

12. Zubkov A.N., Diakov A.A., Martynenko S.A., Krasiuk A.P. (2011), "Mnohospektralnaia adaptivnaia sistema lokatsionnoho monitorinha" [Multispectral adaptive local monitoring system]. *Radio Engineering*, Kharkov. Issue № 164. pp. 30–34 [in Russian].

13. Zubkov A.M., Shcherba A.A. (2014), "Pidvyshchennia efektyvnosti artyleriiskoi rozvidky shliakhom konstruktivno-funktsionalnoi intehratsii povitrianykh ta nazemnykh zasobiv sposterezhennia" [Improving the effectiveness of artillery reconnaissance through the structural and functional integration of air and ground surveillance assets]. *Radio electronics, computer science, management*. ZNTU, Zaporizhzhia. Issue № 82. pp.30–33 [in Ukrainian].

14. Patent of Ukraine (2016), "Sposib artyleriiskoi rozvidky i kompleks dlia ioho realizatsii" [Artillery reconnaissance method and its implementation system]. Patent 112997 Ukraina. IPC G01S 13/00, G01S 13/28. № a201407629; stated 7.07.2014; published 15.11.2016. Bulletin № 22, 5 p. [in Ukrainian].

15. Handbook (1979), "Spravochik po radiolokatsii" [Radiolocation handbook]. Moscow: Sov.radio. 456 p. [in Russian].

16. "Operativno-takticheskie raschety pri planirovanii artilleriiskoj razvedki" (1988) [Operational and tactical calculations in artillery reconnaissance planning]. Moscow. 104 p. [in Russian].

## SPATIAL-SPECTRAL METHODS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF ARTILLERY RECONNAISSANCE

A.M. Zubkov, S.Y. Kamentsev, Y.V. Krasnyk, V.V. Prokopenko, A.A. Shcherba

*The author analyzes the evolution of reconnaissance-fire technology based on reconnaissance-strike (RSS) and reconnaissance-fire (RFS) systems and its transition to the ideology of reconnaissance-fire systems (RFS).*

*Based on Boyd's cybernetic model, the situational model of RFS combat control and the issue of optimizing it in terms of the "observe" cycle are considered. Practical ways of implementing the developed approach based on multichannel spatial and multispectral processing of intelligence information are substantiated. The optimality of the developed approach is confirmed by the results of a model experiment.*

*A methodology for adapting the characteristics of multi-channel processing of location information to a dynamically changing mobile phone environment has been developed. The optimality of the developed approach is confirmed by the results of the model experiment, and the practical feasibility is confirmed by the patent for the invention. The maximum combat effectiveness of the first stage of the Boyd cycle (artillery reconnaissance) – range, accuracy, target channel, immunity - is achieved by the integration of ground-based radar means of reconnaissance of firing positions and UAVs with multispectral surveillance equipment.*

*The practical significance of the obtained results is provided by the independence of targeting accuracy from the target range with simultaneous provision of round-the-clock operation, all-weather operation, interference resistance and potential informativeness of artillery reconnaissance. The attainable gain in artillery reconnaissance effectiveness indicators is 7.2 times the range, and 20 times the target channel. All analytical results are aimed at implementation in the practice of designing the production of equipment for ground and on-board reconnaissance components.*

**Keywords:** *reconnaissance and fire system, ground target, observation cycle, information content of multispectral monitoring, detection, model experiment.*

УДК 623.7

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.28.2023.87-99>

М.І. Нехін, Л.Б. Каневський, Ю.А. Мирончук

*Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова*

*Article history:* Received 21 November 2023; Revised 02 December 2023; Accepted 31 March 2023

## ФОРМУВАННЯ СУКУПНОСТІ ПАРАМЕТРІВ БОЙОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ УДАРНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА ОСНОВІ ФАСЕТНОЇ СИСТЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ

*Одним із основних підходів до удосконалення стратегії і тактики застосування ударних безпілотних авіаційних комплексів є створення методики формування вимог до їх бойових можливостей відповідно до місця літального апарату у прийнятій системі класифікації. На сьогодні існує декілька систем класифікації безпілотних авіаційних комплексів за різними принципами. Ці системи класифікації взаємно доповнюють одна одну, але жодна з них не забезпечує повного охоплення сукупності параметрів, якими характеризується безпілотний авіаційний комплекс. Назріла необхідність об'єднання різних систем і принципів класифікації*

© М.І. Нехін, Л.Б. Каневський, Ю.А. Мирончук

у єдину упорядковану систему, яка охоплює всі види і класи безпілотних літальних апаратів У статті запропонована фасетна система класифікації безпілотних авіаційних комплексів, яка дозволяє впорядкувати їх по групах, класах (підкласах), видах та типах. Фасетна система дозволяє окреслювати границі вимог до бойових можливостей безпілотних літальних апаратів залежно від їх позиції у системі класифікації.

У статті приведено перелік та зміст параметрів бойових можливостей ударних безпілотних авіаційних комплексів та стисло розглянуті взаємозв'язки між ними. Показано, що базовим критерієм у сукупності бойових можливостей виступає маса бойової частини, яку здатен нести літальний апарат. Ця маса функціонально залежить від ряду факторів, основними із яких є повна злітна маса, паспортна тривалість польоту та крейсерська швидкість літального апарату. Встановлено характер цієї залежності на основі статистичного аналізу бойових та тактико-технічних показників ударних безпілотних літальних апаратів масою до 250 кг, які є на озброєнні ряду держав світу.

Запропоновано методика прогнозування значень параметрів бойових можливостей ударних безпілотних літальних апаратів залежно від їх місця у фасетній системі класифікації. Застосування методики дозволяє встановити взаємозв'язок між типами бойових задач та типами літальних апаратів, придатних для їх вирішення.

**Ключові слова:** безпілотні авіаційні комплекси, ударні безпілотні літальні апарати, класифікація безпілотних літальних апаратів, бойові можливості безпілотних авіаційних комплексів.

## Постановка проблеми

Сучасний стан боротьби за інформаційну (розвідувальну) та вогневу перевагу на полі бою висуває жорсткі вимоги щодо скорочення часу в циклі виконання розвідувально-ударних завдань. На сьогодні одним з перспективних шляхів вирішення цієї задачі є постійно зростаюче використання безпілотних авіаційних комплексів (БпАК). Яскравим прикладом цьому є результати ефективного застосування різномісних безпілотних літальних апаратів (БпЛА) [1] у Сирії, Лівії та вірменсько-азербайджанському воєнному конфлікті, де перевага Азербайджану великою мірою була зумовлена застосуванням ударних БпЛА (УБпЛА)

У Збройних Силах України, як і в арміях іноземних держав, ведуться інтенсивні роботи щодо прийняття на озброєння різних типів БпЛА, які розглядаються вищим військовим керівництвом у якості одного з найважливіших засобів підвищення бойових можливостей військ і розширення переліку бойових завдань на якісно новому рівні. Поряд з цим досвід бойових дії на території України проти російського агресора вказує на потребу не лише у застосуванні на полі бою БпЛА для збору розвідувальних даних та корегування вогню артилерії, а й УБпЛА, здатних проводити високоточне вогневе ураження стаціонарних і рухомих об'єктів та живої сили противника.

Якщо до 2018 року основу безпілотної авіації Збройних Сил України складали розвідувальні БпАК 1-го класу, то, починаючи з 2018 року, ситуація почала поступово змінюватися. Українська армія отримала перші ударні безпілотні авіаційні комплекси турецького виробництва, а вітчизняні виробники почали пропонувати власні рішення щодо виробництва УБпЛА. Протягом восьми років

російсько-української війни УБпЛА не використовувались в операції Об'єднаних сил. Проте після повномасштабного вторгнення російського агресора ЗСУ почали використовувати ударні безпілотні авіаційні комплекси Bayraktar TB2, квадрокоптери різних форматів та моделей для скидання адаптованих або саморобних боєприпасів та Switchblade 300/600. Разом з цим поза увагою залишається відпрацювання методичного підходу до систематизації формування вимог, які мають стати базовими для розроблення чи закупівлі ударних БпАК тактичного класу, що визначає актуальність наукових досліджень.

## Огляд останніх досліджень і публікацій

Питання проведення аналізу застосування ударних безпілотних авіаційних комплексів (УБпАК) під час останніх війн та збройних конфліктів ХХІ століття розглянуті у [1-11]. В [2] проведений аналіз застосування УБпАК під час збройних конфліктів останніх десятиріч та з урахуванням досвіду проведення Антитерористичної операції на території Донецької та Луганської областей. В [3] визначений основний напрям подальшого розвитку застосування БпЛА при веденні мережецентричних операцій міжвидовими угрупованнями військ. В [4] проведені дослідницькі випробування безпілотного авіаційного комплексу типу “боєприпас, що баражує” вітчизняного виробництва, теоретично обґрунтовано вимоги до складових елементів ударних безпілотних авіаційних комплексів типу “боєприпас, що баражує” в Збройних Силах України. В [5] проведено аналіз світових тенденцій розвитку ударних БпАК типу “баражуючий боєприпас” та обґрунтовано вимоги до його складових елементів. У [6] розглянуті особливості застосування безпілотних літальних

апаратів в Антитерористичній операції на Сході України та особливості застосування ударних безпілотних літальних апаратів у воєнних конфліктах сучасності. В [8] проаналізовано застосування роїв БпЛА. В [9] на підставі аналізу світових зразків БпЛА розглянуті шляхи обґрунтування доцільності масового виробництва БпЛА. У [10] розглянуто (окремо) два типи паливних елементів: паливний елемент з протонообмінною мембраною та твердооксидний паливний елемент для забезпечення споживання електроенергії дрона. У [11] представлено ключові технології, які дозволяють розробляти системи дронів для безпечних та автономних польотів.

З вище викладеного матеріалу можна зазначити, що на сьогоднішній час існує велика кількість різноманітної літератури, яка присвячена зростаючій ролі безпілотників у новітньому озброєнні та військовій техніці, при цьому питання їх бойового застосування висвітлені обмежено, а методики формування бойових можливостей УБпЛА взагалі відсутні.

**Метою статті** є створення єдиного підходу щодо формування вимог до бойових можливостей УБпЛА, які матимуть спроможність проводити високоточне вогневе ураження цілей.

### **Проблеми створення системи класифікації БпАК**

Аналіз сучасного стану озброєння та військової техніки Збройних Сил України, в тому числі з урахуванням досвіду бойових дій в Україні, показує, що розвиток безпілотної авіації має стати одним із пріоритетних напрямів удосконалення бойової могутності нашої держави. Зростаюча роль БпАК підтверджується і міжнародним досвідом збройних конфліктів останнього часу, і увагою, яка приділяється цьому питанню провідними у військово-технічному відношенні країнами світу.

Ураховуючи наявність наукових, виробничих та випробувальних організацій, здатних розробляти і виробляти БпЛА різного класу (близько 20 підприємств середнього бізнесу та 20 підприємств приватного малого бізнесу), та можливість застосування високих технологій світового рівня, з одного боку вирішення проблеми потребують відображення у проєкті нової Стратегії розвитку оборонно-промислового комплексу України. З другого боку, ураховуючи особливості різнотипних завдань видів та родів військ Збройних Сил України, розробку

УБпЛА необхідно проводити для конкретного виду чи роду військ Збройних Сил України, потреби яких мають бути висунуті відповідним замовником в оперативно-тактичних вимогах до УБпАК, основною проблемою при формуванні яких є відсутність єдиного підходу щодо формування переліку сукупності бойових можливостей УБпАК.

Поряд з інтенсивним розвитком БпАК з'явилося велике різноманіття класифікаційних понять щодо типів, видів БпЛА, які за своїм значенням в чомусь можуть бути суміжними, а в іншому бути кардинально різними. Така ситуація створює необхідність у формуванні єдиної та упорядкованої класифікації УБпАК, це дозволить не лише їх впорядкувати по групах, класах (підкласах), видах та типах, а й дозволить більш якісно сформулювати для кожного з них відповідні вимоги і основні закономірності їх розвитку в Україні.

Сьогодні існує ряд систем класифікації БпЛА кожна з яких має свою специфіку, переваги і недоліки. В одному з стандартів НАТО – STANAG 4670 (АТР 3.3.7.) визначається класифікація БпАК НАТО, яка ділить їх на три класи [11]. Основна класифікація БпЛА БпАК, що діє в Україні, визначена Наказом Міністерства оборони України від 08.12.2016 № 661 “Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України”, яка корелює з STANAG 4670 (АТР 3.3.7.).

З огляду існуючих та перспективних зразків УБпАК тактичного класу збройних сил провідних країн світу, зокрема й тих, які знайшли активне застосування під час вірменсько-азербайджанського воєнного конфлікту та російсько-української війни, стає очевидною необхідність врахування класифікації УБпАК не лише за класами, а й за типами за аеродинамічною схемою побудови БпЛА та способами їх застосування. Також при розробленні узагальненої (розширеної) класифікації УБпАК постає необхідність в градації УБпЛА не лише за дальністю ураження та загальною їх масою, а й за масою бойової частини.

У табл. 1, складеній за даними огляду інтернет-сайтів [12-22], наведено основні тактико-технічні характеристики ряду УБпЛА, які перебувають на озброєнні провідних країн світу. Нижче, на прикладі цих даних, будуть розглянуті принципи фасетної системи класифікації БпАК та методика формування сукупності параметрів бойових можливостей ударних безпілотних літальних апаратів.

Таблиця 1

## Основні тактико-технічні характеристики УБпЛА 1-го класу зі злітною масою до 40 кг

№ з/п	Назва УБпЛА	Злітна маса, кг	Швидкість, км/год.		Тип двигуна	Бойовий радіус, км	Тривалість польоту, год.	Маса бойової частини	
			Крейсерська	Макс.				кг	%
1.	HERO-20	1,8	100	185	Ел	10	0,3	0,2	11%
2.	HERO-30	3	100	160	Ел	40	0,5	0,5	17%
3.	Warmate	4	75	150	Ел	10	0,5	0,8	20%
4.	Ланцет 1	5	80	110	Ел	40	0,5	1	20%
5.	HERO-70	7	100	150	Ел	40	0,5	1,2	17%
6.	CL-901	9	120	150	Ел	15	2	2,7	30%
7.	CH-901	9	120	150	Ел	15	2	2,7	30%
8.	Ланцет 3	12	80	110	Ел	40	0,65	3	25%
9.	HERO-120	12,5	100	120	Ел	40	1	3,5	28%
10.	Green Dragon	15	120	157	Ел	40	1,15	2,5	17%
11.	HERO-250	25	100	120	ДВЗ	150	3	5	20%
12.	HERO-400	40	100	120	ДВЗ	150	4	8	20%
13.	Инспектор-601	120	210		ДВЗ	900	7	20	17%
14.	Harpy	132	185	250	РПД	500	6	32	24%
15.	Harop	135	185	417	РПД	1000	6	23	17%
16.	Корсар	200	120	150	РПД	120-160	8	40	20%
17.	Буревестник МБ	250	150	220	Ел	300	8	60	24%

У засобах масової інформації досить розповсюдженим є поняття “баражуючий боеприпас/дрон-камікадзе”. Але, якщо говорити мовою стандартів та керівних документів, то виникає неоднозначність і до якого з видів УБпЛА його варто віднести – одноразового чи ситуаційного застосування? Отже, з одного боку, це є УБпЛА одноразового застосування (“камікадзе”), який є безпосереднім засобом ураження, де після його пуску він не може бути повернутим. Відповідно, такий УБпЛА або повинен уразити задану при запуску ціль, або у випадку, якщо цілі не має у заданому районі, то такий УБпЛА повинен бути перенацілений на іншу ціль або самоліквідуватися, що є неефективним з точки зору військово-економічних поглядів. З іншого боку, УБпЛА ситуаційного застосування, який так само, як і УБпЛА одноразового застосування (“камікадзе”), є безпосереднім засобом ураження, але за потреби, у разі відміни завдання, такий УБпЛА має можливість повернутися в задану точку місцевості (зокрема на стартову позицію) та провести безпечну посадку. Все це вимагає стандартизації, що можливо вирішити шляхом розробки єдиної для УБпЛА класифікації, яка не суперечить загальній класифікації БпЛА.

### Фасетна класифікація УБпЛА

З метою створення системи єдиних поглядів щодо класифікації УБпЛА та забезпечення принципу фасетності при формуванні назви УБпЛА відповідно до класифікації НАТО, імплементованої в Україні Наказом Міністерства оборони України

від 08.12.2016 № 661 “Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України” та інших державних стандартів України розроблено класифікацію УБпЛА до типу (підкласу), як показано на рис. 1.

З вищезазначених характерних особливостей (див. табл. 1) та вибраного критерію співвідношенням маси бойової частини до злітної маси УБпЛА, яка не повинна перевищувати 30%, на прикладі УБпЛА I класу, як показано на рис. 1, можна побачити відповідність запропонованих розробок та загальноприйнятих класифікацій відповідно до стандартів НАТО та Наказу МОУ № 661, а саме:

- мікро УБпЛА I-го класу зі злітною масою до 2 кг, масою бойової частини до 0,5 кг та бойовим радіусом до 5 км вважаються тактичними ближніми УБпЛА;

- міні УБпЛА I-го класу із злітною масою від 2 до 15 кг, масою бойової частини до 5 кг, радіусом дії більше 5 км вважаються тактичними середніми УБпЛА;

- малі УБпЛА I-го класу із злітною масою більше 15 кг, масою бойової частини від 5 до 50 кг, радіусом дії більше 25 км вважаються тактичними дальніми УБпЛА.

Щодо аеродинамічної схеми, то БпЛА поділяють на два основні типи – літакового та коптерного типу. В свою чергу, БпЛА коптерного типу поділяються на вертолітні та мультироторні.

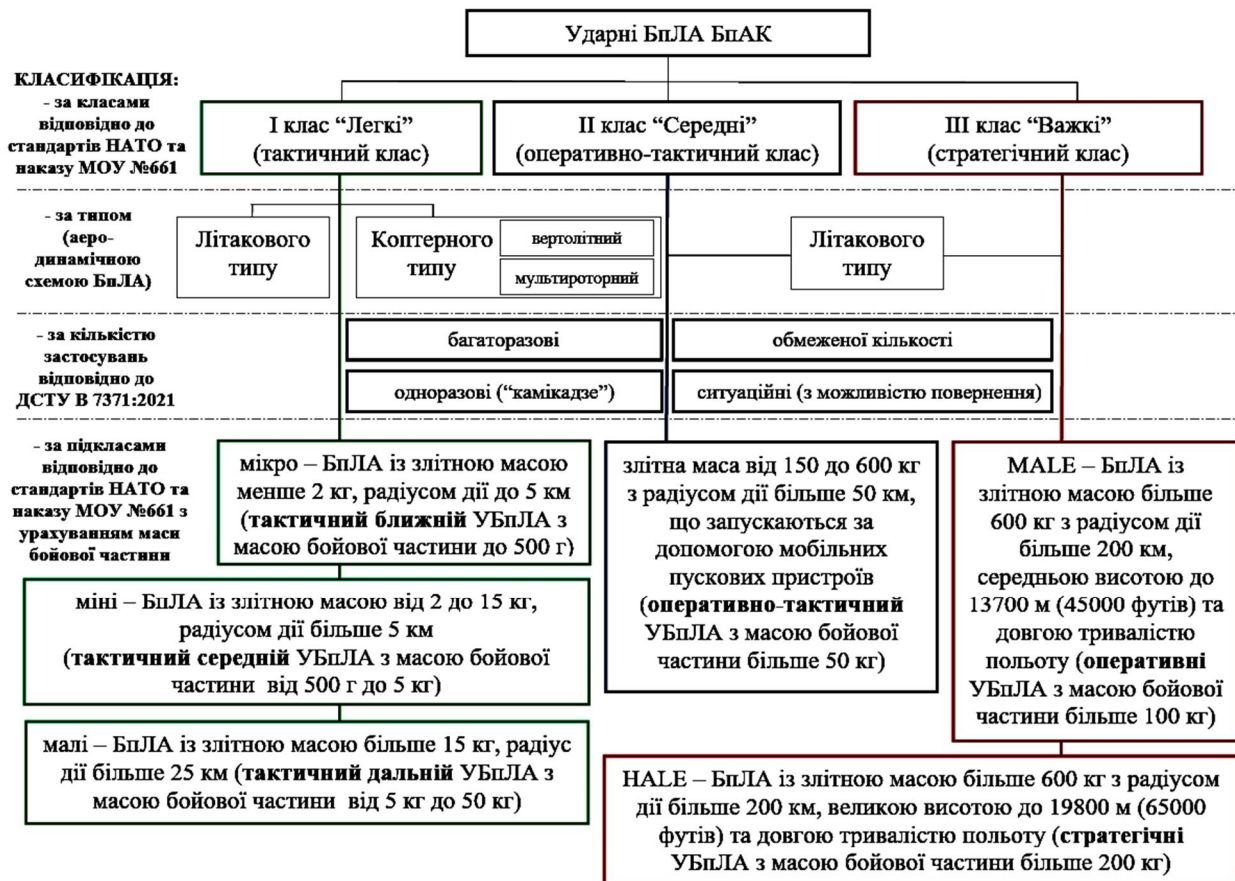


Рис. 1. Узагальнена (ієрархічна) класифікація ударних БпАК з урахуванням державних стандартів та стандартів НАТО

З розгляду національного стандарту ДСТУ В 7371:2021 "Техніка авіаційна державної авіації. Апарати літальні безпілотні. Основні терміни, визначення понять. Класифікація" встановлено, що класифікація БпЛА за кількістю застосувань поділяється на:

- одноразові;
- обмеженої кількості застосувань (до 10 польотів);
- багаторазові;
- ситуаційного застосування (з поверненням у разі відміни завдання або із знищенням під час його виконання), що також відображено для цієї класифікації.

Спираючись на обґрунтованість розробленої класифікації, назви УБпАК повинні формуватися фасетним способом, наприклад, для отримання оперативно-тактичних вимог (ОТВ) на УБпЛА I-го класу замовник на етапі лише формування технічного завдання на такі ОТВ може визначитися з наступною потребою, за типом, аеродинамічною схемою УБпЛА має бути літакового чи коптерного типу? За кількістю застосування УБпЛА має бути (багаторазовий, одноразовий («камікадзе»), обмеженої кількості, ситуаційний (з можливістю повернення)), а за радіусом дії чи маси бойової частини можна вибрати підклас УБпЛА (мікро, міні, малі).

Таким чином, на рис. 2 показано, як фасетним способом сформовано назву до УБпЛА.

Аналогічним способом можна сформувати назви УБпЛА для II та III класу, основною відмінністю яких є фасетний набір за підкласом (див. табл. 1).

Таким чином, за рахунок запропонованої упорядкованої (ієрархічної) класифікації УБпАК стає можливим формування не лише назви УБпАК, але й формалізувати їх спроможності за відповідностями показників максимальної злітної маси, маси бойової частини та бойового радіуса, та визначити, що допоможе більш коректно формувати бойові можливості УБпЛА в оперативно-тактичних вимогах до них та розуміння їх можливостей.

### Визначення терміна та параметри бойових можливостей УБпАК

Бойові можливості підрозділу УБпАК слід визначати, виходячи з того, що УБпАК є людиномашинною системою, яка складається з екіпажу та технічних засобів.

Є істотна різниця між змістом термінів «бойові можливості військових підрозділів» та «бойові можливості зразків озброєння та військової техніки».

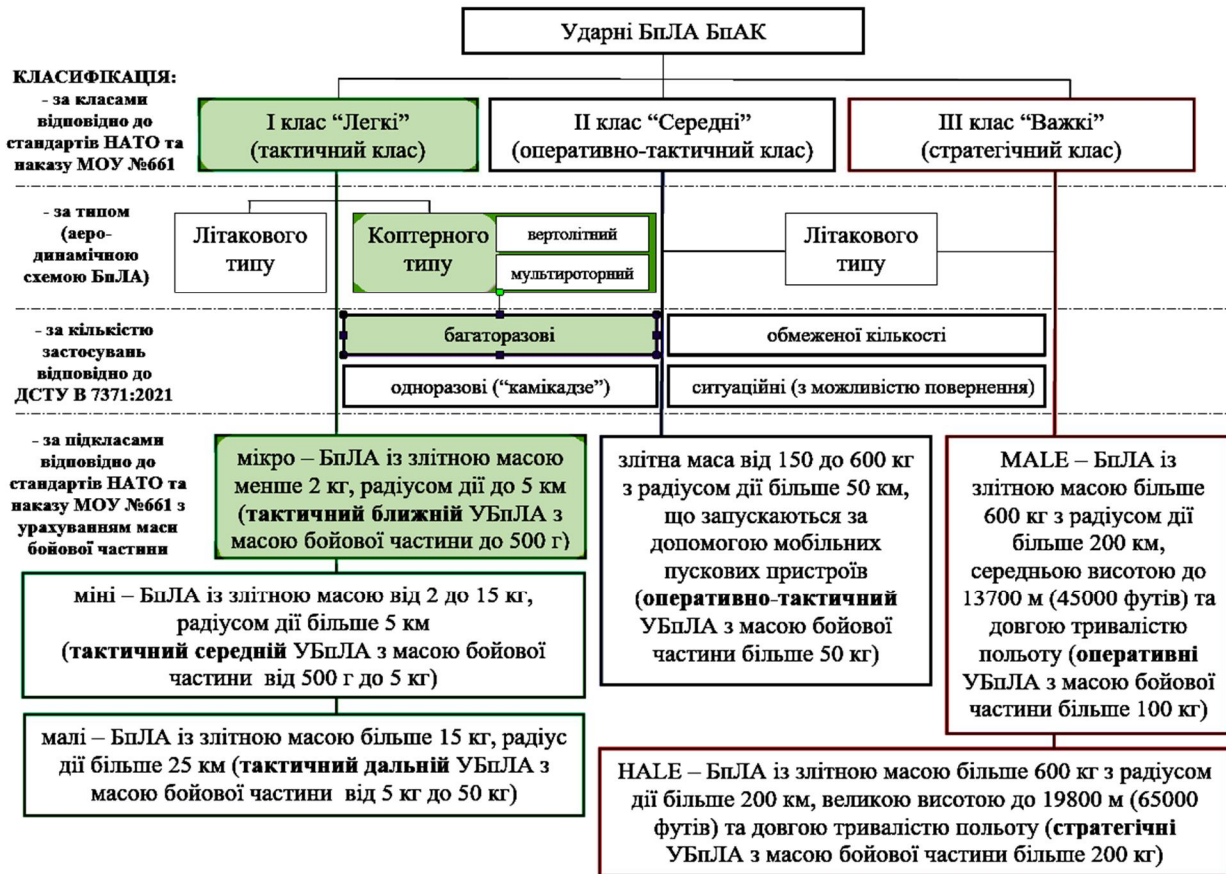


Рис. 2. Формування фасетним способом назви до "УБпЛА тактичного класу з УБпЛА коптерного типу підкласу "тактичний ближній багаторазового застосування"

Бойові можливості військових підрозділів визначаються рівнем задач (тактичні, оперативні, стратегічні) та часом і умовами, за яких ці задачі можуть бути вирішені. Бойові можливості військових підрозділів визначаються кількісним та якісним складом військових підрозділів, кількістю та якістю наявних у них озброєння та військової техніки, якістю навченості та підготовленості особового складу, бойовим досвідом та бойовим духом особового складу.

Характеристикою бойових можливостей озброєння та військової техніки є перелік технічних даних, який розкриває можливості щодо умов і способів їх застосування особовим складом військових підрозділів. Провести однозначно чітку границю між тими властивостями озброєння та військової техніки, які є чисто бойовими можливостями, та тими, які є чисто технічними даними, навряд чи можливо. Тому далі в тексті стосовно технічних засобів вживатиметься термін «технічні/бойові можливості».

Необхідні технічні/бойові можливості у тактико-технічних завданнях на розробку УБпЛА повинні задаватись, виходячи із:

- переліку та характеристик цілей, які повинен уражати УБпЛА;
- планованих способів (загальної тактики) застосування УБпЛА.

Як приклад, розглянемо деякі можливі варіанти загальної тактики застосування УБпЛА одноразового застосування (УоБпЛА):

1. УоБпЛА застосовується для пошуку цілі з послідовним її ураженням (тобто УоБпЛА суміщає функції розвідувального і ударного). Пошук цілі виконується зовнішнім екіпажем при дешифруванні в режимі реального часу того потоку відеоінформації, яка надходить з борту УоБпЛА. В разі неуспішного пошуку цілі УоБпЛА повертається на стартову позицію (можливий варіант приведення у дію механізму самознищення УоБпЛА, проте застосування цього варіанта виправдане тільки в особливих випадках та вимагає спеціального обґрунтування).

2. УоБпЛА стартує тільки після того, як іншими розвідувальними засобами ціль виявлена та встановлені її координати (очевидно, що координати цілі встановлені з деякою похибкою, величина якої залежить від можливостей застосованого розвідувального засобу). Прибувши у зону знаходження цілі, УоБпЛА повинен здійснити «захват» цілі бортовою апаратурою наведення. При цьому можливі різні варіанти, наприклад, такі як:

- а) УоБпЛА атакує ціль по координатах згідно з даними бортової навігаційної системи. В найпростішому випадку джерелом координат може бути

модуль GPS. Оскільки в бойових умовах сигнали GPS легко подавляються чи спотворюються засобами РЕБ противника, то для надійності застосовуються (як додаток до GPS або ж автономно) інші типи бортових навігаційних систем – інерціальні навігаційні системи, системи навігації по радіомаяках, комбінована навігація [23]. Наявність оптико-електронних систем на борту УоБпЛА при цьому не вимагається. Похибка влучення в ціль визначається сумою похибок визначення координат розвідувальними засобами та бортовим навігаційним обладнанням УоБпЛА;

б) УоБпЛА обладнаний бортовими оптико-електронними системами. При цьому після прибуття у зону знаходження цілі він передає зображення на наземний пункт керування. По отриманому відео зовнішній пілот (оператор) УоБпЛА здійснює візуальний пошук і ідентифікацію цілі та виконує остаточне наведення УоБпЛА на ціль. В такому варіанті зовнішній пілот (оператор) УоБпЛА повинен вручну керувати УоБпЛА до останньої миті ураження цілі. Похибка влучення визначається сумою пілотажних навичок зовнішнього пілота (оператора), сукупністю льотно-пілотажних характеристик УоБпЛА та природно-кліматичними факторами (несподівані сильні пориви вітру, опади, туман, хмарність, освітленість).

Надзвичайно важливим є питання про прийняття остаточного рішення про завдання удару по цілі. Можливі варіанти:

- рішення про завдання удару приймається до старту УоБпЛА. Завдання удару по заданій цілі відбувається в автоматичному режимі. УоБпЛА у цьому випадку йде на ціль у режимі радіомовчання;

- рішення про завдання удару приймає командир екіпажу УоБпЛА при виявленні цілі та її ідентифікації. Для цього УоБпЛА повинен бути обладнаний бортовими оптико-електронними системами, відеоканалом та засобами двостороннього радіозв'язку. Пошук та ідентифікація цілі в режимі радіообміну порушує скритність, тому УоБпЛА може бути передчасно виявлений та атакований як засобами ППО так і засобами РЕБ противника;

- рішення про завдання удару по цілі приймається вищими командними інстанціями за донесеннями екіпажу УоБпЛА.

### Показники бойових можливостей УБпЛА

Бойові можливості УБпЛА є сукупністю (множиною) показників тих елементів, які входять до складу БпЛА, та тактичних показників

$$БМ = \{ЕК, БП, ЛА, ПК, ДЗ, ТП\}, \quad (1)$$

де: ЕК – бойові можливості екіпажу;

БП – бойові можливості боєприпасу;

ЛА – технічні/бойові можливості літального апарата;

ПК – технічні/бойові можливості наземного пункту керування;

ДЗ – технічні/бойові можливості допоміжних засобів (станція живлення, антени, т.п.);

ТП – тактичні показники.

**Бойові можливості екіпажу** у сукупності показників (1) є вирішальними, оскільки від кваліфікаційного рівня екіпажу залежать можливості реалізації технічних можливостей озброєння та військової техніки. Бойові можливості екіпажу визначаються двома групами факторів [24].

Перша група – це психофізіологічні якості членів екіпажу – рівень інтелекту, обсяг пам'яті, увага, фізична та емоційна витривалість, швидкість реакцій, комунікабельність, здатність до командної роботи, відповідальність, дисциплінованість, загальна стресостійкість, стійкість до бойового стресу тощо. Психофізіологічні якості дістаються людині від народження. Тому при відборі кандидатів для навчання за програмами підготовки операторів БпЛА необхідно проводити професійний психологічний відбір осіб із належним рівнем необхідних професійно важливих психофізіологічних якостей.

Друга група – це фактори, які є результатом навчання. Основу становлять обсяг і глибина знань зі спеціальності, які передбачені навчальними програмами підготовки операторів БпЛА. В подальшому провідну роль відіграють практичний та бойовий досвід членів екіпажу, злагоженість, натренованість тощо.

Важливу роль відіграє морально-психологічний стан та вмотивованість екіпажу на момент виконання бойового завдання. При цьому слід брати до уваги, що в умовах бойового стресу можливості збереження високого морально-психологічного стану значною мірою визначаються сукупністю психофізіологічних якостей комбатантів, а висока вмотивованість може бути результативною лише за умови наявності належного рівня фахової підготовки.

**Бойові можливості боєприпасу** характеризуються сукупністю технічних показників, основними з яких є: повна маса боєприпасу; габаритні розміри і форма боєприпасу; маса вибухової речовини та її тип (порох, динаміт, амоніал, тринітротолуол тощо); тип боєприпасу (фугасний, осколковий, кумулятивний, запалювальний); приведена зона ураження боєприпасу (її форма і розміри, в тому числі залежно від кута зіткнення боєприпасу з поверхнею).

**Технічні/бойові можливості літального апарата** складаються із сукупності бойових можливостей планера та бойових можливостей бортового обладнання.

**Технічні/бойові можливості планера:** маса планера літального апарата без цільового навантаження; габаритні розміри планера літального апарата; можливість розбирання планера на вузли для упаковки в транспортний контейнер; маса корисного навантаження; габаритні розміри корисного навантаження; повна злітна маса; крейсерська швидкість; максимальна швидкість; злітна швидкість; посадкова швидкість; швидкість звалювання; робочий діапазон висот польоту; максимальна висота польоту; швидкість набору заданої висоти (робочої, максимальної); дальність польоту з частковим навантаженням; дальність польоту з повним навантаженням; тривалість польоту на крейсерській швидкості з повним навантаженням; тривалість польоту на максимальній швидкості з повним навантаженням; природно-кліматичні показники (робочий діапазон температур атмосферного повітря; робочий діапазон відносної вологості атмосферного повітря; допустимі види атмосферних опадів та їх допустима інтенсивність; допустима швидкість сталого вітру; допустима швидкість поривів вітру).

**Технічні/бойові можливості бортового обладнання УБпЛА:** параметри оптико-електронної системи (фокусна відстань об'єктива камери; розмірність відеоматриці (в пікселях); геометричні розміри відеоматриці; спектр знімання (видимий, інфрачервоний); спосіб кріплення (нерухоме, рухоме – кількість осей повороту та кути повороту); маса і габарити відеокамери; тип управління (повністю ручне на всіх етапах польоту; повністю автоматичне на всіх етапах польоту; перемикання ручне/автоматичне за рішенням зовнішнього пілота); параметри систем радіозв'язку: дальність радіозв'язку з наземною станцією по каналах керування, телеметрії, відеоприйому; захищеність (кодованість) каналів радіозв'язку; загальна завадостійкість каналів зв'язку; наявність резервних та аварійних каналів радіозв'язку; швидкість передачі інформації (кілобіт/с) пакети даних; стійкість засобів зв'язку УБпЛА з наземною станцією управління від дії РЕБ; параметри системи наведення на ціль (ручне наведення зовнішнім пілотом по зображенню з відеоканалу; напівавтоматичне наведення на ціль, підсвічену лазером; автоматичний вихід на точку розміщення цілі за координатами від бортової навігаційної системи).

**Технічні/бойові можливості наземного пункту керування** характеризуються сукупністю таких факторів, як: тип виконання наземного пункту

керування (мобільний варіант для ручного та в'ючного транспортування; мобільний варіант на базі транспортного засобу); маса і габарити наземного пункту керування у транспортному положенні (для випадку ручного та в'ючного транспортування габаритні розміри не повинні перевищувати розмірів дверних прорізів та багажних відділень типових транспортних засобів); маса і габарити наземного пункту керування у робочому положенні; кількість робочих місць для членів зовнішнього екіпажу; укомплектованість робочих місць засобами мікроклімату (сонцезахисні засоби, вентиляція, опалення, клімат-контроль); розміри моніторів для відображення інформації; тип маніпулятора (джойстик, миша); дальність радіозв'язку з УБпЛА по каналах керування, телеметрії, відеоприйому; тип та параметри діаграми спрямованості антени.

**Технічні/бойові можливості допоміжних засобів (станція живлення, антени, т.п.)** – це група показників, до яких відносяться: маса і габарити станції автономного живлення; тривалість автономної роботи станції живлення; потужність, напруга, струм станції зарядки акумуляторних батарей; кількість зарядних позицій.

**Тактичні показники** – до основних тактичних показників відносяться: час розгортання БпАК; час підготовки УБпЛА до пуску (встановлення боеголовки, введення маршруту, установка на стартовий пристрій, інші підготовчі операції); максимально допустимий час на політ до зони розміщення цілі; допустимий час на виявлення та ідентифікацію цілі; допустимий час на маневрування для бойового заходу на атаку цілі; час підготовки до повторного пуску; час на захват цілі; час згортання (приведення у транспортне положення).

### **Взаємозв'язки основних параметрів технічних/бойових можливостей УБпАК**

Параметри бойових можливостей підрозділяються на дві групи:

- параметри, значення яких задаються директивно, - виходячи із планованих задач, тактики і способів застосування;

- параметри, значення яких можуть і повинні бути розраховані через задані значення директивних параметрів.

Із вищеперерахованих параметрів УБпЛА як складових УБпАК переважна більшість має директивний характер. Частина директивних параметрів взаємозв'язані між собою і задаються "положенням" УБпАК у фасетній класифікації. Відповідно такі параметри задають: тип УБпЛА; максимальна злітна маса УБпЛА; радіус дії УБпЛА; мінімально допустима дальність польоту УБпЛА. Ті параметри бойових можливостей, які не задані явно



“положенням” УБпАК у структурі фасетної класифікації, можуть бути оціночно розраховані, виходячи із параметрів, зазначених у розробленій фасетній класифікації.

Для оцінки додаткових можливостей в першу чергу виникає потреба у визначенні маси бойової частини, яку здатен нести БпЛА на необхідну відстань. Співвідношення між масою бойової частини та повною злітною масою БпЛА проілюстровано на рис. 3, побудованому за даними табл. 1.

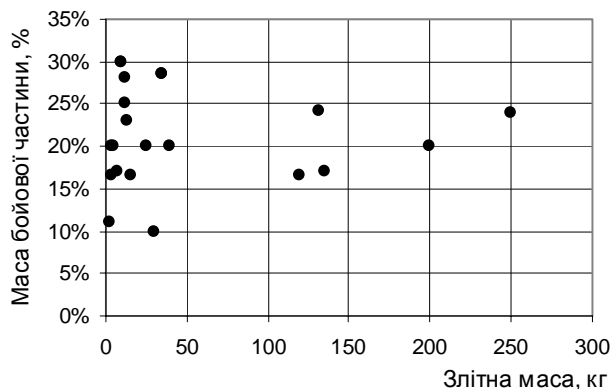


Рис. 3. Відносна маса бойової частини в залежності від злітної маси БпЛА (за даними табл. 1)

Із розгляду рис. 3 видно, що пряма однозначна залежність маси бойової частини від злітної маси УБпЛА відсутня, особливо велика розкиданість даних для малих УБпЛА зі злітною масою до 50 кг.

Для отримання більш чіткої статистичної залежності між масою бойової частини та злітною масою УБпЛА необхідно врахувати ряд додаткових факторів, основними з яких є тривалість польоту та швидкість польоту, від яких вирішальною мірою залежать витрати енергоресурсу на здійснення польоту (для УБпЛА з електроприводом мірою наявної кількості енергоресурсу виступає маса акумуляторної батареї, для УБпЛА з двигуном внутрішнього згорання – маса пального). Для врахування цих факторів доцільно ввести поняття “приведена маса бойової частини” та встановити статистичний характер залежності приведеної маси бойової частини від повної злітної маси УБпЛА.

Злітна маса УБпЛА складається з маси планера, маси цільового навантаження та маси акумуляторної батареї. При цьому чим більшою вимагається тривалість польоту, тим більшою повинна бути маса акумуляторної батареї і тим менша частка злітної маси залишається для цільового навантаження. Для врахування тривалості польоту розглянемо випадок, коли маса акумуляторної батареї та маса цільового навантаження близькі між собою

$$m_a \approx m_{\text{ц}} \approx m. \quad (2)$$

При збільшенні маси батареї на деяку величину  $\Delta m$  маса цільового навантаження зменшиться на таку ж величину  $\Delta m$ . При цьому сумарна маса акумуляторної батареї та цільового навантаження залишиться незмінною

$$\begin{aligned} (m_a + \Delta m) + (m_{\text{ц}} - \Delta m) &= \\ = m_a + m_{\text{ц}} &= 2 \cdot m = \text{Const}, \end{aligned} \quad (3)$$

Розглянемо добуток мас акумуляторної батареї та цільового навантаження

$$\begin{aligned} (m_a + \Delta m) \times (m_{\text{ц}} - \Delta m) &= \\ = (m + \Delta m) \times (m - \Delta m) &= m^2 + \Delta m^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Прийнемо, що  $\Delta m = \beta \cdot m$ , де  $\beta \ll 1$ .

В цьому випадку

$$m^2 + \Delta m^2 = m^2 + (\beta \cdot m)^2 = m^2 \times (1 + \beta^2). \quad (5)$$

Оскільки  $\beta \ll 1$ , то  $(1 + \beta^2) \approx 1$  і тоді

$$m^2 \times (1 + \beta^2) \approx m^2 \approx \text{Const}. \quad (6)$$

З врахуванням (2)

$$m^2 = m_a \times m_{\text{ц}} \approx \text{Const}. \quad (7)$$

Оскільки тривалість польоту пропорційна масі акумуляторної батареї, то (7) дозволяє нам замінити добуток двох мас добутком маси цільового навантаження на тривалість польоту УБпЛА

$$m_{\text{ц}} \times T \approx \text{Const}. \quad (8)$$

Під час польоту БпЛА потужність силової установки витрачається на подолання сили лобового опору. Величина сили лобового опору пропорційна добутку площі мідельного перетину БпЛА та квадрату швидкості польоту. Підйомна сила крила також зростає пропорційно квадрату швидкості польоту. Тому, при однакових злітних масах, більш швидкохідні літальні апарати мають менші площу і розмах крил, та, відповідно, менші площі мідельних перетинів. В результаті сукупної дії зазначених факторів при заданій масі енергоресурсу тривалість польоту приблизно обернено пропорційна квадрату крейсерської швидкості

$$T \sim \frac{1}{V^2}. \quad (9)$$

З врахуванням (8, 9) масу цільового навантаження можна привести до співставимих умов за рахунок врахування впливу тривалості і швидкості польоту БпЛА. Приведена маса цільового навантаження

$$m_{\text{пр}} = m_{\text{ц}} \times \frac{T}{V^2} \approx \text{Const}. \quad (10)$$

Графічний характер та регресійні рівняння залежності приведеної маси боєприпасу  $m_{\text{пр}}$  від злітної маси БпЛА (за даними табл. 1) наведено на рис. 4. Згідно з (10) наведена маса у системі одиниць SI має розмірність  $[\text{кг} \times \text{с}^3 / \text{м}^2]$ .

Із рис. 4 видно наявність тісної залежності між наведеною масою боеприпасу та злітною масою БпЛА. Але ця залежність має різний характер для різних діапазонів злітних мас БпЛА. При цьому чітко виділяється група БпЛА зі злітною масою до 40 кг (рис. 5).

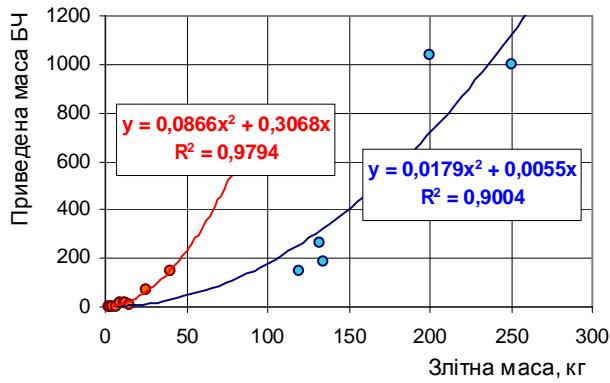


Рис. 4. Наведена маса бойової частини в залежності від маси УБпЛА за даними табл. 1

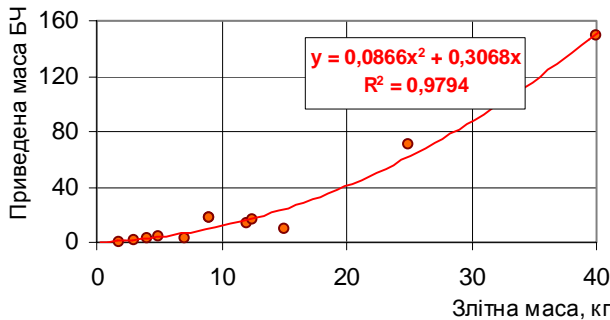


Рис. 5. Наведена маса бойової частини для УБпЛА зі злітною масою до 40 кг за даними табл. 1

Деяка розкиданість хмари точок відносно лінії тренду на рис. 4, рис. 5 пояснюється тим, що у табл. 1 внесені УБпЛА різних виробників, різних аеродинамічних схем, з різними типами силових установок (електричний двигун, поршневий двигун внутрішнього згоряння, роторно-поршневий двигун Ванкеля), дещо різного цільового призначення. При виведенні рівняння для приведеної маси цільового навантаження відкинуто з розгляду ряд факторів, врахування яких ускладнене та вимагає конкретизованого розгляду. Зокрема, недостатньо повно встановлений вид функціональної залежності тривалості польоту БпЛА від крейсерської швидкості. Також не враховано вплив форми аеродинамічного профілю та кута атаки на величину підйомної сили на крилі. Не взято до уваги і вплив параметрів хвостового оперення на аеродинамічний опір для різних аеродинамічних схем літальних апаратів.

Можна зазначити, що врахування перерахованих (та інших) факторів можна провести способом розділення переліку УБпЛА на декілька кластерів – за аеродинамічною формою, за типом силової

установки, за уточненим цільовим призначенням тощо (для цього вимагається аналіз значно ширшої бази даних, ніж наведена у табл. 1). Тоді буде можна отримати уточнені регресійні залежності для кожного кластеру.

## Методика формування параметрів технічних/бойових можливостей УБпЛА

Розглянемо, як можна застосувати фасеткову класифікацію УБпЛА для прогнозування сукупності параметрів бойових можливостей.

При відомому положенні УБпЛА в системі фасеткової класифікації стають відомими його максимальна злітна маса та бойовий радіус дії.

Крейсерська та максимальна швидкості польоту УБпЛА розраховуються, виходячи з тактичних вимог щодо термінів прибуття УБпЛА у зону розташування цілі. При цьому вважається, що відстань до цілі рівна бойовому радіусу дії УБпЛА.

Крейсерська швидкість розраховується для польоту за умов безвітряної погоди діленням бойового радіуса на допустимий за тактичними вимогами час польоту  $T_t$  до зони розміщення цілі

$$V_{кр} \geq \frac{R}{T_t} \quad (11)$$

Крейсерська швидкість повинна бути не менша за необхідну для стійкого польоту за аеродинамічними умовами.

Максимальна швидкість розраховується, виходячи з умов польоту до цілі проти сильного зустрічного вітру (швидкість вітру задається директивно). При цьому повинен бути забезпечений допустимий час польоту до зони розміщення цілі

$$V_{max} = V_{кр} + V_{вітру}^{max} \quad (12)$$

Необхідна паспортна тривалість польоту УБпЛА розраховується як сума часу на політ до цілі, часу на пошук та захват цілі, часу на ураження цілі, часу на повернення додому, резервного часу на непередбачені випадки

$$T = 2 \cdot T_t + T_{ПЗ} + T_{ВР} + T_{РЗ} \quad (13)$$

Знаючи повну злітну масу УБпЛА, крейсерську швидкість та тривалість польоту, стає можливим орієнтовно визначити наведену масу бойової частини за графіками й регресійними рівняннями із рис. 4, рис. 5 та перерахувати наведену масу у розрахункову масу бойової частини. Якщо можливість повернення УБпЛА на базу не передбачається, то можна збільшити масу бойової частини за рахунок зменшення маси бортового енергоресурсу.

За відомою розрахунковою масою бойової частини стає можливим підібрати групу боеприпасів, які буде здатний нести УБпЛА. Параметри та можливості боеприпасу (фугасний, кумулятивний тощо) остаточно визначатимуть ударні можливості УБпЛА.

Для визначення подальших параметрів УБпЛА вимагається його ескізне проектування, яке повинне виконуватись спеціалізованими організаціями. В ході ескізного проектування обирається спосіб розміщення бойового навантаження на УБпЛА та спосіб розміщення бортового обладнання у фюзеляжі УБпЛА. У випадку УБпЛА літакового типу обирається аеродинамічний профіль крила, розраховується підйомна сила на крилі при крейсерській та максимальній швидкостях польоту, вираховуються необхідні площа та розмах крила, коефіцієнт лобового опору УБпЛА, необхідна тяга гвинта та потужність двигуна. Після цього стає можливим розрахувати енергозатрати для польоту на задану відстань із заданою швидкістю та визначити потребу в енергоресурсах для його здійснення. Це дає можливість уточнити необхідну масу бортового запасу енергоресурсу. Наступним кроком ескізного проектування є визначення маси бортового обладнання та маси планера УБпЛА. Визначення цих мас дає можливість перевірити правильність визначення маси бойової частини.

Як правило, ескізне проектування приходиться виконувати за декілька ітерацій, в ході яких уточнюються масові, габаритні, компоновальні та інші показники УБпЛА, якими остаточно визначаються його технічні/бойові можливості.

## Висновки

Бойові можливості УБпЛА визначаються сукупністю показників, якими характеризуються тактико-технічні можливості техніки та кваліфікаційний рівень екіпажу.

У сукупності показників, якими визначаються бойові можливості УБпЛА, провідна роль належить професійно-психологічним якостям та кваліфікаційному рівню екіпажу, від яких в умовах бойового стресу вирішальною мірою залежить можливість реалізації бойових можливостей озброєння та військової техніки.

Бойові можливості літального апарата слід розглядати як складову частину тактико-технічних можливостей техніки. Бойові можливості літального апарата вирішальною мірою визначаються обмеженням його злітної маси в рамках прийнятої системи класифікації БпЛА.

Запропоновано фасетний принцип класифікації УБпЛА, при якому критеріями класифікації виступають злітна маса, принцип польоту, аеродинамічна схема, кількість застосувань, радіус дії тощо.

Маса бойової частини, яку здатен нести УБпЛА, функціонально залежить від ряду факторів, основними із яких є повна злітна маса, паспортна тривалість польоту та крейсерська швидкість.

Спираючись на базові положення аеродинаміки літальних апаратів літакового типу, статистичним

узагальненням отримана функціональна залежність маси бойової частини від злітної маси для УБпЛА злітною масою до 250 кг. Виявлено, що ця функціональна залежність має різні характеристики для УБпЛА масою до 40 кг та понад 40 кг.

Запропонована методика прогнозного розрахунку значень параметрів основних показників бойових можливостей УБпЛА, відштовхуючись від його положення у структурі фасеткової системи класифікації. Застосування методики дозволяє встановити взаємозв'язок між типами бойових задач та класами і типами літальних апаратів, придатних для їх вирішення.

## Список літератури

1. Животовський Р.М., Горобець Ю.О. Аналіз способів застосування безпілотних авіаційних комплексів. *Системи озброєння і військова техніка*. 2016. № 4(48). С. 16–21.10.
2. Соколовський В.В., Мудрик В.Г. Розвиток вітчизняних безпілотних літальних апаратів в умовах проведення антитерористичної операції на сході України. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2017. № 2(51). С. 81–84.
3. Кучеренко Ю.Ф., Науменко М.В., Кузнєцова М.Ю. Аналіз досвіду застосування безпілотних літальних апаратів та визначення напрямку їх подальшого розвитку при веденні мережецентричних операцій. *Системи озброєння і військова техніка*. 2018. № 1(53). С. 25–30
4. Шлапацький В.О., Камак Ю.О., Журахов В.А., Геращенко М.М. Перспективи застосування ударних безпілотних авіаційних комплексів в Збройних Силах України. *Системи озброєння і військова техніка*. 2015. № 2 (42). С. 49–55.
5. Simon Ings. The power of drones. The Drone Age: How drone technology will change war and peace by Michael J. Boyle, Oxford University Press. Simon Ings. *New Scientist Limited*. 2020. Volume 248, Issue 3302. pp. 33. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0262-4079\(20\)31756-5](https://doi.org/10.1016/S0262-4079(20)31756-5)
6. Павленко М.А., Тіхонов І.М., Нікіфоров І.А. БПЛА у Збройних Силах України та їх використання в операції об'єднаних сил. *Оборонний вісник*. 2021. № 8. С. 20–21.
7. David Hambling. Swarm of drones attacks airbase. *New Scientist Limited*. 2018. Volume 237, Issue 3161. pp. 12. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0262-4079\(18\)30110-6](https://doi.org/10.1016/S0262-4079(18)30110-6)
8. Michael J. Boyle. The Race for Drones. *New Scientist Limited*. 2015. Volume 59, Issue 1. pp. 76–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.orbis.2014.11.007>
9. Jian Wang, Rui Jia, Jing Liang, Chen She, Yi-Peng Xu. Evaluation of a small drone performance using fuel cell and battery; Constraint and mission analyzes. *Energy Reports*. 2021. Volume 7, Issue 1. pp. 9108–9121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.11.225>
10. Mahmoud Hussein, Réda Nouacer, Federico Corradi, Yassine Ouhammou, Eugenio Villar, Carlo Tieri, Rodrigo Castañeira. Key technologies for safe and autonomous drones. *Microprocessors and Microsystems*. 2021. Volume 87. pp. 104348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2021.104348>

11. ATP-3.3.7 – NATO STANAG 4670 (Edition 3) Guidance for the Training of Unmanned Aircraft Systems (UAS) Operators. *NATO Standardization Agency*, 2014.
12. <https://www.iai.co.il/p/harpy>
13. <https://www.wbgroup.pl/en/produkt/warmate-loitering-munitions/>
14. <https://zala-aero.com/>
15. <https://uvisionuav.com/products/#>
16. <https://robotrends.ru/robopedia/cl-901>
17. [https://en.wikipedia.org/wiki/CASC\\_CH-901](https://en.wikipedia.org/wiki/CASC_CH-901)
18. [https://en.wikipedia.org/wiki/IAI\\_Green\\_Dragon](https://en.wikipedia.org/wiki/IAI_Green_Dragon)
19. [https://en.wikipedia.org/wiki/IAI\\_Harop](https://en.wikipedia.org/wiki/IAI_Harop)
20. [https://en.wikipedia.org/wiki/IAI\\_Harpy](https://en.wikipedia.org/wiki/IAI_Harpy)
21. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Korsar\\_\(dron\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Korsar_(dron))
22. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Буревестник\\_МБ](https://ru.wikipedia.org/wiki/Буревестник_МБ)
23. Шпилька О.О., Мирончук О.Ю., Ткач А.О., Оверчук С.П., Катюха В.О., Мирончук Ю.А. Застосування бортових радіопеленгаційних засобів у навігаційних системах малих безпілотних літальних апаратів. *Військово-технічний збірник*. 2016. № 15. С. 48–53. DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.15.2016.48-53>
24. Розроблення критеріїв оцінювання ступеню придатності операторів безпілотних авіаційних комплексів до роботи за фахом за психофізіологічними характеристиками [Текст] : Звіт з НДР шифр «Медексперт-2» (заключний). Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова (ЖВІ); кер. Перегуда О.М., викон. Мирончук Ю.А. [та ін.]. Ж., 2022. 88 с. № ДР 0121U111816, інв. № 250.

## References

1. Zhivotovsky R.M. and Horobets Yu.O. (2016), “Analiz sposobiv zastosovan-nya bezpilotnykh aviatsiynykh kompleksiv” [Analysis of methods of application of unmanned aircraft complexes]. *Armament systems and military equipment*. № 4(48). pp. 16–21. [in Ukrainian].
2. Sokolovsky V.V. and Mudryk V.G. (2017), “Rozvytok vitchyznyanykh bezpi-lotnykh lital'nykh aparativ v umovakh provedennya antyte-rorystychnoyi operatsiyi na skhodi Ukrainy” [The development of domestic unmanned aerial vehicles in the conditions of an anti-terrorist operation in the east of Ukraine]. *Collection of Scientific Papers of the Kharkiv National University of the Air Force*. № 2 (51). pp. 81–84. [in Ukrainian].
3. Kucherenko Yu.F., Naumenko M.V. and Kuznetsova M.Yu. (2018), “Analiz dosvidu zastosuvannya bezpilotnykh lital'nykh aparativ ta vyznachennya napryamku yikh podal'shoho rozvytku pry vedenni merezhentsychnykh operatsiy” [Analysis of the experience of using unmanned aerial vehicles and determining the direction of their further development in conducting network-centric operations]. *Armament systems and military equipment*. № 1(53). pp. 25–30. [in Ukrainian].
4. Shlapatsky V.O., Kamak Yu.O., Zhurakhov V.A. and Gerashchenko M.M. (2015), “Perspektyvy zastosuvannya udarnykh bezpilotnykh aviatsiynykh kompleksiv v Zbroynykh Sylakh Ukrainy” [Prospects for the use of strike unmanned aircraft systems in the Armed Forces of Ukraine]. *Weapon systems and military equipment*. № 2 (42). pp. 49–55. [in Ukrainian].
5. Simon Ings. (2020), The power of drones. The Drone Age: How drone technology will change war and peace by Michael J. Boyle, Oxford University Press. Simon Ings. *New Scientist Limited*. Volume 248, Issue 3302. pp. 33. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0262-4079\(20\)31756-5](https://doi.org/10.1016/S0262-4079(20)31756-5)

6. Pavlenko M.A., Tikhonov I.M. and Nikiforov I.A. (2021), “BPLA u Zbroynykh Sylakh Ukrainy ta yikh vykorystannya v operatsiyi ob'yednanykh syl” [UAVs in the Armed Forces of Ukraine and their use in joint forces operations]. *Defense Bulletin*. No. 8. pp. 20–21. [in Ukrainian].
7. Hambling David. (2018), Swarm of drones attacks airbase. *New Scientist Limited*. Volume 237, Issue 3161. pp. 12. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0262-4079\(18\)30110-6](https://doi.org/10.1016/S0262-4079(18)30110-6)
8. Michael J. Boyle. (2015), The Race for Drones. *New Scientist Limited*. Volume 59, Issue 1. pp. 76–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.orbis.2014.11.007>
9. Jian Wang, Rui Jia, Jing Liang, Chen She and Yi-Peng Xu. (2021), Evaluation of a small drone performance using fuel cell and battery; Constraint and mission analyzes. *Energy Reports*. Volume 7, Issue 1. pp. 9108–9121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.11.225>
10. Mahmoud Hussein, Réda Nouacer, Federico Corradi, Yassine Ouhammou, Eugenio Villar, Carlo Tieri and Rodrigo Castiñeira. (2021), Key technologies for safe and autonomous drones. *Microprocessors and Microsystems*. Volume 87. pp. 104348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2021.104348>
11. (2014), ATP-3.3.7 – NATO STANAG 4670 (Edition 3) Guidance for the Training of Unmanned Aircraft Systems (UAS) Operators. *NATO Standardization Agency*.
12. <https://www.iai.co.il/p/harpy>
13. <https://www.wbgroup.pl/en/produkt/warmate-loitering-munitions/>
14. <https://zala-aero.com/>
15. <https://uvisionuav.com/products/#>
16. <https://robotrends.ru/robopedia/cl-901>
17. [https://en.wikipedia.org/wiki/CASC\\_CH-901](https://en.wikipedia.org/wiki/CASC_CH-901)
18. [https://en.wikipedia.org/wiki/IAI\\_Green\\_Dragon](https://en.wikipedia.org/wiki/IAI_Green_Dragon)
19. [https://en.wikipedia.org/wiki/IAI\\_Harop](https://en.wikipedia.org/wiki/IAI_Harop)
20. [https://en.wikipedia.org/wiki/IAI\\_Harpy](https://en.wikipedia.org/wiki/IAI_Harpy)
21. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Korsar\\_\(dron\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Korsar_(dron))
22. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Буревестник\\_МБ](https://ru.wikipedia.org/wiki/Буревестник_МБ)
23. Shpylka O.O., Myronchuk O.Yu., Tkach A.O., Overchuk S.P., Katyukha V.O. and Myronchuk Yu.A. (2016), “Zastosuvannya bortovykh radiopelenhatsiynykh zasobiv u navihatsiynykh systemakh malykh bezpilotnykh lital'nykh aparativ” [Application of on-board radio direction finding tools in navigation systems of small unmanned aerial vehicles]. *Military technical collection*. № 15. pp. 48–53. DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.15.2016.48-53> [in Ukrainian].
24. (2022), “Rozroblennya kryteriyiv otsinyuvannya stupenyu pry-datnosti operatoriv bezpilotnykh aviatsiynykh kompleksiv do roboty za fakhom za psykhofiziolo-hichnymy kharakterys-tykamy [Текст] : Zvit z NDR shyfr «Медексперт-2» (zaklyuchnyy)” [Development of criteria for assessing the degree of suitability of operators of unmanned aircraft complexes to work by profession according to psychophysiological characteristics [Text] : Report from the Scientific Research Work cipher “Medexpert-2” (final) Zhytomyr Military Institute named after S.P. Korolev (ZhVI); driver Pereguda O.M., executor. Myronchuk Yu.A. and others]. Zhytomyr. 88 p. № DR 0121U111816, Inv. № 250. [in Ukrainian].

**FORMATION THE SET OF COMBAT CAPABILITIES PARAMETERS OF THE STRIKE UNMANNED FLIGHT APPARATUS BASED ON A FACETED CLASSIFICATION SYSTEM**

M. Nekhin, L. Kanevskiy, Yu. Myronchuk

One of the main approaches to improving the strategy and tactics of the use of strike unmanned aircraft systems is the creation of a methodology for the formation of requirements for their combat capabilities in accordance with the place of the aircraft in the accepted classification system. Today, there are several classification systems for unmanned aircraft systems according to different principles. These classification systems complement each other, but none of them provides full coverage of the set of parameters that characterize an unmanned aircraft complex. There is an urgent need to combine various systems and principles of classification into a single organized system that covers all types and classes of unmanned aerial vehicles. The facet system makes it possible to delineate the boundaries of the requirements for the combat capabilities of unmanned aerial vehicles depending on their position in the classification system.

The article provides a list and content of parameters of the combat capabilities of strike unmanned aerial systems and briefly considers the interrelationships between them. It is shown that the mass of the combat unit, which the aircraft is capable of carrying, is the basic criterion in the set of combat capabilities. This mass functionally depends on a number of factors, the main of which are the gross take-off weight, the passport duration of the flight and the cruising speed of the aircraft. The nature of this dependence was established on the basis of a statistical analysis of the combat and tactical-technical indicators of attack unmanned aerial vehicles weighing up to 250 kg, which are in service with a number of countries of the world.

A method of forecasting the values of the parameters of the combat capabilities of strike unmanned aerial vehicles is proposed, depending on their place in the faceted classification system. The application of the method makes it possible to establish a relationship between the types of combat tasks and the types of aircraft suitable for solving them.

**Keywords:** unmanned aircraft systems, attack unmanned aerial vehicles, classification of unmanned aerial vehicles, combat capabilities of unmanned aircraft systems.

УДК 623.546

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.28.2023.99-106>

П.П. Ткачук, Л.Д. Величко, М.І. Войтович, М.І. Сорокатий

*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів**Article history:* Received 13 March 2023; Revised 17 March 2023; Accepted 31 March 2023**ВПЛИВ ТАНГЕНЦІАЛЬНОЇ І НОРМАЛЬНОЇ СКЛАДОВИХ ШВИДКОСТІ ВІТРУ НА ДАЛЬНІСТЬ ЛЕТУ СНАРЯДА**

На основі запропонованої авторами математичної моделі визначення сили лобового опору повітря рухові снаряда досліджується вплив супутнього (зустрічного) вітру на його дальність лету. Оскільки характер поведінки сили лобового опору повітря суттєво залежить від того, швидкість снаряда надзвукова, підзвукова чи дозвукова, то функціональну залежність сили лобового опору повітря від швидкості описують окремо для кожної зокрема. Значення характерних коефіцієнтів функціональних залежностей визначають використовуючи, результати полігонних досліджень, які наведені в Таблицях стрільб.

У роботах інших авторів величини зміщень дальності лету снаряда внаслідок дії супутнього (зустрічного) вітру визначали, використовуючи певні залежності. Величини поправних коефіцієнтів та коефіцієнта сили опору визначали експериментально з певною точністю. Окрім того, не враховувався тиск вітру на бічну поверхню снаряда та вплив швидкості вітру на швидкість звуку в повітрі, остання залежить від напрямку руху снаряда в просторі.

У роботі розглядається вплив тангенціальної і нормальної складових супутнього (зустрічного) вітру стосовно траєкторії руху снаряда, на його динаміку. Також враховується вплив швидкості вітру на швидкість звуку в повітрі.

Отримані теоретичні результати дозволяють стверджувати, що нормальна складова вітру суттєво впливає на дальність лету снаряда, якщо його траєкторія руху є випуклою.