широко поширеною.

Оскільки ударний FPV-дрон є конструктором, то при достатніх зусиллях можливо укомплектувати

модель, яка буде дорожчою за умовний Mavic. Вартість FPV-дрона визначають внутрішні компоненти, процес його складання та кінцеві технічні характеристики. DJI Mavic є дроном заводської збірки, виготовленим з високоякісних матеріалів та укомплектованим пультом керування, різними сенсорами, датчиками, і найголовніше – високоякісною камерою, яка складає значну частину вартості дрона. На противагу цьому, ударний FPV-дрон може бути зібраний самостійно, придбавши основні компоненти через Інтернет. Залежно від завдань, які буде виконувати дрон, підбираються його складові частини. Наприклад, для дрона типу камікадзе (одноразовий дрон до рами якого закріплений боєприпас), зазвичай, не потрібна високоякісна камера, достатньо невеликої камери, яка дозволяє орієнтуватися на місцевості під час виконання польоту.

Проведений аналіз ТТХ ударних FPV-дронів показав, що переважна більшість дронів функціонують на цивільних частотах, а саме: 900 МГц, 1,2 ГГц, 1,3 ГГц, 2,4 ГГц, 5,8 ГГц, а також використовують технологію Wi-Fi. Слід зазначити, що сучасний ринок FPV-дронів переважно пропонує апаратуру, що функціонує на частотах 2,4 ГГц або 5,8 ГГц. Оскільки зазначені частоти призначені для цивільного використання, а не для вирішення військових задач, то вони є відомими та постійно піддаються радіоелектронному подавленню. Тому, оператор дрона повинен бути обережним, знати місця розташування засобів РЕБ противника, а також повітряні коридори, якими можна безпечно здійснювати політ. БпЛА військового призначення, наприклад, літакового типу, є більш стійкими до РЕБ завдяки використанню різних частот. У разі подавлення однієї частоти, оператор може продовжити роботу на іншій. Водночас, щодо цивільних FPV-дронів, постійно триває робота в напрямку підвищення стійкості до засобів РЕБ, шляхом удосконалення технічних характеристик. Під час виконання бойових завдань застосовуються активні антени, які підсилюють сигнал, а також робляться деякі прошивки самих дронів, які дозволяють працювати в різних діапазонах частот. Дані технологічні різноманітності дозволяють оператору обирати оптимальні параметри для конкретних умов польоту.

Далі у статті представлені структуровані ТТХ п'яти ударних FPV-дронів, які поєднують у собі передові технології, високу маневреність та значну бойову потужність, необхідну для виконання військових завдань у сучасних конфліктах.

Першим авторами роботи запропоновано розглянути дрон DJI FPV, який є технологічною розробкою китайської приватної компанії, провідного виробника квадрокоптерів, мікроконтролерів та відеобладнання. DJI є одним із лідерів ринку БпЛА та інноватором у сфері літальних дронів, контролерів для БпЛА і обладнання для стабілізації відеозйомки. Дрон DJI FPV зображено на рис. 1 [18].

Основні ТТХ DJI FPV наведено в табл. 2 [18]. Аналіз ТТХ DJI FPV показує, що цей дрон є високотехнологічним та багатофункціональним інструментом для виконання різноманітних завдань. Завдяки

своїм компактним розмірам і відносно малій вазі, DJI FPV забезпечує високу маневреність. Максимальна швидкість у 140 км/год та максимальна висота польоту до 6000 метрів роблять його важкою ціллю для виявлення противником.



Рис. 1. Модель FPV дрону – DJI FPV

Таблиця 2 – ТТХ DJI FPV

Характеристика	Значення
Розмір	255 x 312 x 127 мм
Вага	795 г (з акумулятором)
Максимальна швидкість	140 км/год (в режимі Manual)
Максимальна висота польоту	6000 метрів
Час польоту	до 20 хвилин
Діапазон робочих частот	2,4-2,48 ГГц 5,725-5,850 ГГц
Максимальна дальність польоту	до 16.8 км (залежить від умов)
Сенсор камери	1/2.3" CMOS, 12 МП
Об'єктив камери	FOV: 150°, діафрагма: f/2.8
Відео	4K/60fps, 1080p/120fps
Стабілізація камери	Електронна стабілізація зображення (EIS)
Система передачі відео	DJI O3 (OcuSync 3.0)
Дальність передачі відео	До 10 км (FCC), до 6 км (CE/SRRC/MIC)
Тип акумулятора	LiPo 6S
Ємність акумулятора	2000 мА·годин
Напруга акумулятора	22.2 В
Режими польоту	N Mode (Normal), S Mode (Sport), M Mode (Manual)
Режими повернення	Автоматичне повернення при низькому заряді акумулятора або втраті зв'язку
Наявність автосупроводу цілі	не передбачено
Ціна	~30000 гривень

Відносно великий час польоту для такого типу БпЛА (до 20 хвилин), а також велика дальність польоту (до 16.8 км), дозволяють виконувати доволі тривалі завдання. Камера з сенсором 1/2.3" CMOS і можливістю знімання відео в 4K/60fps забезпечує високоякісне зображення, що є критично важливим при наведенні на ціль ураження.

На рис. 2 наведений FPV-дрон – ProDrone 10inch VTx1.2 (2w) / TxES720, який є FPV-дроном української збірки (компоненти дрону виготовляються в Китайській Народній Республіці) [19].

У порівнянні з іншими дронами, розглянутими у статті, це найдорожча модель. Ціна обумовлена

повною комплектацією (акумулятор, окуляри, зарядний пристрій, пульт керування) та встановленою високоякісною камерою. Тому, враховуючи його характеристики та можливості, цей дрон є ефективним засобом для виконання спеціалізованих військових завдань. У табл. 3 наведені основні ТТХ ProDrone 10inch VTx1.2 (2w) / TxES720 [19].



Рис. 2. Модель FPV-дрону – ProDrone 10inch VTx1.2 (2w) / TxES720

Таблиця 3 – ТТХ ProDrone 10inch VTx1.2 (2w) / TxES720

Характеристика	Значення
Розмір	297×297×80 мм
Вага	918 грам (без батареї)
Максимальна висота польоту	5000 метрів
Максимальна швидкість	72 км/годину
Камера	Thermal cam 640x512, 9.1mm
Тип камери	з тепловізором
Діапазон робочих температур	від -10° до 40° C (14° до 104° F)
Протокол зв'язку	ELRS
Робоча частота	720 MHz
Рекомендовані акумулятори	6S2P 10.000mAh
Вантажопідйомність	ефективна до 3 кілограм
Навігація	без GPS
Анени	1.2g antenna
Максимальний час в повітрі	залежить від АКБ та корисного навантаження (БЧ)
Пропелери	HQProp 1550
Двигун	3115 motor kv900 6S
Рама	кастомне карбонове шасі 427 мм, 2/3 мм товщина, товщина променів 7,5 мм
Контролер польоту	F405 FPV drone flight controller
ESC	6s 60A 4-in-1 ESC/10 inch version
Передача відео	2W, 1.2G transmitter
Наявність автоматичного супроводу цілі	не передбачено
Ціна	~ 63000 гривень

Робоча частота 720 МГц та протокол зв'язку ELRS забезпечують надійну комунікацію між дронами і оператором та є суттєвою відмінністю між іншими представленими у роботі FPV-дронами.

Достатньо велика вантажопідйомність бойової частини (до 3 кілограм) робить дану модель досить

пріоритетною серед інших моделей дронів.

Ядро інфрачервоної камери Thermal cam 640x512, 9.1mm об'єднує інфрачервоний тепловий детектор 640x512/12 мкм на рівні пластини (WLP). Вона відрізняється різким і чітким зображенням, компактними розмірами та низькою вартістю.

На рис. 3 зображений FPV-дрон AvengeAngel Hercules-13, виробництва країни Китайської Народної Республіки [20]. У табл. 4 наведені основні ТТХ AvengeAngel Hercules-13 [20].



Рис. 3. Модель FPV дрону – AvengeAngel Hercules-13

Таблиця 4 – ТТХ AvengeAngel Hercules-13

Характеристика	Значення
Розмір	294,3×200×600
Максимальна дальність польоту	до 15 кілометрів
Максимальна швидкість	74 км/годину
Камера	AvengeAngel A10
Діапазон робочих температур	-10°C ~ 40°C
Передавач	AvengeAngel 5.8G 2.5W
Приймач	Elsr750/Elsr915/TBS RX
Акумулятор	Lipo 12000mAh 8s
Вантажопідйомність	до 7 кілограм
Навігація	без GPS
Антенна	AvengeAngel 5.8G
Максимальний час в повітрі	до 15 хвилин
Пропелери	13 дюймів
Двигун	AvengeAngel 4214-380KV
Наявність автоматичного супроводу цілі	не передбачається
Ціна	~ 60000 гривень

Велика потужність акумулятора FPV-дрону AvengeAngel Hercules-13 дає можливість застосовувати дрони даного типу на великі відстані (до 15 кілометрів) та нести відносно велику бойову частину в польоті (до 7 кілограмів). Управління дроном здійснюється на стандартній для такого типу БПЛА частоті 5.8 МГц. Слід зауважити, що до цього типу дрону виробником передбачено велика кількість ретрансляторів для посилення сигналу.

Далі проаналізуємо FPV-дрон – BetaFPV Pavo25 Whoop зображений на рис. 4 [21].

Даний FPV-дрон з діаметром гвинтів 2,5 дюйма, розроблений компанією BETA FPV (Китайська Народна Республіка), характеризується новітньою конструкцією рами, що оптимізує її структуру та зменшує кількість складних компонентів. Для скла-

дання повітропроводу і дрона необхідно всього шість гвинтів, що значно спрощує процес монтажу. Рама виготовлена із високоякісного матеріалу PA12, що забезпечує її міцність і довговічність. Цей дрон підтримує використання широкого спектра камер FPV, доступних на ринку, що робить його універсальним у застосуванні. Для цифрової HD-версії використовується комплект Caddx Nebula Pro Nano Vista, тоді як для аналогової версії з передавачем VTX – Caddx Baby Ratel2+A03 з потужністю 400 мВт на частоті 5,8 ГГц. У табл. 5 наведені основні TTX Pavo25 Whoop [21].



Рис. 4. Модель FPV дрону – BetaFPV Pavo25 Whoop

Таблиця 5 – TTX BetaFPV Pavo25 Whoop

Характеристика	Значення
Розмір	108×108 мм
Вага	153,3 г (без акумулятора)
Рамка	Комплект рами Pavo25
Двигун	1404 безщітковий двигун 4500KV
Камера	SMO 4K
Час польоту	до 7,5 хвилин
Відеопередавач	Caddx Nebula Pro Nano Vista Kit (HD Digital)/Caddx Baby Ratel2+A03 400 мВт 5,8G (аналоговий), Walksnail Avatar HD Digital Kit (HD Digital)
Регулює кут камери	0°-50°
Приймач	PNP/ELRS 2,4G/TBS
Рекомендований акумулятор	4S 750 мАч/4S 850 мАч
Наявність автосупроводу цілі	не передбачається
Ціна	~ 10000 гривень

Версія Analog VTX обладнана камерою Caddx Baby Ratel2, що має 1/18-дюймовий HDR-датчик зоряного світла з роздільною здатністю 1200 ТВЛ. Відеопередавач A03 400 мВт VTX, який входить у комплект, характеризується відкритим вихідним кодом і забезпечує регульовану вихідну потужність у режимах PIT, RCE, 100 мВт та 400 мВт.

Версія Walksnail HD VTX укомплектована набором Walksnail Avatar HD Kit, який забезпечує запис відео у форматі 1080P з наднизькою

затримкою 22 мс. Конструкція з двома антенами дозволяє здійснювати передачу сигналу на відстань до 4 км. Зазначена вартість FPV-дрону BetaFPV Pavo25 Whoop не враховує повний комплект (окуляри, акумулятор, пульт керування).

Іншим ударним FPV-дроном, який широко використовується в бойових діях на території України є SPIDER-2 TBS, розроблений компанією DRONE UKRAINE, і є інноваційним продуктом українських фахівців. Даний дрон характеризується відмінними технічними параметрами та здатністю переносити вантажі до 4 кілограмів. Також дрон відрізняється високою швидкістю для даного типу БПЛА (до 140 км/год). FPV-дрон SPIDER-2 TBS зображений на рис. 5 [22]. У табл. 6 наведені основні TTX SPIDER-2 TBS [22].



Рис. 5. Модель FPV-дрону – SPIDER-2 TBS

Таблиця 6 – TTX SPIDER-2 TBS

Характеристика	Значення
Розмір	350×350×93
Вага	1525 грам
Максимальна вага навантаження	до 4000 грам
Максимальна швидкість польоту	140 км/годину
Максимальна висота польоту	7000 метрів
Максимальна дальність польоту	до 20 кілометрів
Максимальний час польоту	до 30 хвилин
Діапазон робочих температур	-20°C до +50°C
Камера	RunCam Phoenix 2
Двигун	Mamba KN 3115 730KV
Антенa	Mamba KN 150 mm
Відеопередавач	RUSH MAX Solo Tank 5.8G 2.5W
Приймач	TBS Crossfire Nano RX (SE)
Дистанційне керування	2,4 ГГц або 915 МГц/868 МГц
Пропелери	Gemfan 7040-3
Наявність автосупроводу цілі	не передбачається
Ціна	~ 25000

Особливою відмінністю FPV-дрону SPIDER-2 TBS є можливість здійснювати управління дроном на різних частотах та максимальна висота польоту (до 7 000 метрів).

Таким чином, проведений аналіз ТТХ FPV-дронів дозволив зробити наступні висновки:

- на практиці у більшості випадків FPV-дрони застосовуються як ударні дрони камікадзе;

- FPV-дрони є малошвидкісними БпЛА, за висотою польоту належать до великовисотних та є БпЛА I класу (міні(тактичні));

- управління розглянутими FPV-дронами здійснюється на різних частотах, враховуючи постійне застосування та удосконалення противником засобів РЕБ. Отже постає актуальне завдання удосконалення даного параметру (зміна діапазону робочих частот);

- FPV-дрони можуть нести в польоті боєприпаси до 15 кілограмів, що робить їх доволі рушійною силою для знищення військової техніки;

- адаптивність дронів до компонентів дозволяє використовувати різні типи камер, акумуляторів, пультів тощо;

- в більшості моделей FPV-дронів відсутній GPS;

- розглянуті моделі FPV-дронів своєю конструкцією не передбачають автоматичний супровід цілі у разі подавлення каналу засобами РЕБ.

Ударним FPV-дронам властиві численні переваги, які обумовлюють їх високу затребуваність в ЗС України. Основними перевагами є:

- відносно невелика ціна. Вартість таких типів БпЛА рідко перевищує 30 000 тисяч гривень (неповного комплекту), а це в рази менше ніж коштує артилерійський снаряд;

- висока точність при ураженні цілі. Відеошолом забезпечує оператора різними можливостями для роботи з ціллю. На відміну від звичайних моніторів або екранів смартфона, FPV-окуляри не відблискують, що дозволяє комфортно керувати БпЛА навіть у яскравий сонячний день. За умови належної вправності оператора FPV-дрон може вражати цілі мінімального розміру, такі як люки танків або бліндажі;

- велика швидкість польоту. FPV-дрони здатні літати дуже швидко. Деякі FPV-дрони, можуть розвивати швидкість до 150 кілометрів на годину. Зазначений фактор значно ускладнює рятування від таких типів ударних БпЛА, зазвичай особовий склад противника не встигає навіть ідентифікувати БпЛА;

- невеликі розміри FPV-дронів, що ускладнює можливість їх виявлення для противника;

- достатньо велика вантажопідйомність бойової частини (снаряду). Це дозволяє використовувати підвіси достатньої ваги (до 7 кілограм). Для порівняння ручна граната типу Ф-1 важить близько 690 грамів;

- відносна стійкість до засобів РЕБ. FPV-дрони управляються вручну оператором за допомогою радіоканалу, що робить їх нечутливими до засобів РЕБ, спрямованих на пригнічення супутникової навігації. Крім цього, на відміну від цивільних БпЛА, у випадках перетворення їх на бойові апарати, ці

дрони можуть бути оснащені спеціальною прошивкою, яка ускладнює декодування сигналу противником. Проте, слід враховувати, що будь-які БпЛА можуть бути подавлені засобами РЕБ шляхом виявлення місця розташування операторів за допомогою засобів РЕБ. Тому важливо застосовувати FPV-дрони у поєднанні з ретрансляторами та виносними антенами для захисту оператора від нанесення удару противником;

- широкий діапазон застосування. FPV-дрони можуть застосовуватися не тільки для нанесення ударів по противнику, а й для доставки вантажів на небезпечних ділянках в районах ведення бойових дій, ведення розвідки, корегування вогню артилерії тощо;

- висока адаптивність. Це дозволяє модифікувати FPV-дрони до конкретних завдань, що робить їх універсальними та ефективними в різних умовах;

- використання ударних FPV-дронів створює психологічний ефект на противника, що призводить до зниження його морально-психологічного стану, створюючи відчуття постійної загрози.

Проте, як і будь-яка зброя, FPV-дрони не позбавлені певних недоліків. Основними недоліками ударних FPV-дронів є:

- обмежений час польоту. Акумулятори FPV-дронів мають обмежений час роботи, що суттєво зменшує тривалість проведення завдання та дальність польоту;

- високі вимоги до професійних навичок оператора. Ефективне управління FPV-дроном потребує високих навичок оператора, що вимагає тривалого навчання та досвіду. Недосвідчені оператори можуть знизити ефективність використання дронів і підвищити ризик їх втрати;

- уразливість до погодних умов. FPV-дрони можуть бути обмежені у використанні за несприятливих погодних умов, таких як сильний вітер, дощ або сніг, що може впливати на їхню стабільність та ефективність.

3. Тактика застосування ударних FPV-дронів. Тактика застосування ударних FPV-дронів під час ведення бойових дій включає кілька ключових етапів, які забезпечують ефективність та максимальну результативність їх використання.

По-перше, перед застосуванням ударного FPV-дрону доцільно провести попередню розвідку місцевості за допомогою інших БпЛА (коптерного типу) або розвідувальних підрозділів. Зазначене необхідно для виявлення точного місцезнаходження особового складу або військової техніки противника. Далі слід провести аналіз потенційних цілей ураження для визначення їх захищеності та вразливості.

По-друге, необхідно налагодити координацію та взаємодію з іншими суміжними підрозділами в районі виконання бойового завдання. Даний етап є невід'ємною складовою та проводиться для того, щоб свої підрозділи не вразили FPV-дрон та при необхідності надали підтримку з повітря наявними засобами.

По-третє, здійснюється атака на ціль (противника) із використанням боєприпасів, під'єднаних до FPV-дронів. Далі відбувається оцінка успішності

застосування та збір інформації про нанесенні ураження противнику.

Під час застосування ударних FPV-дронів на кожному етапі слід забезпечити безпеку оператора і збереження отриманих даних. Це досягається шляхом застосування ретрансляторів та виносних антен.

У бойових умовах типовий екіпаж ударного FPV-дрону складається із оператора та помічника. Оператор, керуючи дроном через окуляри віртуальної реальності, концентрується на точному наведенні на ціль для її ураження. Водночас, помічник через спеціальний монітор відстежує рухи БпЛА, контролює важливі параметри якості польотного процесу. Він забезпечує необхідне наведення на ціль у разі дезорієнтації пілота, моніторить вплив погодних умов, напрям вітру, рівень заряду батарей і якість сигналу. Додатково він спостерігає та аналізує навколишнє середовище щодо змін в тактичній обстановці з метою своєчасного виявлення противника в районі виконання завдання та проведення заходів щодо збереження життя екіпажу.

Висновки

Таким чином, аналіз ГТХ та тактики застосування ударних FPV-дронів показав, що такі БпЛА суттєво впливають на хід сучасних військових операцій, надаючи нові можливості для нанесення ефективних точкових ударів по техніці та особовому складу противника, проведення розвідки, коригування вогню та функцій транспортування. Ударні FPV-дрони демонструють високу ефективність завдяки маневреності, відносно низькій вартості та можливості модифікації під конкретні бойові задачі. Водночас, їх вразливість до засобів РЕБ вимагає подальшого удосконалення систем зв'язку та управління.

Напрямок подальших досліджень. Аналіз досвіду також дозволяє запропонувати можливі напрямки подальших досліджень для підвищення ефективності застосування БпЛА під час ведення бойових дій. Засоби РЕБ можуть суттєво вплинути на

канали управління та навігації FPV-дронів, проте вони не мають впливу на відеоканали отримання зображення в системах націлювання ударних FPV-дронів. Тому з метою підвищення ймовірності ураження техніки противника в умовах дії РЕБ, перспективним є використання ударних FPV-дронів з самонаведенням. Однією з умов успішної імплементації такої системи є розробка алгоритмів сегментування отриманих з дрону зображень в режимі реального часу. Для цього можна використовувати методи сучасного комп'ютерного зору, в тому числі з елементами штучного інтелекту. Результатом сегментування таких зображень має бути розподіл зображення на штучні об'єкти (цілі ураження) та природні об'єкти (фон). За наявності такої системи, оператору ударного FPV-дрона необхідно лише захопити ціль, виділивши об'єкт на екрані, після чого автоматика візьме на себе подальші дії.

Також, одним з найскладніших та найважливіших етапів обробки зображень в системах націлювання ударних FPV-дронів є дешифрування зображень. Від якості виконання операції сегментування оптико-електронного зображення залежить результат обробки та дешифрування зображень. Тому, в подальших дослідженнях доцільно приділити увагу сегментуванню зображень в системах націлювання ударних FPV-дронів.

Результати досліджень можуть стати підґрунтям для розробки рекомендації щодо оптимізації конструкції, вибору компонентів та навчання операторів, що сприятиме підвищенню ефективності ударних FPV-дронів.

Дослідження були проведені за рахунок грантової підтримки Національного фонду досліджень України в рамках конкурсу "Наука для зміцнення обороноздатності України", назва проекту "Інформаційна технологія автоматизованого сегментування зображень об'єктів в системах націлювання ударних FPV-дронів на основі алгоритмів ройового інтелекту", реєстраційний номер 2023.04/0153.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коршець О., Горбенко В. Уроки застосування безпілотних літальних апаратів у російсько-українській війні. Повітряна міць України. 2023. № 1(4). С. 9–17. <https://doi.org/10.33099/2786-7714-2023-1-4-9-17>.
2. Титаренко О., Горобець Ю. Аналіз застосування безпілотних літальних апаратів в збройних конфліктах в Сирії, Лівії та Нагірному Карабасі в період 2017-2020 рр. для удосконалення форм і способів застосування Повітряних Сил. Повітряна міць України. Том.1 № 2(3). С. 5–10. [https://doi.org/10.33099/2786-7714-2022-1-2\(3\)-5-10](https://doi.org/10.33099/2786-7714-2022-1-2(3)-5-10).
3. Волошин В. Чи можуть змінити дрони перебіг війни? Армія inform: веб-сайт. URL: <https://armyinform.com.ua/2020/10/24/chy-mozhut-zminyty-drony-perebig-vijny/>
4. Байрактари та квадрокоптери зі скидами. PS Magazine українською: веб-сайт. URL: <https://drukarnia.com.ua/articles/bairaktari-ta-kvadrokopteri-zi-skidami-g28dH>
5. Volkov N., Evans A., Mappes G., Bailey R., Kagan F. W. Russian Offensive Campaign Assessment, April 10, 2024. Institute for the study of war. URL: <https://www.understandingwar.org/backgrounder/russian-offensive-campaign-assessment-april-10-2024>
6. Іран атакував Ізраїль дронами та ракетами. BBC News Україна: веб-сайт. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/articles/c6pyjevnuq93o>
7. 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. <https://doi.org/10.46610/JCSPIC.2023.v02i01.002>.
8. Alotaibi A., Chatwin C., Birch P. Ubiquitous Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Comprehensive Review. Shanlax International Journal of Arts, Science and Humanities. 2023. № 11. P. 62–90. <https://doi.org/10.34293/sijash.v11i2.6650>.
9. Singh B., Bennet J. Gyro-Stabilized Camera Control in drones for Military Applications. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1012. P. 012017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1012/1/012017>.
10. Anand T., Kashyappan A., Kailash K., Nithyanantham K. Development and Automation of Fixed Wing UAV for Reconnaissance Mission with FPV Capability. INCAS BULLETIN. 2022. № 14. P. 111–118. <https://doi.org/10.13111/2066-8201.2022.14.4.9>.

11. Dolgin D. L., Van Der Like D., London J., Holdman C. From a Drones Point of View. *HCI International 2021 - Late Breaking Posters*. 2021. P. 517–520. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90176-9_66.
12. Dhafari L., Afzal A., Al-Abri O., Khan A. Solar-Powered UAVs: A systematic Literature Review. 2024 2nd International Conference on Unmanned Vehicle Systems-Oman. 2024. P. 1–8. <https://doi.org/10.1109/UVS59630.2024.10467158>.
13. Wang H., Cheng H., Hao H. The Use of Unmanned Aerial Vehicle in Military Operations. *Man-Machine-Environment System Engineering*. 2020. P. 939–945. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6978-4_108.
14. Reddy C., Venkatesh B. Unmanned Aerial Vehicle for Land Mine Detection and Illegal Migration Surveillance Support in Military Applications. *Drone Technology: Future Trends and Practical Applications*. 2023. <https://doi.org/10.1002/9781394168002.ch13>.
15. Benjak J., Hofman D., Knezović J., Žagar M. Performance Comparison of H.264 and H.265 Encoders in a 4K FPV Drone Piloting System. *Applied Sciences*. 2022. № 12(13). P. 6386. <https://doi.org/10.3390/app12136386>.
16. Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційним комплексами державної авіації України : Наказ Міністра оборони України від 08.12.2016 р. №661. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0031-17#Text>.
17. Толмачов В.С., Маринченко Є.О. Особливості вивчення принципів роботи та використання FPV-дронів під час підготовки майбутніх спеціалістів професійної освіти. *Аграрні інновації*. №22. 2023. С.97-100. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.16>.
18. DJI FPV Redefine Flying. [Dji.com/global. веб-сайт](https://www.dji.com/global/dji-fpv). URL : <https://www.dji.com/global/dji-fpv>.
19. Квадрокоптер ProDrone 10inch VTx1.2 (2w) \ TxE5720 (THERMAL ver.) without battery. PRODRONE професійно про дрони. веб-сайт. URL: <https://prodrone.com.ua/ru/5300000886/>.
20. Hercules-13. AvengeAngel. веб-сайт. URL : <https://avengeangel.com/products/avengeangel-hercules-13>, 13-inch-heavy-load-professional-military-kamikaze-fpv, extreme-large-and-powerful-fpv-with-motor, -can-load-7-kg, 15-minutes-flying-time-with-7kg-payload, first-person-view-achieve-precise-strike-target.
21. Квадрокоптер BetaFPV Pavo25 Whoop. RC Store. веб-сайт. URL : <https://rc-store.com.ua/kvadrokopter-betafpv-pavo25-whoop>
22. FPV-дрон камікадзе DRONE UKRAINE SPIDER-2 TBS вантажопідйомність 4,0 кг. SAFETY. веб-сайт. URL : <https://safety.kiev.ua/fpv-dron-kam-kadze-drone-ukraine-spider-2-tbs-vantazhop-dyomn-st-4-0-kg/>

Received (Надійшла) 21.05.2024

Accepted for publication (Прийнята до друку) 31.07.2024

Analysis of the tactical and technical characteristics and tactics of using existing strike FPV-drones

H. Khudov, I. Khizhnyak, I. Hridasov, U. Zbezhkhovska, I. Yuzova, Y. Solomonenko, T. Kalimulin

Abstract. The subject of the study in the article is the tactical and technical characteristics and tactics of strike FPV drones. **The aim** is to analyze the tactical and technical characteristics of existing strike FPV drones and how they are commonly used in combat operations. **Tasks:** identification and classification of unmanned aerial vehicles, analysis of the main technical parameters of strike FPV drones, research on the methods and strategies for the use of strike FPV drones in combat, investigation of the vulnerabilities of strike FPV drones to electronic warfare means and methods of protection against them, and development of recommendations for improving the technical characteristics and combat capabilities of strike FPV drones. **The methods** used are comparative analysis, data clustering, analytical and empirical methods of analyzing the use of strike FPV drones in military conflicts, particularly in the Russian-Ukrainian war. **The following results were obtained.** A structured analysis of the tactical and technical characteristics and tactics of strike FPV drones has been conducted, highlighting their advantages and disadvantages and forming proposals for improvement. The practical significance of the obtained results can serve as a basis for enhancing existing strike FPV drones, the development of new models, and increasing their effectiveness in combat conditions. **Conclusions:** The analysis of the tactical and technical characteristics and the tactics of use of strike FPV drones has shown that such unmanned aerial vehicles significantly influence the course of modern military operations, providing new opportunities for effective precision strikes on enemy equipment and personnel, conducting reconnaissance, adjusting fire, and transportation functions. Strike FPV drones demonstrate high efficiency due to their maneuverability, relatively low cost, and the ability to be modified for specific combat tasks. At the same time, their vulnerability to electronic warfare necessitates further improvement of communication and control systems. The analysis of experience also allowed the proposal of possible directions for further research to increase the effectiveness of unmanned aerial vehicles during combat operations. Electronic warfare can significantly impact the control and navigation channels of FPV drones, but it does not affect the image acquisition channels in the targeting systems of strike FPV drones. Therefore, to increase the probability of hitting enemy equipment under electronic warfare conditions, the use of self-guiding strike FPV drones is promising. One condition for successfully implementing such a system is the development of real-time image segmentation algorithms received from the drone. Modern computer vision methods, including those with artificial intelligence elements, can be used for this. The result of such image segmentation should be the division of the image into artificial objects (targets) and natural objects (backgrounds). With such a system, the operator of a strike FPV drone only needs to capture the target by selecting the object on the screen, after which the automation will take over further actions. Also, image decryption is one of the most complex and important stages of image processing in the targeting systems of strike FPV drones. The quality of the segmentation operation of the optoelectronic image affects the result of image processing. Therefore, in further research, it is advisable to focus on image segmentation in the targeting systems of strike FPV drones. The research results can form the basis for developing recommendations for optimizing the design, selecting components, and training operators, which will increase the combat effectiveness of strike FPV drones in future wars. The research was conducted with grant support from the National Research Foundation of Ukraine within the framework of the "Science for Strengthening Ukraine's Defense Capability" competition, project title "Information Technology for Automated Image Segmentation of Objects in Strike FPV Drone Targeting Systems Based on Swarm Intelligence Algorithms," registration number 2023.04/0153.

Keywords: application tactics, FPV-drone, image segmentation, optical and electronic equipment, tactical and technical characteristics, unmanned aerial vehicle.