

**САЛІЙ Анатолій Григорович** (кандидат військових наук, доцент)  
**КОРОТІН Сергій Михайлович** (кандидат технічних наук, доцент)  
**БЛЯВСЬКИЙ Богдан Анатолійович** (кандидат військових наук)

*Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна*

## **ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ УДАРНОЇ БЕЗПЛОТНОЇ АВІАЦІЇ ІМОВІРНОГО ПРОТИВНИКА. КРИТЕРІЙ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ УДАРНИХ БЕЗПЛОТНИХ УДАРНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*Авторами статті проведено аналіз робототехнічних систем військового призначення, які потенційно можуть впливати на зниження бойових втрат та витрат, змінити систему поглядів на стратегію і тактику ведення сучасних війн. З'ясовано, що провідними країнами світу активно розвиваються безпілотні авіаційні платформи, які здатні практично без втрат особового складу виконувати з високим рівнем ефективності бойові завдання. В статті проведено аналіз застосування ударних безпілотних літальних апаратів у військових конфліктах у Нагорному Карабасі та Сирійській Арабській республіці.*

*На підставі проведеного аналізу визначена мета – розглянути тенденції розвитку ударної безпілотної авіації імовірного противника. Запропонувати критерій оцінювання ефективності бойового застосування сучасних УБпЛА, використання якого дозволить у подальшому здійснювати моделювання бойових дій та враховувати долю участі ударних безпілотних літальних апаратів у взаємодії з пілотованою авіацією.*

*Наведені відомості та основні тактико-технічні характеристики перспективних УБпЛА, які найближчим часом очікується отримати в збройних силах Російської Федерації (РФ). Автори представили для порівняння з російськими безпілотниками існуючі зразки ударних безпілотних літальних апаратів, що знаходяться на озброєнні у США.*

*У результаті дослідження встановлено, що Російські багатоцільові безпілотні літальні апарати з 2021 року потенційно зможуть самостійно вести повітряну розвідку і вражати об'єкти противника високоточними босприпасами в оперативній та стратегічній глибині. Зростаюче панування у повітрі дронів, активне застосування і “інтелектуалізація” ударно-розвідувальних безпілотників у взаємодії з угрупованнями космічних сил, сухопутних військ, авіації, військово-морських сил стають незворотною тенденцією. Автори статті запропонували підхід в оцінці ефективності застосування безпілотних літальних апаратів за критерієм “ефективність-вартість”.*

*Зроблено висновок, що хід і результат війн у недалекому майбутньому стануть залежати від ефективності бойових робіт із штучним інтелектом, який сьогодні інтенсивно формується та вдосконалюється у всіх сферах застосування. Роботизовані дрони закономірно беруть на себе все більше функцій пілотованої авіації.*

**Ключові слова:** *робототехнічні системи, ударні безпілотні літальні апарати, критерій ефективності застосування*

**Постановка проблеми.** Тривалий час у провідних країнах світу робототехнічні системи військового призначення не розглядалися в якості систем озброєння, здатних впливати на результат збройної боротьби. Незважаючи на вражаючі результати окремих випадків застосування, їх місце в системі озброєння було таке, що вони в принципі не могли претендувати на роль фактора, який міг би привести до зниження бойових трат та витрат, змінити систему поглядів на стратегію і тактику ведення війн [14, 17, 28].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Після проведеного авторами аналізу наведених у [3, 9, 23-26] результатів тривалої експлуатації безпілотної авіаційної техніки з'ясувалося, що жодне з очікувань: зниження аварійності, підвищення бойової ефективності, зниження трудомісткості підготовки до застосування тощо, поки що не виправдалися. Тому, провідними країнами світу активно розвиваються безпілотні

авіаційні платформи, які здатні практично без втрат особового складу виконувати з високим рівнем ефективності бойові завдання.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Так, на сьогодні застосування ударних безпілотних літальних апаратів (УБпЛА) типу Bayraktar TB-2 можна визнати успішним лише при виконанні бойових завдань при відсутності організованої ешелонованої системи протиповітряної оборони противника або при проведенні бойових операцій спеціального характеру. Тому приклад – військовий конфлікт між Вірменією та Азербайджаном у 2020 році [4, 16].

Отже, на початку третього тисячоріччя позначилась нова ідеологія застосування безпілотної авіаційної техніки, а саме: сумісного застосування ударних безпілотних літальних апаратів з ударною авіацією, для досягнення наступних цілей [1]:

здійснення наземної та повітряної розвідки об'єктів противника;

точкового зруйнування в тактичній та оперативній глибині противника інфраструктури та життєво важливих об'єктів;

забезпечення зниження бойових втрат власних військ тощо.

На підставі отриманих розвідувальних даних та результатів сумісного бойового застосування БпЛА у взаємодії з угрупованнями військ (сил) видів (родів) збройних сил, досягти максимального ефекту у вирішенні поставлених завдань.

Актуальність даного напряму дослідження підвищують такі фактори, як залучення все більшої кількості БпЛА у проведенні військових операцій та воєнних конфліктів. Нарощування бойових спроможностей у виконанні бойових завдань ударними БпЛА, у тому числі, і нашим потенційним противником [2, 3, 16].

Виходячи з наведеної актуальності, авторами статті визначена **мета статті** – розглянути тенденції розвитку ударної безпілотної авіації імовірного противника. Запропонувати критерій оцінювання ефективності бойового застосування сучасних УБпЛА, використання якого дозволить у подальшому здійснювати моделювання бойових дій та враховувати долю участі УБпЛА у взаємодії з пілотованою авіацією.

### **Виклад основного матеріалу дослідження**

Ударні БпЛА становлять потужний фактор у прийнятих рішеннях на початку бойових дій, постійно розвиваються, вдосконалюються та вимагають уважного та детального аналізу всіх аспектів їх застосування.

Так, в Російській Федерації (РФ) прийняли принципове рішення щодо оснащення вітчизняних ударних безпілотнох літальних апаратів потужними та високоточними планувальними бомбами (ПАБ) 9-А-7759 “Гром” [18].

Серед УБпЛА, які очікується, що найближчим часом надійдуть на озброєння ЗС РФ, розглядаються такі, як “Альтиус-М” та “Оріон”. Ці БпЛА здатні нести під крилом планувальні бомби типу “Гром”.

Вважається, що УБпЛА “Альтиус” стане здатним нести не менше двох боеприпасів “Гром”, які мають дальність застосування від 60 до 120 км, набагато перевершують по досяжності кориговані АБ типу КАБ-100, КАБ-500, які, навіть при скиданні з великих висот, летять до 9-10 км.

Новітня розробка ПАБ типу “Гром” зможе наносити удари, не входячи в зону дії ППО противника у варіанті застосування з малопомітного стелс-БпЛА. При цьому, можуть бути уражені такі цілі, як стартові позиції оперативно-тактичних ракет, аеродроми, вузли зв'язку, пункти управління, колони командно-штабних машин тощо [18].

Сімейство модульних високоточних ПАБ “Гром” створено на базі ВАТ “Корпорація” РФ. Озброєння розробляється в трьох варіантах. Всі

типи ПАБ мають вагу близько 600 кг кожний. Відомо, що перший з боеприпасів з позначенням 9-А-7759, має крила, які складаються, оснащений невеликим реактивним двигуном, з яким дальність польоту досягає 120 км. Потужність осколково-фугасної бойової частини (БЧ) майже відповідає двом звичайним бомбам калібру 250 кг. У другому варіанті 9-А1-7759 – маршовий двигун замінений на додатковий осколково-фугасний заряд. Дальність польоту такої бомби після скидання не перевищує 65 км, зате маса вибухівки в ній досягає 480 кг. Це робить її на 50% потужніше, ніж звичайні осколково-фугасні боеприпаси вагою 500 кг. Розробник також вказує, що випробовується і третій варіант бомб, що має означення 9-А2-7759. В якому осколково-фугасна БЧ замінена на термобаричну. Вона дозволяє ефективніше уражати фортифікаційні споруди та укриття. Наводиться ПАБ за допомогою бортової системи навігації та сигналів супутників ГЛОНАСС та NAVSTAR. При цьому, навіть на граничній дальності застосування, середнє відхилення від цілі складає від 2 до 10 м [18]. Малий діаметр бомб і крила дають можливість використовувати їх із внутрішніх відсіків малопомітних Су-57 та УБпЛА типу “Охотник” [10, 15].

Автопілот ПАБ “Гром” дозволяє здійснювати складні маневри в польоті. За заявою розробника, боеприпас здатний розвертатися на 180 градусів і знищувати цілі в задній півсфері літака-носія. УБпЛА “Охотник” необов'язково навіть на повну дальність літати, він може баражувати в певному районі. Дрон буде одночасно вести розвідку і чекати команду на бойове застосування в разі появи особливо важливих цілей [15]. За інформацією розробника, інтенсивні випробування “Грома” велися ще у 2017-2018 роках. Планувалося, що вони будуть завершені ще в кінці 2018 року, після чого бомби візьмуть на озброєння [15]. Але офіційного підтвердження цьому поки немає. На зовнішніх балкових утримувачах ПАБ “Грома” можуть також нести бомбардувальник типу Су-34 і середній УБпЛА типу “Альтаир” [15]. Відомо, що випробування важкого УБпЛА типу “Охотник” будуть проводитись до 2023-2024 років. Дослідні польоти “Охотника” в ударному варіанті та з різними авіаційними засобами ураження проводяться з початку серпня 2019 року. Міноборони РФ опублікувало відео 20-хвилинного польоту на висоті до 600 метрів [23]. Апарат має злітну масу близько 20 тон, побудовано за схемою “літаюче крило”. Довжина безпілотної – 19 метрів, а розмах крила – 14 метрів. Він оснащений сучасним обладнанням для оптико-електронної, радіотехнічної та інших систем розвідки [22]. Очікується, що серійні постачання “Охотника” у ЗС РФ почнуться у 2025 році. Планується щорічний випуск до 30 таких машин (у складі кожного комплексу – від трьох до шести дронів, залежно від поставлених завдань – розвідних або ударних). Ударний безпілотної стане універсальною базовою платформою для розміщення перспективних

авіаційних засобів ураження, бортових засобів повітряної розвідки та іншого обладнання. Серійне виробництво дозволить розширити його функціональні можливості.

Відомо, що важкий “Охотник” досягне оперативної готовності до 2024 року, а два інших російських безпілотної “Альтіус” і “Оріон”, знаходяться на стадіях дослідно-бойової експлуатації в ВКС РФ після успішних випробувань в Сирії [18, 26]. Ударний безпілотної “Альтіус” зможе у найближчому часі нести проти корабельні ракети типу Х-35 дальністю до 260 км і масою близько 500 кг з системою супутникової навігації і активно-пасивної радіолокаційною головкою самонаведення (в цьому варіанті на “Альтіус” можна підвісити до чотирьох ПКР) [20, 22].

Між тим Росія планує у 2022 році “поставити на крило” ще один важкий безпілотної. Це “Сириус”, який здатний знаходитись у повітрі до 40 годин, долати до 10 тисяч кілометрів (із швидкістю 295 км/год) на висотах до 12 тисяч метрів з навантаженням в 1 т [20].

УБПЛА “Сириус” буде відрізнятися від “Оріона” наявністю комплексу супутникового зв'язку, який дозволить управляти безпілотної з необмежено великої відстані, а також здатністю виконувати бойові завдання [20]. Пріоритетний розвиток “розумної” розвідувально-ударної безпілотної авіації Повітряно-космічних сил (ПКС) РФ дозволить значно підвищити ефективність існуючих та перспективних авіаційних засобів ураження, знизивши ймовірно втрати льотного складу.

Для порівняння, хоч США сьогодні залишаються лідерами по застосуванню УБЛА, але навіть у них на озброєнні немає порівнянних з вище наведеним типом ПАБ по потужності боеприпасів. Легкі MQ-1 Predator використовують протитанкові ракети Hellfire вагою всього 50 кг. Найважчі MQ-9 Reaper застосовують бомби з супутниковим і лазерним наведенням вагою не більше 227 кг [29].

У 2017 році компанія General Atomics отримала від Пентагону контракт на адаптацію ПАБ типу

SDBII для важких Reaper. Планується, що роботи по проекту повинні бути завершені у листопаді 2021 року. Американський боеприпас має систему наведення, яка дозволяє вражати навіть рухомі цілі [30]. Але його бойова частина значно поступається “Грому” за потужності. У ній лише 48 кг вибухівки проти 480 кг у ПАБ у варіанті 9-A1-7759. Отже, отримання на озброєння в ЗС РФ нових боеприпасів дозволить не просто скоротити відставання Росії в безпілотної технологіях, але і вийти на передові позиції. Після оснащення “Громами” такі УБПЛА РФ стануть самими важкоозброєними у світі.

Повітряно-космічні сили (ВКС) ЗС Росії почнуть в найближчій перспективі отримувати багатоцільові ударні безпілотної. Ефективність застосування безпілотної авіації підтверджена в ході спеціальної операції в Сирійській Арабській Республіці (САР). Використання безпілотної літальних апаратів забезпечило нанесення високоточного ураження об'єктів і сил ісламських угруповань САР [26, 27].

Застосування комплексів БПЛА ближньої та середньої дальності ВКС ЗС Росії показують, що вони поки що використовуються “на других ролях”, для вирішення завдань та розширення можливостей пілотованої авіації. Ймовірно, що Російські багатоцільові безпілотної з 2021 року зможуть самостійно вести повітряну розвідку і вражати об'єкти противника високоточними боеприпасами в оперативній та стратегічній глибині.

Отже, зростає панування у повітрі дронів, активне застосування і “інтелектуалізація” ударно-розвідувальних безпілотної у взаємодії з угрупованнями космічних сил, сухопутних військ, авіації, військово-морських сил стають незворотною тенденцією. Вочевидь, що у перспективі кількість “розумних” дронів буде тільки збільшуватися.

Виходячи з аналізу розвитку сучасних засобів повітряного нападу (ЗПН) потенційного противника, вважається, що до груп номенклатури повітряних цілей ППО можна віднести такі, табл. 1 [24, 25]:

Таблиця 1

Класифікація груп сучасних засобів повітряного нападу

Номер групи	Тип ЗПН	Значення параметрів V та H
Група 1	ударні, ударно-транспортні вертольоти, конвертоплани і БПЛА з вертолітним принципом польоту	V=0...200 км/год; H= 0...4 000 м
Група 2	розвідувальні, розвідувально-ударні БПЛА, БПЛА-постановники перешкод, БПЛА-ретранслятори і БПЛА іншого функціонального призначення	V=120...800 км/год; H= 50...3 500...7 000 м
Група 3	ударна авіація: штурмовики, фронтові бомбардувальники, літаки-розвідники і ударні БЛА	V=400...800 км/год; H= 50...8 000...10 000 м

Номер групи	Тип ЗПН	Значення параметрів V та H
Група 4	перспективні багатофункціональні бойові літаки (5-ге і наступні покоління) з надзвуковими крейсерськими швидкостями польоту	V=600...1 800 км/год; H= 50..11 000...12 000 м
Група 5	літаки-перехоплювачі ППО	V=1 600...2 600 км/год; H= 8 000...25 000 м
Група 6	надзвукові крилаті ракети, ПАБ і КАБ	V=600...800 км/год / 800...1000 м/с; H= 6 000...12 000 м
Група 7	дозвукові крилаті ракети великої дальності польоту	V=600...850 км/год; H= 50..1 000 м
Група 8	ПЛА і БпЛА оперативної і стратегічної розвідки: типу МіГ-25Р, SR-71, GTD-21; перспективні СВН (гіперзвукові БЛА) та бойові блоки балістичних і оперативно-тактичних ракет	V=2 500...7 000 км/год; H= 10 000..40 000 м

З рис. 1 видно, що функціональні зони ЗПН, що перебиваються як по висоті так і по швидкості до розрізняються за принципом застосування, приладових швидкостей (до  $\approx 1\,800$  км/год).

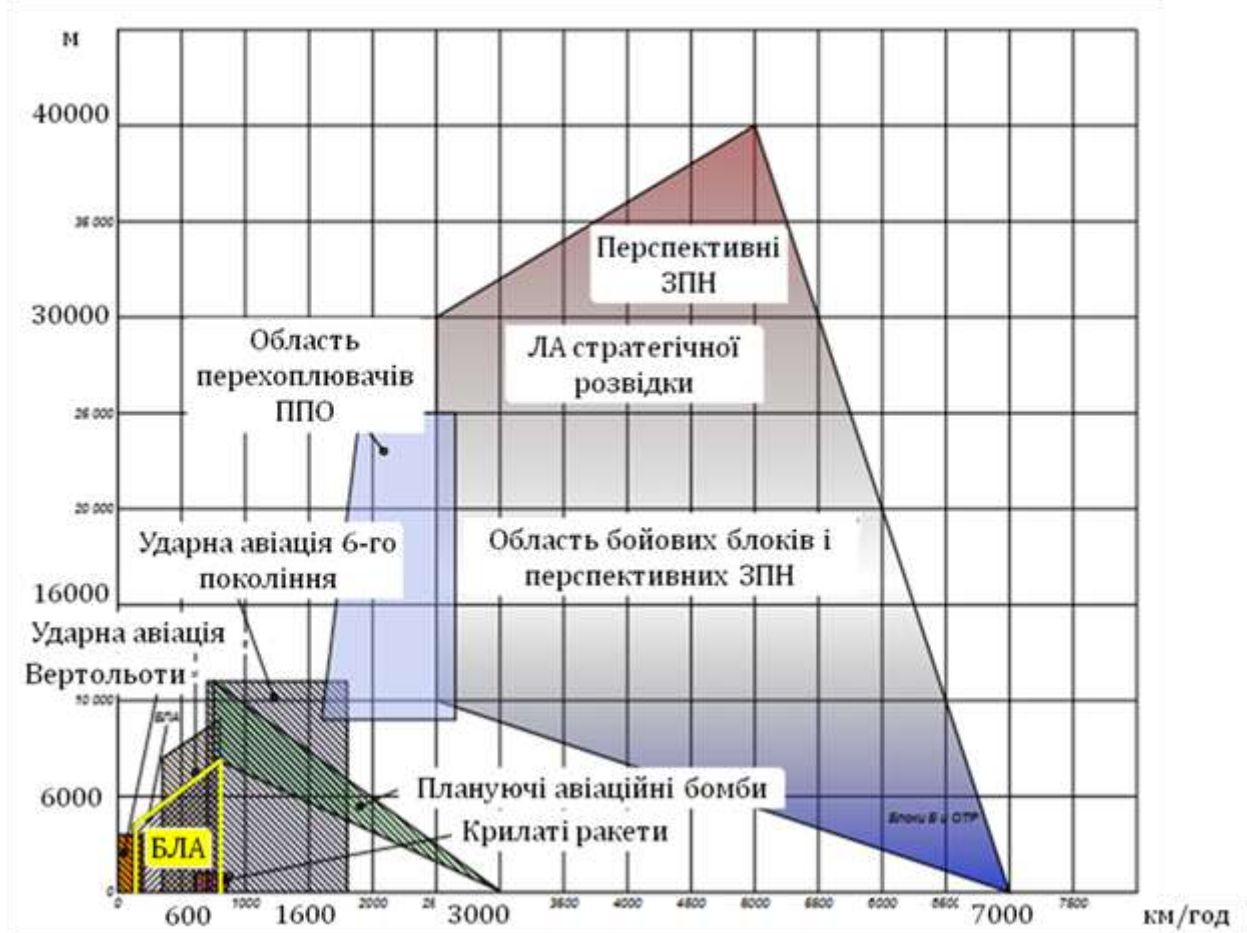


Рис. 1 Области функционирования ЗПН вероятного противника [24]

Відповідно, найбільша щільність зразків ЗПН, припадає саме на цю зону і саме ця група ЗПН, представляє найбільшу складність для протидії ППО.

УБЛА поступово розвиваються і займають всі зони, що раніше належали пілотованій авіації, до швидкостей близько 1 000 км/год і в найближчій

перспективі вже претендують на зону, що стосується ударної авіації 5 покоління.

Вважається, що одним з основних критеріїв оцінки ефективності застосування БпЛА є показник "ефективність-вартість", а саме – приведена вартість виконання бойового завдання  $C_{пр. бз}$  [5, 21, 24]:

$$C_{пр. бз} = \frac{C_{бз}}{P_{вик. бз}},$$

де  $C_{бз}$  – повна вартість виконання бойової задачі;  
 $P_{вик. бз}$  – ймовірність виконання бойової задачі.

Вочевидь, що зазначений критерій за своєю природою є величиною, що базується на статистичних даних. Повна вартість виконання бойового завдання  $C_{бз}$  визначається як [5, 21, 24]:

$$C_{бз} = N_{втрат} \cdot C_{1 БЛА} + C_{1 год} \cdot T_{II} \cdot (N_{БЛА} - N_{втрат}) + C_{бп} + C_{заб},$$

де  $N_{БЛА}$  – кількість БЛА, що виконують бойову задачу;  
 $N_{втрат}$  – кількість втрачених БЛА;  
 $C_{1 БЛА}$  – вартість одного БЛА;  
 $C_{1 год}$  – вартість однієї години польоту БЛА;  
 $C_{бп}$  – вартість витрачених боєприпасів при виконанні бойового завдання;  
 $C_{заб}$  – вартість забезпечення виконання бойового завдання;  
 $T_{II}$  – тривалість польоту БЛА при виконанні бойового завдання.

Ймовірність виконання бойового завдання  $P_{вик. бз}$  порядком з  $N_{БЛА}$  однотипних БЛА, визначається ймовірністю  $P_{вик. бз.1}$  того, що хоча б один БЛА виконає бойове завдання [5, 6, 8-10, 22]:

$$P_{вик. бз} = 1 - (1 - P_{вик. бз.1})^{N_{БЛА}}. \quad (1)$$

В (1) ймовірність виконання бойового завдання одним БЛА  $P_{вик. бз.1}$  є згортокою часткових ймовірностей виконання цим БЛА окремих етапів бойового завдання [5, 6, 9, 11, 19]:

$$P_{вик. бз.1} = P_{вил} \cdot P_{под} \cdot P_{нав. ц} \cdot P_{пов. ц}, \quad (2)$$

де  $P_{вил}$  – ймовірність своєчасного вильоту БЛА, характеризує ефективність функціонування наземної системи управління і технічних засобів інженерно-авіаційного та аеродромно-технічного забезпечень;  
 $P_{под}$  – ймовірність подолання БЛА зони ППО і зон РЕП, характеризує маневрові властивості БЛА, ефективність вибору маршруту польоту, стійкість БЛА і його бортового обладнання до впливу вражаючих факторів засобів ППО і РЕП;  
 $P_{нав. ц}$  – ймовірність успішного наведення на ціль, що характеризує ефективність функціонування бортових засобів БЛА, прицільно-навігаційного комплексу та наземної системи управління;  
 $P_{пов. ц}$  – ймовірність успішного впливу по цілі: для розвідувальних БЛА – успішне розкриття розвідувати параметрів мети,

для ударних БЛА – успішне ураження цілі.

Відзначимо, що ймовірності в (2) є умовними, і кожна наступна ймовірність приймає своє певне значення, за умови, що ймовірності попередніх етапів вже дорівнюють одиниці.

Аналіз виразу для  $C_{пр. бз}$  показує, що сучасні тенденції застосування БЛА йдуть по шляху зменшення їх масогабаритних параметрів, здешевлення конструкції і підвищення маневреності ( $C_{1 БЛА} \downarrow$ ,  $C_{1 год} \downarrow$ ,  $C_{бп} \downarrow$ ,  $C_{заб} \downarrow$ ,  $P_{под} \uparrow$ ), об'єднання їх в групи ( $N_{БЛА} \uparrow$ ), що призводить до того, що навіть при збільшенні кількості втрачених БЛА ( $N_{втрат} \uparrow$ ), вони приблизно на тому ж рівні виконують свою бойову задачу ( $P_{вик. бз} \approx const$ ,  $C_{пр. бз} \approx const$ ).

Вищевикладений підхід до оцінки ефективності застосування БЛА не є єдиним. Інша, альтернативна методика оцінки ефективності застосування БЛА викладена в роботі [31] і заснована на врахуванні таких чинників як живучість БЛА, можливості перерозподілу функцій в групі, особливості розв'язуваної задачі тощо.

З огляду на широку номенклатуру УБЛА, що знаходяться на озброєнні у провідних країнах світу, можна стверджувати, що вони є досить складною ціллю для існуючих і перспективних засобів ППО.

## Висновки

1. Хід і результат війн недалекого майбутнього стануть залежати від ефективності бойових роботів із штучним інтелектом, який сьогодні інтенсивно формується та вдосконалюється у всіх сферах застосування. Роботизовані дрони закономірно беруть на себе все більше функцій пілотованої авіації.

2. Ударна безпілотна авіація є закономірним шляхом розвитку авіаційної робототехніки, оскільки саме вона є заключною ланкою у ланцюжку засобів вирішення завдання при веденні бойових дій.

3. Аналіз особливостей застосування УБЛА по висотам, результатів групового застосування УБЛА в умовах протидії ППО і подій в Сирії, Нагорному Карабасі показує, що організація застосування груп УБЛА не може обійтися без грамотних фахівців, консультативної та технічної допомоги технологічно розвинених держав.

4. Такий підхід у плануванні і вирішенні бойових задач суттєво знижує витрати на отримання бажаного результату і дозволяє відносно малими матеріальними затратами вирішувати завдання. Тому УБЛА сьогодні починають грати одну з ключових ролей.

5. Матеріал статті може використано для формування вихідних даних при моделюванні бойових дій у взаємодії БЛА з пілотованою авіацією.

## Список використаних джерел

1. Ананьев А.В., Филатов С.В. Обоснование нового способа совместного применения авиации и беспилотных летательных аппаратов малого класса в операциях // Военная мысль. 2018. № 6. – С. 5-13.
2. Ананьев А.В., Филатов С.В., Петренко С.П. Оценка путей организации управления формированиями беспилотных летательных аппаратов при обеспечении боевых действий пилотируемой авиации // Военная мысль. 2019. № 1. – С. 74-82.
3. Ананьев А.В., Филатов С.В., Рыбалко А.Г. Статистическая оценка ударных возможностей беспилотных летательных аппаратов малого класса при решении задач пилотируемой авиации // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – № 12. 2018. – С. 455-458.
4. Аналіз дій Bayraktar TB2 в небі Карабаху: повноцінний за танками, знищення ППО та удар у тилу. URL: [https://defence-ua.com/army\\_and\\_war/analiz\\_dij\\_bayraktar\\_tb2\\_v\\_nebi\\_karabahu\\_poljuvannja\\_za\\_tankami\\_znischennja\\_ppo\\_ta\\_udar\\_u\\_tilu\\_video-1727.html](https://defence-ua.com/army_and_war/analiz_dij_bayraktar_tb2_v_nebi_karabahu_poljuvannja_za_tankami_znischennja_ppo_ta_udar_u_tilu_video-1727.html).
5. Арбузов И. В., Болховитинов О.В., Волочаев О. В., Вольнов И. И., Гостев А. В., Мышкин Л. В., Хабиров Р. Н., Шеховцов В. Л. Боевые комплексы авиационные комплексы и их эффективность. Учебник / Под. ред. О.В. Болховитинова. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. 2008. – 224 с.
6. Боевые авиационные комплексы и их эффективность / О.В. Болховитинов [и др.]; под. ред. О.В. Болховитинова. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского. 1990. – 99 с.
7. Буравлев А.И. Методика оценки вероятности поражения размерных объектов высокоточными средствами поражения // Вооружение и экономика. 2012, № 2 (18).
8. Буравлев А.И., Ерохин В.А. Критерии оценки эффективности огневого поражения в операции // Труды ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, №8, т.5, 2007. Серия: Авиационные робототехнические системы. – М.: Радиотехника. 2008. – с.16-22.
9. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. А.М. Московского. – М.: Вооружение. Политика. Конверсия. 2005. – 418 с.
10. Ведомый Су-57 испытал “Гром”. – URL: <https://lenta.ru/news/2020/02/27/thunder>.
11. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука. 1975.
12. Вентцель Е.С., Исследование операций: задачи, принципы, методология. 2-е изд., стер. М.: Наука. 1988. – 208 с.
13. В России создается новый БЛА средней дальности. – 05.01.2010. URL: <http://www.arms-expo.ru/news/archive/v-ossii-sozdaetsya-novyy-bla-sredney-dalnosti05-01-2010-07-37-00>.
14. Гаврилов А.Д., Ерёмин Г.В., Назарчук И.И. Малоразмерные беспилотники – новая проблема для ПВО // Интернет-журнал “Армейский вестник”. – 2015. URL: <http://army-news.ru/2015/02/malorazmernye-bespilotniki-novaya-problemadlya-pvo/>.
15. “Гром” победы: ударные дроны уничтожат ракетные комплексы противника. URL: <https://iz.ru/975885/anton-lavrov-aleeksei-ramm/grom-pobedy-udarnye-drony-unichtozhat-raketnye-kompleksy-protivnika>.
16. Жуковский И. Боевики получили дроны для терактов в любой стране: Минобороны раскрыло детали атаки дронов на базу “Хмеймим”. URL: <https://www.gazeta.ru/army/2018/01/08/11596730.shtml>.
17. 19. Комплекс ракетно-бомбового вооружения “Гром”: модульная архитектура и точность. URL: <https://topwar.ru/143518-kompleks-raketno-bombovogo-vooruzheniya-grom-modulnost-i-tochnost.html>.
18. Макаренко С.И. Робототехнические комплексы военного назначения – современное состояние и перспективы развития // Системы управления, связи и безопасности. 2016, № 2. – С. 73-132. URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2016-02/04-Makarenko.pdf>.
19. Макаренко С. И., Тимошенко А. В., Васильченко А. С. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения // Системы управления, связи и безопасности. 2020. № 1. – С. 109-146. DOI: 10.24411/2410-9916-2020-10105.
20. Мильграм Ю.Г., Попов И.С. Боевая эффективность авиационной техники и исследование операций. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. 1970.
21. Облегченный арсенал: на что будут способны российские БПЛА с новыми малогабаритными боеприпасами. URL: <https://russian.rt.com/russia/article/718307-bpla-rossiya-boepripsy-ohotnik-orion>.
22. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения: монография: в 4 т. Т.4. Методология исследования сложных систем военного назначения / [С.В. Лапицкий, И.Б. Чепков и др.]; под ред. С.В. Лапицкого. – К.: Издательский дом Дмитрия Бурого. 2013. – 480 с.
23. “Охотник” за Skyborg: догонят ли российские БЛА американские. URL: <https://www.gazeta.ru/army/2021/01/14/13435910.shtml>.
24. Первый полет новейшего беспилотного летательного аппарата “Охотник”. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ib3MiSoqcmA>.
25. Ростопчин В. В. Ударные беспилотные летательные аппараты и противовоздушная оборона – проблемы и перспективы противостояния // Беспилотная авиация. URL: [https://www.researchgate.net/publication/331772628\\_Udarnye\\_bespilotnye\\_letatelnye\\_apparaty\\_i\\_protivovozdusnaa\\_oborona\\_-\\_problemy\\_i\\_perspektivy\\_protivostoania](https://www.researchgate.net/publication/331772628_Udarnye_bespilotnye_letatelnye_apparaty_i_protivovozdusnaa_oborona_-_problemy_i_perspektivy_protivostoania).
26. Ростопчин В. В. “Напасть XXI века”: стороны одной “медали” // Авиационная. 2019, № 1. – С. 28-51.
27. ТАСС-Информационное агентство России. Эксперт: атаковавшие объекты РФ в Сирии беспилотники летели по построенному маршруту. 2018. URL: <http://tass.ru/politika/4867204>.
28. Чому Росія бомбардує цілі в Сирії: 10 запитань і відповідей. – URL: [https://www.bbc.com/ukrainian/politics/2015/10/151008\\_10\\_qs\\_why\\_russia\\_bombs\\_syria\\_it](https://www.bbc.com/ukrainian/politics/2015/10/151008_10_qs_why_russia_bombs_syria_it).
29. Barnhart R.K., Hottman S.B., Marshall D.M., Shappee E., Introduction to unmanned aircraft systems, CRC Press. 2012. – P. 215. Predator@B UAS. – URL: [http://www.ga-asi.com/products/aircraft/predator\\_b.php](http://www.ga-asi.com/products/aircraft/predator_b.php).
30. Predator RQ-1 / MQ-1 / MQ-9 Reaper UAV. URL: <https://www.airforce-technology.com/projects/predator-uav/>.
31. Small Diameter Bomb (SDB) II. <https://www.dote.osd.mil/Portals/97/pub/reports/FY2016/af/2016sdbii.pdf?ver=2019-08-22-105431-467>.
32. Susini A.A Technocritical Review of Drones Crash Risk Probabilistic Consequences and its Societal Acceptance // RIMMA Risk Information Management, Risk Models, and Applications. Т. 7. – Berlin: 2005. – С. 27-38. – URL: <http://rimma.org>.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ОБОРОНИ УКРАЇНИ  
ІМЕНІ ІВАНА ЧЕРНЯХОВСЬКОГО**  
Інститут авіації та протиповітряної оборони

**ДОПОВІДЬ НА ТЕМУ:**

Тенденції розвитку ударної безпілотної авіації  
імовірного противника. Критерій оцінювання ефективності  
бойового застосування сучасних ударних безпілотної ударних  
пілальних апаратів

Начальник кафедри авіації  
к.т.н., доцент Сергій Коротін

The National Defence University of Ukraine

**THE NATIONAL DEFENCE UNIVERSITY OF UKRAINE  
NAMED AFTER IVAN CHERNIAKHOVSKY**  
Institute of Aviation and Air Defense

**DEVELOPMENT TRENDS COMBAT UNMANNED AERIAL VEHICLES  
(UAV). ASSESSING CRITERIA IN FEASIBILITY OF WARFARE OF  
MODERN COMBAT UAV**

PhD, associate professor  
Serhii KOROTIN

Kyiv, Ukraine

The National Defence University of Ukraine

**ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ УДАРНИХ БПЛА  
У ВІРМЕННО-АЗЕРБАЙДЖАНСЬКОМУ КОНФЛІКТІ 2020 РОКУ** 2



Рис. 1. БПЛА типу Bayraktar TB-2



Рис. 2. Фрагмент застосування БПЛА типу Bayraktar TB-2  
Азербайджанських ЗС по ЗРК ОСА-АКМ ЗС Вірменії

**EXAMPLE OF WARFARE COMBAT  
UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAV)  
IN THE ARMENIAN-AZERBAIJAN CONFLICT OF 2020** 2



Fig. 1. UAV type Bayraktar TB-2



Fig. 2. Warfare of UAV Bayraktar TB-2  
of Azerbaijan Armed Forces against SAM OSA-AKM Armed Forces of Armenia

**ЗАСТОСУВАННЯ УДАРНИХ БПЛА  
типу Bayraktar TB-2** 3

**LETHAL FUSION OF TURKISH ARMED UAVS  
AND ELECTRONIC WARFARE SYSTEMS**  
ANKA-1 • KORKAL • BAYRAKTAR TB2



Рис. 3. Фрагмент застосування БПЛА типу Bayraktar TB-2  
по ЗРК Панцирь-С1, БУК-М1 ЗС РФ в Сирії

**WARFARE COMBAT UAVS  
type Bayraktar TB-2** 3

**LETHAL FUSION OF TURKISH ARMED UAVS  
AND ELECTRONIC WARFARE SYSTEMS**  
ANKA-1 • KORKAL • BAYRAKTAR TB2



Fig. 3. Warfare of UAV Bayraktar TB-2  
against o SAM Pantsir-C1, BUK-M1 of the RF Armed Forces in Syria

**ОСНОВНІ ВАРІАНТИ УДАРНИХ БПЛА та ЗРАЗКИ ОЗБРОЄННЯ РФ** 4



Рис. 4. УБПЛА "Альбатус-М" (РФ)      Рис. 5. УБПЛА "Охотник" (РФ)

Рис. 6. УБПЛА "Серпух" (РФ)      Рис. 7. УБПЛА "Альтаир" (РФ)

Рис. 8. ПАБ типу 9-А-7750 "Гром" (РФ)

**THE RUSSIAN FEDERATION'S MAIN COMBAT UAVS  
AND UAV'S WEAPONS** 4



Fig. 4. UAV "Albatrus-M" (RF)      Fig. 5. UAV "Hunter" (RF)

Fig. 6. Sirius UAV (RF)      Fig. 7. Altair UAV (RF)

Fig. 8. Glide bomb type 9-A-7750 "Thunder" (RF)

### 5

#### КОНКУРЕНТИ УДАРНИХ БПЛА ТА ЗРАЗКІВ озброєння



Рис. 9. УБЛА MQ-1 "Predator" (США)



Рис. 10. ПТР "Hellfire" (США)



Рис. 11. КАБ SDB II (США)



Рис. 12. УБЛА MQ-9 "Predator" (США)

### 5

#### COMBAT UAVS AND WEAPONS (USA)



Fig. 9. UAV MQ-1 "Predator" (USA)



Fig. 10. PTR "Hellfire" (USA)



Fig. 11. Managed aircraft bomb SDB II (USA)



Fig. 12. UAV MQ-9 "Predator" (USA)

### 6

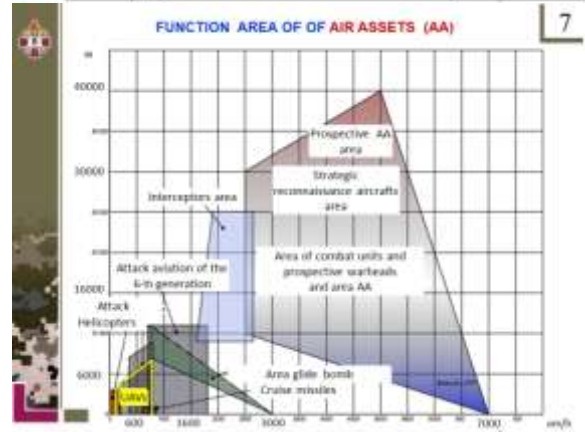
#### КЛАСИФІКАЦІЯ ГРУП СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ (ЗПН)

Номер групи	Тип ЗПН	Значення параметрів V та H
Група 1	ударні, ударно-транспортні вертольоти, конвертплани і БпЛА з вертольотним принципом польоту	V=200 км/год; H= 6...40 000 м
Група 2	розвідувальні, розвідувально-ударні БпЛА, БпЛА-поставляючі перешкоди, БпЛА-ретранслятори і БпЛА інших функціональних призначень	V=120...800 км/год; H= 60...1500...7000 м
Група 3	ударні авіація: штурмовика, фронтальні бомбардувальники, літаки-розвідники і ударні БпЛА	V=400...800 км/год; H= 50...10 000...10 000 м
Група 4	перспективні багатофункціональні бойові літаки (5-го і наступні покоління)	V=600...1 800 км/год; H= 80...11 000...12 000 м
Група 5	літаки-перехоплювачі ППО	V=1 000...2 000 км/год; H= 8 000...20 000 м
Група 6	векторні крили ракет, ПАБ і КАБ	V=600...800 км/год / 800...1 000 м/с; H= 6 000...12 000 м
Група 7	літаки КР дальнього польоту	V=600...850 км/год; H= 50...1 000 м
Група 8	БПЛА і БпЛА оперативної і стратегічної розвідки: типу MBG-25R, SR-71, GTD-21; перспективні ЗПН (гібридні БпЛА) та бойові літаки КР та ОТР	V=2 000...7 000 км/год; H= 10 000...40 000 м

### 6

#### CLASSIFICATION OF MODERN AIR ASSETS (AA)

N	AA	Parameters V та H
Group 1	attack, attack/transport helicopters, convertibles and UAVs with the helicopter principle of flight	V=200km/h; H= 6...40 000 m
Group 2	reconnaissance, reconnaissance and attack UAVs, UAV interceptors, UAV spotters and UAVs of other functional purpose	V=120...800km/h; H= 60...1500...7000 m
Group 3	strike aircraft: attack aircraft, front line bombers, reconnaissance aircraft and combat UAVs	V=400...800km/h; H= 50...10 000...10 000 m
Group 4	prospective multifunctional combat aircraft (5th and subsequent generations)	V=600...1 800 km/h; H= 80...11 000...12 000 m
Group 5	air defense interceptor aircraft	V=1 000...2 000 km/h; H= 8 000...20 000 m
Group 6	supersonic cruise missiles, glide aviation bombs, converted aviation bombs	V=600...800 km/h - 800...1 000 m/s; H= 6 000...12 000 m
Group 7	subsonic cruise long range missiles	V=600...850 km/h; H= 50...1 000 m
Group 8	aircraft and UAVs of operational and strategic reconnaissance: type MBG-25R, SR-71, GTD-21; advanced air assets (hybrid UAV) and workahrs of hybrid missile and operational tactical missiles	V=2 000...7 000 km/h; H= 10 000...40 000 m



### 8

#### КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ ДОЦІЛЬНОСТІ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА Є ПОКАЗНИК "ЕФЕКТИВНІСТЬ-ВАРТІСТЬ"

Приведена вартість виконання бойового завдання:

$$C_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{зад}}}{P_{\text{вик}}}, \quad (1)$$

де  $C_{\text{зад}}$  – повна вартість виконання бойової задачі;  
 $P_{\text{вик}}$  – ймовірність виконання бойової задачі.

$$C_{\text{зад}} = N_{\text{втр}} \cdot C_{1, \text{втр}} + C_{1, \text{зад}} \cdot T_{\text{Д}} \cdot (N_{\text{втр}} - N_{\text{втр, вт}}) + C_{\text{ам}} + C_{\text{зад}}, \quad (2)$$

де  $N_{\text{втр}}$  – кількість БПЛА, що виконують бойову задачу;  
 $N_{\text{втр, вт}}$  – кількість втрачених БПЛА;  
 $C_{1, \text{втр}}$  – вартість одного БПЛА;  
 $C_{1, \text{зад}}$  – вартість однієї години польоту БПЛА;  
 $C_{\text{ам}}$  – вартість витратених боєприпасів при виконанні бойового завдання;  
 $C_{\text{зад}}$  – вартість забезпечення виконання бойового завдання;  
 $T_{\text{Д}}$  – тривалість польоту БПЛА при виконанні бойового завдання.

The National Defence University of Ukraine

### 8

#### EVALUATING CRITERIA FOR THE FEASIBILITY OF UAVs WARFARE IS THE INDICATOR OF "EFFICIENCY-COST"

The cost of the combat mission:

$$C_{\text{pr}} = \frac{C_{\text{task}}}{P_{\text{exec}}}, \quad (1)$$

where  $C_{\text{task}}$  – the full cost of the combat mission;  
 $P_{\text{exec}}$  – the probability of execution a combat mission.

$$C_{\text{task}} = N_{\text{loss}} \cdot C_{1, \text{loss}} + C_{1, \text{task}} \cdot T_{\text{D}} \cdot (N_{\text{loss}} - N_{\text{loss, loss}}) + C_{\text{am}} + C_{\text{task}}, \quad (2)$$

where  $N_{\text{loss}}$  – the number of UAVs execution a combat mission;  
 $N_{\text{loss, loss}}$  – the number of lost UAVs;  
 $C_{1, \text{loss}}$  – the cost of one UAV;  
 $C_{1, \text{task}}$  – the cost of one hour of UAV flight;  
 $C_{\text{am}}$  – the cost of ammunition spent in the execution of the combat mission;  
 $C_{\text{task}}$  – the cost of ensuring the execution combat mission;  
 $T_{\text{D}}$  – the flight duration of the UAV of execution combat mission.

The National Defence University of Ukraine



**ІМОВІРНІСТЬ ВИКОНАННЯ БОЙОВОГО ЗАВДАННЯ** 9

$$P_{\text{в.з.з.}} = 1 - (1 - P_{\text{в.з.з.}})^{N_{\text{в.з.з.}}} \quad (3)$$

де  $P_{\text{в.з.з.}}$  – ймовірність виконання бойового завдання одним УБлПА;

$$P_{\text{в.з.з.}} = P_{\text{в.з.з.}} \cdot P_{\text{в.з.з.}} \cdot P_{\text{в.з.з.}} \cdot P_{\text{в.з.з.}} \quad (4)$$

де  $P_{\text{в.з.з.}}$  – ймовірність своєчасного вильоту УБлПА, характеризує ефективність функціонування наземної СУ і технічних засобів ІАЗ та АТЗ;

$P_{\text{в.з.з.}}$  – ймовірність подолання УБлПА зони ППО і зон РЕП, характеризує маневрові властивості УБлПА, ефективність вибору маршруту польоту, стійкість УБлПА і його бортового обладнання до впливу вражаючих факторів засобів ППО і РЕП;

$P_{\text{в.з.з.}}$  – ймовірність успішного наведення на ціль, що характеризує ефективність функціонування бортових засобів УБлПА, ПНК та наземної СУ;

$P_{\text{в.з.з.}}$  – ймовірність успішного впливу по цілі: для розвідувальних УБлПА – успішне розкриття розвідувальних параметрів мети, для ударних УБлПА – успішне ураження цілі.

**PROBABILITY OF EXECUTION OF COMBAT TASK** 9

$$P_{\text{в.з.з.}} = 1 - (1 - P_{\text{в.з.з.}})^{N_{\text{в.з.з.}}} \quad (3)$$

$P_{\text{в.з.з.}}$  – the probability of execution a combat mission by one UAV;

$$P_{\text{в.з.з.}} = P_{\text{в.з.з.}} \cdot P_{\text{в.з.з.}} \cdot P_{\text{в.з.з.}} \cdot P_{\text{в.з.з.}} \quad (4)$$

$P_{\text{в.з.з.}}$  – the probability of timely departure of UAVs, characterizes the effectiveness of the ground control system and technical assets of support services

$P_{\text{в.з.з.}}$  – the probability of overcoming UAVs of the air defense zone and electronic suppression zones (ESZ), characterizes the maneuvering properties of the UAV, the effectiveness of the route selection, the stability of the UAV and its onboard equipment to the impact of air defense and ESZ.

$P_{\text{в.з.з.}}$  – the probability of successful aiming, which characterizes the effectiveness of the onboard UAVs, sighting and navigation systems and ground control system;

$P_{\text{в.з.з.}}$  – the probability of successful impact on the target: for reconnaissance UAVs - successful disclosure of reconnaissance target parameters, for strike UAVs - successful defeat of the target.

**ВИСНОВКИ** 10

1. Хід і результат війни недалекого майбутнього стануть залежати від ефективності бойових робіт із штучним інтелектом, війні сьогодні інтенсивно формуються та вдосконалюються у всіх сферах застосування. Роботизовані дрони закономірно беруть на себе все більше функцій пілотованої авіації.
2. Ударна безпілотна авіація є закономірним шляхом розвитку авіаційної робототехніки, оскільки саме вона є заключною ланкою у ланцюжку засобів вирішення завдання при веденні бойових дій.
3. Аналіз особливостей застосування УБлПА по висотам, результату групового застосування УБлПА в умовах протидії ППО і подій в Сирії, Нагорному Карабасі показує, що організація застосування груп УБлПА не може обійтися без грамотних фахівців, консультативної та технічної допомоги технологічно розвинених держав.
4. Такий підхід у плануванні і вирішенні бойових задач суттєво знижує витрати на отримання бажаного результату і дозволяє відносно малими матеріальними затратами вирішувати завдання. Тому УБлПА сьогодні починають грати одну з ключових ролей.

The National Defence University of Ukraine

**CONCLUSIONS** 10

1. Outcomes of the near future wars will depend of the effectiveness of combat robots with artificial intelligence, which today is intensively formed and improved in all areas. Robotic drones are naturally taking on more and more functions of manned aircraft.
2. Combat drones are a natural way of developing aviation robotics, because it is the final link in the chain of means of solving the problem of combat operations.
3. Analysis of the peculiarities of UAV use at altitudes, the results of group UAV use in the face of air defense and events in Syria, Nagorno-Karabakh shows that the organization of UAV groups can not do without competent professionals, advisory and technical assistance to technologically advanced countries.
4. This approach in the planning and solution of combat tasks significantly reduces the cost of obtaining the desired result and allows relatively small material costs to solve the problem. That is why UAVs are starting to play one of the key roles today.

The National Defence University of Ukraine