НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ІМЕНІ ІВАНА ЧЕРНЯХОВСЬКОГО
ІНСТИТУТ АВІАЦІЇ ТА ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

ВИПУСК №1 (7) 2020

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ КАФЕДРИ АВІАЦІЇ

КИЇВ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ОБОРОНИ УКРАЇНИ

імені Івана Черняховського

ІНСТИТУТ АВІАЦІЇ ТА ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

ВИПУСК 1(7) 2020

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ КАФЕДРИ АВІАЦІЇ

м. Київ

Збірник наукових праць кафедри авіації / Під загальною редакцією Коротіна С.М. // – Київ: НУОУ. – № 1(7), 2020.– 90 с.

Збірник наукових праць присвячений питанням: бойового застосування пілотованої та безпілотної авіації; інженерно-авіаційного та ракетно-технічного забезпечення авіації; організації бойової підготовки військових частин авіації; безпеки польотів, а також всебічного забезпечення польотів державної авіації України.

Збірник наукових праць має тематичну спрямованість за напрямами:

1. Ефективність бойового застосування пілотованої та безпілотної авіації.
2. Завдання, форми та способи, тактичні прийоми спільного бойового застосування пілотованої та безпілотної авіації.
3. Система управління змішаної різнорідної групи пілотованої та безпілотної авіації.
4. Безпека спільних польотів пілотованої та безпілотної авіації.
5. Всебічне забезпечення спільного бойового застосування пілотованої та безпілотної авіації, в тому числі:
   - інженерно-авіаційне забезпечення;
   - ракетно-технічне забезпечення;
   - інженерно-аеродромне та аеродромно-технічне забезпечення;
   - логістичне забезпечення.
6. Напрями організації спільної бойової підготовки фахівців пілотованої та безпілотної авіації.
7. Існуючі та перспективні загрози для змішаного бойового авіаційного комплексу.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова:	КОРОТІН С.М., к. т. н., доцент
Заступник голови:	МАРТИНЮК О.Р., к. т. н.
Члени оргкомітету:	РАДЬКО О.В., к. т. н., доцент, с.н.с. КОРОВІН І. П., к. т. н., доцент ГЕРАСИМЕНКО В.В., к. військ. н. КОЦЮРУБА А.В. ТКАЧЕНКО А.В. КОВБА О.П. ТИТАРЕНКО О.І. БЛИСКУН О.Є. ГОНЧАРЕНКО Є.В. БАБЕНКО Р.В. КОЛОМІЄЦЬ Ю.М.
Відповідальний за випуск	ЯРОШЕНКО Я.В.

☎ 21-093, 21-563

Затверджено протоколом засідання кафедри авіації
№ 15 від 23 грудня 2020 року
Відповідальність за зміст поданих матеріалів несуть автори

ЗМІСТ

І. Бойове застосування та управління діями авіації	**І-1**
Аналіз застосування авіації Державної прикордонної служби України під час проведення антитерористичної операції та операції об'єднаних сил. ***Олег Васильович Шокодько***	**І-1**
Аналіз особливостей застосування безпілотних літальних апаратів Збройних Сил Російської Федерації різних класів для виконання типових завдань. ***Ольга Анатоліївна Василенко, В'ячеслав Володимирович Єрко, Ігор Іванович Шовкошитний***	**І-5**
Аналіз тактико-технічних характеристик і бойових можливостей існуючих та перспективних зразків безпілотних авіаційних комплексів Повітряних Сил Збройних Сил України. ***Василь Васильович Калетнік, Ярослав Олексійович Кисильов, Олександр Васильович Купрієнко, Роман Сергійович Бабенко***	**І-13**
Досвід спільного застосування пілотованої і безпілотної авіації в збройних конфліктах сучасності. ***Ольга Анатоліївна Василенко, В'ячеслав Володимирович Єрко, Василь Борисович Міщенко***	**І-28**
Оптимізація методів оперативних розрахунків ефективності застосування авіаційних засобів ураження. ***Віталій Олександрович Сальний***	**І-36**
Особливості управління екіпажами бомбардувальної авіації під час ураження наземних (морських) обєктів противника в оборонній операції ОУВ. ***Олександр Вікторович Гричина, Дмитро Олександрович Куліков, Аріф Мусеібович Гараєв***	**І-41**
Особливості управління екіпажами та підрозділами винищувальної авіації під час прикриття важливих державних об'єктів в оборонній операції оперативного угрупування військ (сил). ***Андрій Вячеславович Килимник***	**І-47**
ІІ. Інженерно-авіаційне забезпечення	**ІІ-1**
Актуальні проблеми проведення капітального ремонту та модернізації вертольотів армійської авіації в умовах ведення гібридної війни. ***Андрій Вікторович Борщ, Дмитро Сергійович Ряснов***	**ІІ-1**
Аналіз можливостей програмних засобів імітаційного моделювання адекватного відображення реальних фактичних дій органів розвідки. ***Геннадій Миколайович Тимчук, Дмитро Григорович Ковбаса***	**ІІ-7**
Аналіз системи управління надійністю парку бойової авіаційної техніки авіації Збройних Сил України. ***Роман Сергійович Бабенко, Андрій Михайлович Климчук***	**ІІ-12**
Аналіз спроможностей оборонно-промислового комплексу України щодо проведення модернізації вертольотів типу Ми-8. ***Олександр Миколайович Закутько, Андрій Вікторович Борщ***	**ІІ-16**

Аналіз структури тактичного безпілотного літального апарату та його складових елементів (з урахуванням досвіду АТО та ООС). ***Андрій Степанович Коваленко, Володимир Андрійович Чекмарьов***	**ІІ-20**
Ведення бойових дій за допомогою безпілотних авіаційних комплексів. технічний аспект. ***Геннадій Миколайович Тимчук, Дмитро Григорович Ковбаса***	**ІІ-25**
До питання завадозахищеності каналів управління безпілотних авіаційних комплексів в умовах завадової обстановки. ***Вадим Геннадійович Козлов, Андрій Леонідович Зірка***	**ІІ-29**
Застосування стратегії MSG-3 для швидкого відновлення авіаційної техніки в особливий період в умовах авіаремонтного підприємства. ***Дмитро Сергійович Ряснов***	**ІІ-33**
Методика експрес-оцінювання полігонних нарядів літальних апаратів. ***Микола Володимирович Бивалькевич***	**ІІ-41**
Метод скорочення обсягів відеоданих аерофотознімків із заданою якістю достовірності для підвищення оперативності доставки інформації з борту безпілотного літального апарату. ***Володимир Миколайович Кривонос***	**ІІ-48**
Обґрунтування переліку показників порівняльної оцінки БпАК. ***Вадим Геннадійович Козлов***	**ІІ-59**
Оцінювання показників надійності складових тактичного безпілотного літального апарату та їх впливу на інтегральну надійність літального апарату в цілому. ***Андрій Степанович Коваленко***	**ІІ-68**
Формування методичних підходів до вибору критеріїв створення запасів авіаційних засобів ураження. ***Віталій Олександрович Сальний***	**ІІ-73**
Зразок оформлення наукової статті	**135**

Шокодько Олег Васильович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ АВІАЦІЇ ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ АНТИТЕРОРИСТИЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ТА ОПЕРАЦІЇ ОБ'ЄДНАНИХ СИЛ

У статті здійснено аналіз участі органів (підрозділів) охорони державного кордону Державної прикордонної служби України в антитерористичній операції на тимчасово окупованій території України. Під час проведеного аналізу визначено основні завдання авіації Державної прикордонної служби України, які покладались на них у зоні проведення антитерористичної операції та вздовж лінії розмежування з тимчасово окупованою територією Автономної Республіки Крим..

Ключові слова: *охорона державного кордону, антитерористична операція, тимчасово окупована територія України, авіація Державної прикордонної служби України, аналіз досвіду застосування.*

Постановка проблеми. Унаслідок різкого ускладнення соціально-політичної ситуації на ділянці південно східного кордону, яка переросла у збройний конфлікт із активним застосуванням різних форм та способів ведення збройної боротьби, Україна опинилася перед загрозою порушення територіальної цілісності шляхом відмежування значної площі державної території.

З метою реалізації завдань щодо посилення захищеності державних кордонів від загрози проникнення на територію України незаконних збройних формувань та диверсійно-розвідувальних груп виникла необхідність вивчення досвіду, отриманого прикордонними органами (підрозділами) під час бойових дій у зоні проведення антитерористичної операції та виконання ними завдань вздовж лінії розмежування з тимчасово окупованою територією Автономної Республіки Крим, у тому числі й застосування відомчої авіації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наявних матеріалів, які розглядали досвід діяльності органів (підрозділів) Державної прикордонної служби України у проведенні антитерористичної операції [1;4;5;6] свідчить, про відсутність даних щодо результатів застосування авіації Державної прикордонної служби України.

Метою статті є аналіз виконання завдань авіацією Державної прикордонної служби України, які покладались на неї у зоні проведення антитерористичної операції та вздовж лінії розмежування з тимчасово окупованою територією Автономної Республіки Крим.

У результаті аналізу джерел виділяються раніше невирішені частини загальної проблеми, яким присвячена стаття.

Викладення основного матеріалу дослідження. Під час проведення антитерористичної операції прикордонні підрозділи вели активні дії щодо утримання та поновлення системи охорони державного кордону, знищення незаконних збройних формувань та диверсійно-розвідувальних груп у контрольованих прикордонних районах. При цьому, основні зусилля зосереджувалися на обороні органів (підрозділів) охорони державного кордону, пунктів пропуску через державний кордон та загрозливих напрямів поза межами пунктів пропуску.

Для перешкоджання органам (підрозділам) Державної прикордонної служби України здійснювати свої функції з охорони та оборони державного кордону незаконні збройні формування активно використовували такі способи: улаштування збройних провокацій та демонстрацій поблизу лінії держаного кордону України за участю місцевого населення, іноземних громадян та іноземних військових підрозділів; блокування та збройні напади на органи та підрозділи охорони державного кордону; мінометно-артилерійські обстріли пунктів

пропуску, укріплених позицій та таборів прикордонних підрозділів поблизу державного кордону; мінування ділянок місцевості поблизу прикордонних підрозділів та лінії державного кордону; масштабні бойові дії з використанням мінометно-артилерійської зброї, важкої бронетехніки та засобів повітряної розвідки; облаштування блокпостів та опорних пунктів з бронетехнікою та груповою зброєю на автошляхах з метою їх контролю та унеможливлення оперативного пересування прикордонних мобільних резервів та підрозділів ЗСУ.

Довідково: протягом 2014 року артилерійським обстрілам та нападам піддавалися пункти пропуску "Должанський", "Юганівка", "Ізварине", "Красна Талівка", "Червонопартизанськ"; "Маринівка"; "Успенка", "Бірюкове" та ін., управління Луганського прикордонного загону, відділи прикордонної служби "Станично-Луганське", "Дякове", "Мілове", "Амвросіївка", а також позиції прикордонників уздовж державного кордону у Луганській та Донецькій областях. 8 березня 2014 року під час виконання повітряного моніторингу державного кордону в районі н.п. Армянськ зафіксовано обстріл літака Державної прикордонної служби України [1].

Основними способами охорони (оборони) були: виставлення посилених блокпостів; облаштування опорних пунктів з бронетехнікою та груповою зброєю; засідки; розвідувально-пошукові та бойові дії у межах контрольованих прикордонних районів зі знищення незаконних збройних формувань та диверсійно-терористичних (розвідувальних) груп.

Для адекватного реагування на збройні загрози незаконних збройних формувань та диверсійно-розвідувальних груп органи (підрозділи) Державної прикордонної служби України здійснили перехід від охорони до оборони державного кордону та місць постійної дислокації у зоні проведення антитерористичної операції.

На авіацію Державної прикордонної служби України покладалися наступні завдання:

1. Забезпечення дій підрозділів охорони державного кордону, сил Морської охорони щодо недопущення проникнення на територію України диверсійно-розвідувальних груп, незаконних збройних формувань та засобів терору;

2. Повітряний моніторинг державного кордону, виключної (морської) економічної зони, територіального моря України, української частини вод Азовського мор, тимчасово неконтрольної ділянки державного кордону та смуги безпеки вздовж лінії розмежування патрульними літаками, вертольотами та безпілотними авіаційними комплексами;

3. Здійснення транспортних (санітарних) перевезень в інтересах забезпечення дій підрозділів, у першу чергу тих, що виконують завдання в смузі безпеки вздовж лінії розмежування.

На початку 2014 року на озброєнні авіації Державної прикордонної служби України знаходились:

літаки: DA 42 M-NG, DA 42 NG, DA 40 NG;

вертольоти: Ми-8Т, Ми-8 МТ, Ми-9.

Основні аеродроми базування:

Харківська окрема авіаційна ескадрилья - м.м. Харків, Київ;

Одеська окрема авіаційна ескадрилья - м. Одеса.

Оперативні аеродроми під час проведення антитерористичної операції та операції об'єднаних сил: м.м. Дніпропетровськ, Запоріжжя, Мелітополь, Краматорськ.

Результати оперативно-службової діяльності авіації Державної прикордонної служби України під час проведення антитерористичної операції та операції об'єднаних сил.

Таблиця 1. – Результати діяльності авіації державної прикордонної служби України

Результати діяльності	За 2014 рік	За 2015 рік	За 2016 рік	За 2017 рік	За 2018 рік	За 2019 рік	За весь період
Наліт							
Кількість польотів	126	17	7	9	20	20	199
В зону проведення АТО/ООС год./хв.	336 год. 50 хв.	52 год. 30 хв.	34 год. 28 хв.	31 год. 00 хв.	41 год. 50 хв.	39 год. 44 хв.	536 год. 22хв.
Перевезено							
Пасажирів	62 чол.	3 чол.	0 чол.	3 чол.	21 чол.	38 чол.	127 чол.
Поранених / хворих	197/ 12 чол.	37/ 2 чол.	3/ 0 чол.	0/11 чол.	1/ 1 чол.	0 чол.	238/27 чол.
Прикордонних нарядів / ОГ	0/11 чол.	0	0	0	0	0	0/11 чол.
Вантажів	3380 кг.	100 кг.	0 кг.	0	450 кг.	0	3 930 кг.
Виконано моніторинг щодо висвітлення обстановки на							
Кордоні, км	52 373 км	44 956 км	48 123 км	41 380 км	38 040 км	49 800 км	274 672 км
Територіальному морі	43 500 км^2	37 028 км^2	34 500 км^2	30 240 км^2	42 400 км^2	46 800 км2	234 468 км2
Прилеглій та виключно (морській) економічній зонах	62 500 км^2	24 028 км^2	4 540 км^2	4 240 км^2	2 400 км^2	2 800 км2	100 508 км2

Позитивні досягнення при виконанні поставлених завдань:

відсутність втрат авіаційної техніки та авіаційного персоналу;

евакуйовано та доставлено до шпиталів понад 200 військовослужбовців;

зібрано, оброблено та надано встановленим порядком значну кількість фото-відео матеріалів моніторингу обстановки вздовж лінії розмежування з тимчасово окупованою територією.

Недоліки при плануванні та застосуванні авіації:

відсутність узгодженого централізованого планування військ (сил) та органів для вирішення спільних і самостійних (відомчих) завдань;

відсутність єдиних (об'єднаних) систем управління та взаємодії ЗСУ, НГУ, ДПСУ, СБУ та інших військ і органів при проведенні спеціальної (антитерористичної) операції;

роз'єднаність інфраструктури військової організації держави;

кількість та місця базування окремих авіаційних підрозділів Державної прикордонної служби України, у порівнянні з протяжністю державного кордону, значно зменшує час оперативного реагування на зміни в обстановці (час підльоту з базових аеродромів складає 2-3 години, низький процент перевезення прикордонних нарядів та оперативних груп).

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, у статті зроблено аналіз участі органів (підрозділів) охорони державного кордону та авіації Державної прикордонної служби України під час проведення антитерористичної операції. Визначено основні завдання, що покладаються в умовах особливого періоду. З урахуванням досвіду, що був отриманий під час дій у зоні проведення антитерористичної операції України, та з

метою посилення захищеності державних кордонів від загрози проникнення на територію незаконних збройних формувань та диверсійно-розвідувальних груп, актуальним до вивчення стає питанням розбудови й розосередження вздовж державного кордону України авіаційних підрозділів окремого базування. Ціль – підвищити оперативність та забезпечити своєчасність реагування органів (підрозділів) охорони державного кордону на зміни в обстановці на державному кордоні, як в стабілізаційний так і в особливий період.

Список використаних джерел

1. Практичний досвід у зоні проведення антитерористичної операції : збірка статей. – Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2016.
2. Серватюк В. М. Окремі підходи щодо оцінювання діяльності підрозділів охорони державного кордону / В. М. Серватюк, К. В. Мостова, І. В. Кукін // Збірник наукових праць. – Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2013. – № 2 (60). – С. 192–202.
3. Суботін В. О. Забезпечення прикордонної безпеки України в умовах сучасного збройного конфлікту / В. О. Суботін, О. В. Ананьїн // Науковий вісник Державної прикордонної служби : науково-практичний альманах. – Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2014. – № 3. – С. 3–11.
4. Русаков В. М. Деякі висновки з аналізу подій першого півріччя 2014 року й уроки, які необхідно врахувати у розбудові національної безпеки держави / В. М. Русаков // Науковий вісник Державної прикордонної служби : науково-практичний альманах. – Хмельницький: Вид-во НАДПСУ, 2014. – № 3. – С. 21–30.
5. Методологічні засади обґрунтування складу угруповання військ (сил) для відбиття агресії. Воєнно-теоретична праця :НУОУ, 2013 – 368 с.
6. Розробка методологічних основ організації функціонування системи забезпечення воєнної безпеки України у мирний та воєнний час. [Текст]: звіт про НДР “Безпека-В” (робочі матеріали). – Етап 4: Методичний підхід до прогнозу напрямів розвитку технічного оснащення Збройних Сил України на період довгострокового прогнозування / ЦНДІ ЗС України; відп. викон. В. П. Дідіченко; викон. І. Ю. Свида [та інші]. – К., 2013. – 108 с.
7. Телелим В. М. Досвід створення та застосування угруповань військ (сил) у локальних війнах і збройних конфліктах другої половіни XX-початку XXI століття. монографія [Текст] /К.: НУОУ, 2012. – 336 с.
8. Інтернет посилання обстрілу літака Державної прикордонної служби України в районі н.п. Армянськ: https://youtu.be/pzJ3TSpwX7M.

***Шовкошитний Ігор Іванович** (канд. військ .наук., с.н.с.) [1]*
***Василенко Ольга Анатоліївна*[2]**
***Єрко В'ячеслав Володимирович*[2]**

[1]Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ
[2]Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ РІЗНИХ КЛАСІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ТИПОВИХ ЗАВДАНЬ

У статті на основі аналізу сучасного бойового досвіду та особливостей застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) збройних сил Російської Федерації проведено аналіз їх типових завдань, зокрема, з ведення розвідки, коригування вогню, нанесення ударів та радіоелектронної боротьби.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Аналіз досвіду сучасних війн і збройних конфліктів свідчить про стрімке зростання ролі БпЛА, сфери застосування яких, починаючи з другої половини XX сторіччя, значно розширились. Новітні безпілотні авіаційні системи стали невід'ємним елементом розвідувальних і розвідувально-ударних систем у війнах нинішнього покоління, однією з характерних рис якого вважається ведення безконтактних бойових дій з отриманням у реальному часі розвідувальної інформації про цілі та миттєвого завдання по них ударів. Використання БпЛА дозволило суттєво знизити втрати живої сили і техніки під час вирішення бойових завдань і одночасно суттєво підвищити ефективність застосування високоточних та звичайних засобів ураження. Зазначене підтверджується, зокрема новітнім досвідом бойових дій на сході України та в Сирії. Найбільшого досвіду в застосуванні БпЛА набули країни, які фактично є передовими у військово-технічному відношенні (зокрема, Сполучені Штати Америки, Ізраїль, Російська Федерація (РФ), Туреччина, Франція та інші), які брали активну участь у збройних конфліктах на Близькому Сході, Північній Африці, Північному Кавказі. Крім того, в сучасних умовах зростає загроза безконтрольного поширення застосування БпЛА легкого класу, які можуть використовуватись з метою здійснення терористичних актів на важливих державних і військових об'єктах.

За результатами аналізу проведення антитерористичної операції (АТО) та Операції об'єднаних сил (ООС) на території Донецької та Луганської областей встановлено, що противник застосовує безпілотні авіаційні комплекси (БпАК) різних класів та типів (мікро, поля бою, тактичних, оперативно-тактичних) не тільки для здійснення повітряної розвідки та коригування вогню артилерії, а й для виявлення та ураження об'єктів інфраструктури ЗС України поза межами проведення АТО (ООС). При цьому, у Збройних Силах (ЗС) України спеціалізовані системи комплексної протидії БпАК лише створюються, а наявні сили та засоби протиповітряної оборони (ППО) мають обмежені можливості з виявлення та знищення таких цілей.

Отже очевидно, що вивчення та аналіз можливостей БпЛА ЗС РФ набуває особливого значення в сучасних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз результатів досліджень і публікацій [1]–[8] свідчить, що науково-практичним питанням аналізу досвіду застосування, перспектив розвитку БпЛА як елементу сучасних систем розвідки та ураження, пошуку підходів до побудови ефективної системи протидії ним в сучасних збройних конфліктах приділяється значна увага.

Зокрема, в роботі С. М. Ганіна [2] розглядаються матеріали щодо радянських і російських розробок БпЛА різного призначення, їх характеристик, а також особливостей спеціальної техніки зі складу безпілотних комплексів. Сучасна класифікація БпЛА

викладена в [3; 4]. Питання аналізу розвитку, бойового досвіду, еволюції завдань та способів застосування БпЛА по наземних цілях, а також погляди щодо загроз неконтрольованого розширення сфер їх застосування (зокрема в інтересах здійснення терористичних актів), розглянуті в роботі М. Павлушенка [5], у якій додатково висвітленні критичні елементи БпЛА, вплив на які дозволить зменшувати ефективність їх застосування. Теоретичні питання виявлення малопомітних безпілотних засобів повітряного нападу та протидії ним розглянуті в монографії В. І. Ткаченка [6]. В [9] і [10] з урахуванням набутого бойового досвіду проведено аналіз БпЛА ЗС РФ, які найбільш часто спостерігались у районі проведення АТО (ООС), а також питань щодо можливості протидії БпЛА противника.

У той же час можна стверджувати, що в теоретичному плані існує потреба в узагальненні досвіду та особливостей застосування БпЛА для вирішення бойових завдань, сфера та зміст яких постійно розширюється.

Отже актуальність статті зумовлена: зростанням загрози застосування противником БпЛА для ведення повітряної розвідки, коригування вогню артилерії, завдання ударів по військових об'єктах (здійснення диверсій); вимогами керівних документів щодо створення системи комплексної протидії безпілотним авіаційним комплексам противника та обмеженими можливостями наявних сил і засобів щодо виконання завдань цієї системи.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є аналіз та узагальнення особливостей БпЛА ЗС РФ, які застосовуються або можуть застосовуватись противником для виконання типових завдань, зокрема, для ведення розвідки, коригування вогню, нанесення ударів та радіоелектронної боротьби.

Викладення основного матеріалу дослідження. З метою систематизації викладення матеріалу під час аналізу основних характеристик БпЛА ЗС РФ проведене їх умовне групування за класифікацією, яка прийнята в країнах-членах НАТО та викладена у Концепції оснащення військових частин та підрозділів ЗС України безпілотними авіаційними комплексами на період до 2025 року. Відповідно до [3; 4] визначені такі класи БпАК:

І клас "Легкі" (мікро (тактичні) БпЛА БпАК – micro; міні (тактичні поля бою) – mini; малі (тактичні) – small);

ІІ клас "Середні" (tactical);

ІІІ клас "Важкі" (оперативні БпЛА БпАК середньої висоти, довгої тривалості (medium altitude long endurance) – MALE; стратегічні БпЛА БпАК великої висоти, довгої тривалості (high altitude long endurance) – HALE).

Крім того, відповідно до [4], БпЛА БпАК класифікуються за призначенням (бойові та спеціальні), типом, місцем базування, способом зльоту та посадки, типом системи управління польотом БпЛА БпАК.

Під час дослідження основна увага зосереджувалась на аналізі характеристик та можливостей БпЛА, які знаходяться на озброєнні частин (підрозділів) ЗС РФ або використовуються незаконними збройними формуваннями так званих "збройних сил Донецької (ДНР) та Луганської народних республік (ЛРН)", а також досвіду та особливостей бойового застосування окремих БпЛА в сучасних збройних конфліктах, зокрема на сході України [11]–[27] .

Результати аналізу можливості застосування БпЛА ЗС РФ легких класів в інтересах ведення розвідки, коригування вогню, нанесення ударів та радіоелектронної боротьби наведені в табл. 1., середнього класу – в табл. 2 та важких класів – в табл. 3.

Таблиця 1. – Результати аналізу можливості застосування БпЛА ЗС РФ легких класів

Тип БпЛА (БпАК)	Типові завдання *)	Можливість застосування БпЛА (БпАК) для виконання окремих типових завдань	Досвід застосування
Мобільний переносний комплекс дистанційного спостереження та ретрансляції “Гранат-1”	вр	Можливе у режимі реального часу	Застосовувались у районі проведення АТО, є на озброєнні окремої роти (ор) БпЛА 1 АК “ЗС ДНР”, сформованої в 2016 році
	кв	-	
	ну	-	
	р	-	
	із	Ретрансляція сигналів радіозв’язку	
Комплекс із БпЛА “Гранат-2”	вр	Моніторинг підстильної поверхні, об’єктів, магістралей, живої сили та техніки у режимі реального часу	Застосовувались у районі проведення АТО, є на озброєнні ор БпЛА 1 АК “ЗС ДНР”, сформованої в 2016 році
	кв	-	
	ну	-	
	р	-	
	із	-	
Комплекс із БпЛА “Гранат-3”	вр	Моніторинг підстильної поверхні, різних об’єктів, магістралей, живої сили та техніки у режимі реального часу, радіомоніторинг мереж стільникового зв’язку	Застосовувались у районі проведення АТО, є на озброєнні ор БпЛА 1 АК “ЗС ДНР”, сформованої в 2016 році
	кв	-	
	ну	-	
	р	-	
	із	-	
Надмалий БпЛА “ZALA 421-08M”	вр	Спостереження	Даних немає
	кв	Цілевказання, коригування вогню, оцінювання завданого збитку	
	ну	-	
	р	-	
	із	-	
Комплекс із БпЛА “Застава”	вр	Ведення повітряної розвідки об’єктів противника у режимі реального часу	БпЛА застосовуються противником на території України. Прототип (“Bird Eye 400”) є на озброєнні розвідувальних частин ЗС РФ, застосовувався у бойових діях на Кавказі
	кв	Видача даних для цілевказання засобам вогневого ураження (ВУ)	
	ну	-	
	р	-	
	із	Виконання завдань пошуково-рятувального забезпечення (виявлення місць падіння літальних апаратів)	
Комплекс дистанційної постановки перешкод “Мошкарец”	вр	-	Даних немає
	кв	-	
	ну	-	
	р	Радіоподавлення ліній радіозв’язку	
	із	Даних немає	
Комплекс дистанційного спостереження “Элерон-3СВ”	вр	Ведення повітряної оптико-електронної розвідки у режимі реального часу, виявлення та ідентифікація об’єктів розвідки, визначення їх точного місця розташування	
	кв	Даних немає	
	ну	-	
	р	Можливе встановлення апаратури радіоперешкод	
	із	Даних немає	
БпАК “Орлан-3М”	вр	Ведення панорамної та планової аерофото- та відеозйомки	Даних немає
	кв	-	
	ну	-	
	р	-	
	із	Ретрансляція сигналів для інших БпЛА “Орлан-3М”	
Комплекс із малими БпЛА “Тахион”	вр	Ведення розвідки в будь-який час доби у режимі реального часу, спостереження, оцінювання завданого збитку	Знаходиться на озброєнні розвідувальних підрозділів ВО ЗС РФ.

Тип БпЛА (БпАК)	Типові завдання *)	Можливість застосування БпЛА (БпАК) для виконання окремих типових завдань	Досвід застосування
	кв	Цілевказання, коригування вогню	Застосовуються на території України (100 омбр 1 АК "ЗС ДНР")
	ну	-	
	р	-	
	із	Ретрансляція сигналів	
БпЛА "Орлан-10"	вр	Спостереження за протяжними і локальними об'єктами у важкодоступній місцевості	Застосовуються на території України у складі ор БпЛА 1 АК "ЗС ДНР", 2 АК "ЗС ЛНР" та у Сирії
	кв	-	
	ну	Проводяться експерименти з цільовим навантаженням ударного призначення	
	р	Подавлення стільникового зв'язку (у складі комплексу РЕБ РБ-341В "Леер-3"	
	із	Виконання завдань пошуково-рятувального забезпечення, можливе використання як ретранслятора	
Комплекс дистанційної постановки перешкод радіозв'язку "Мошкара"	вр	Даних немає	Даних немає
	кв	-	
	ну	-	
	р	Постановка широкосмугових перешкод наземним лініям УКХ радіозв'язку	
	із	Даних немає	
Комплекс із БпЛА "Гранат-4"	вр	Моніторинг поверхні, об'єктів, магістралей, живої сили та техніки у режимі реального часу, радіомоніторинг мереж стільникового зв'язку	Застосовувались у районі проведення АТО, є на озброєнні окремої роти (ор) БпЛА 1 АК "ЗС ДНР", сформованої в 2016 році
	кв	Даних немає	
	ну	-	
	р	-	
	із	Даних немає	
БпЛА "Пчела-1Т" (БпАК "Строй-ПМ")	вр	Ведення ПвР у режимі реального часу	Застосовувався у Чечні з 1995 року в першій та другій кампаніях
	кв	Цілевказання засобам ВУ, коригування вогню	
	ну	-	
	р	Радіоподавлення РЕЗ систем управління військами і зброєю	
	із	-	
Багатофункці-ональний БпЛА "Delta-M"	вр	Здійснення аерофотозйомки, відеоспостереження у реальному часі, мультиспектральна зйомка	Застосовувався противником на непідконтрольній території Донецької та Луганської областей для ведення розвідки
	кв	-	
	ну	-	
	р	-	
	із	-	
Багатофункці-ональний БпЛА "Геоскан-201"	вр	Ведення повітряної розвідки	Застосовувався противником на непідконтрольній території Донецької та Луганської областей для ведення розвідки
	кв	Даних немає	
	ну	-	
	р	-	
	із	-	
Квадрокоп-тери "Phantom-1, 2, 4"	вр	Ведення фото- та відеозйомки	Використовувались противником з непідконтрольної території
	кв	Можливе в ближній тактичній зоні	
	ну	-	
	р	-	
	із	-	

Примітка. Позначення в табл. 1, 2 та 3: вр – ведення розвідки; кв – коригування вогню; ну – нанесення ударів; р – РЕБ; із – інші завдання.

Таблиця 2 – Результати аналізу можливості застосування БпЛА ЗС РФ середнього класу

Тип БпЛА (БпАК)	Типові завдання	Можливість застосування БпЛА (БпАК) для виконання окремих типових завдань	Досвід застосування
Багатоцільовий БпЛА	вр	Ведення повітряної оптико-електронної та радіолокаційної розвідки	Є інформація щодо бойового застосування

"Дозор-100"	кв	Можливе шляхом передачі даних через наземний пункт управління (НПУ)	БпЛА у районі проведення АТО. Входить до складу авіагрупи ВПС РФ у Сирії
	ну	-	
	р	-	
	із	Доставлення вантажів	
Розвідувальний БпАК "Форпост"	вр	Пошук, виявлення та ідентифікація наземних об'єктів, супроводження гуманітарних конвоїв	Застосовувались у районі проведення АТО з 2014 року. Входить до складу авіагрупи ВПС РФ у Сирії
	кв	Передавання даних для цілевказання ударним (вогневим) засобам, контроль за результатами ударів по цілях	
	ну	-	
	р	Теоретично можливе	
	із	3D-картографування місцевості	

Таблиця 3 – Результати аналізу можливості застосування БпЛА ЗС РФ важких класів

Тип БпЛА (БпАК)	Типові завдання	Можливість застосування БпЛА (БпАК) для виконання окремих типових завдань	Досвід застосування
Безпілотний літальний апарат "Оріон" класу MALE	вр	Ведення візуальної (у видимому та ІЧ-діапазонах), радіолокаційної або радіотехнічної розвідки	Даних щодо бойового застосування у районі проведення АТО немає. Можливо застосовується на Близькому Сході (входить до складу авіагрупи ВПС РФ у Сирії)
	кв	Можливе шляхом лазерного підсвітлювання наземних і надводних цілей	
	ну	Даних немає	
	р	Даних немає	
	із	Даних немає	
Розвідувально-ударний (багатоцільо-вий) БпЛА "Дозор-600"	вр	Ведення тактичної розвідки в прифронтовій смузі з передаванням на НПУ видової і польотної інформації у реальному часі	Знаходиться в стані розроблення
	кв	Автосупроводження цілей, цілевказання ударним (вогневим) засобам	
	ну	Передбачена можливість встановлення високоточної зброї	
	р	Теоретично не виключається	
	із	Можливе вирішення спеціальних завдань (у разі оснащення спеціальним обладнанням)	

Аналіз даних табл. 1–3, а також основних характеристик різних класів БпЛА ЗС РФ, дозволяє зробити такі висновки.

1. БпЛА класу І запускаються з руки або за допомогою допоміжних засобів (мобільних пускових пристроїв) з непідготовлених майданчиків, що дозволяє їх застосовувати у складі тактичних підрозділів (відділення–взвод–рота). Основними завданнями БпЛА цього класу є: ведення у режимі реального часу розвідки (збір розвідувальної інформації про наземні об'єкти противника у ході ведення попередньої розвідки і дорозвідки); виявлення та ідентифікація об'єктів розвідки, визначення їх точного місця розташування; перевірка ступеню маскування своїх військ; коригування вогню (наведення вогню артилерії й реактивних систем залпового вогню на наземні об'єкти противника, контроль нанесення ударів); виконання окремих завдань радіоелектронної боротьби (подавлення засобів ППО противника, постановка хибних цілей, радіоелектронне подавлення систем радіозв'язку, передачі даних і навігації); ведення радіотехнічної розвідки. Додатковими завданнями таких БпЛА є: ретрансляція зв'язку (для збільшення дальності дії систем управління БпЛА та передавання даних); пошуково-рятувальне забезпечення тощо. Для БпЛА цього класу не характерні завдання безпосереднього ураження противника. Проте останнім часом в РФ проводяться експерименти з цільовим навантаженням ударного призначення, а також розробляються БпЛА з бойовою частиною ударної дії.

2. Тактичні розвідувальні БпЛА застосовуються для забезпечення розвідувальною інформацією частин і з'єднань сухопутних військ від корпусної ланки і нижче, а також з'єднань і частин військово-морського флоту. Для забезпечення дій підрозділів ракетних військ і артилерії БпАК виконують такі завдання: розвідка цілей та визначення координат вогневих

засобів противника; коригування вогню артилерійських підрозділів під час вогневого ураження противника (підсвічування цілей); моніторинг переднього краю противника та характеру фортифікаційного обладнання, інженерних загороджень та опорних пунктів; виявлення розташування вогневих засобів противника та викриття системи вогню; уточнення результатів вогневого ураження (оцінка ступеня ураження цілей). Спектр завдань БпЛА цього класу може бути значно розширений за рахунок модульного складу бортового обладнання (цільового навантаження).

3. У районі проведення АТО (ООС) для виконання бойових завдань найбільш часто застосовуються БпЛА I та II класів типу "Гранат-1, 2, 3, 4", "ZALA 421-08M", "Елерон 3СВ", "Застава", "Тахион", "Орлан-10", "Форпост", основні тактико-технічні характеристики яких наведені в табл. 4.

Таблиця 4. Основні тактико-технічні характеристики БпЛА ЗС РФ, які застосовуються у районі проведення АТО (ООС)

Показник	"Гранат-1"	"Гранат-2"	"Гранат-3"	"Гранат-4"	"Елерон 3СВ"	"Тахион"	"Орлан-10"	"Форпост"
Вага, кг злітна навантаження	2,4	3,5	7	30	4,3-5,3 1	6,9 1	18 5	454 100
Висота, км максимальна мінімальна	1,5	0,6	2	2	5 0,05	2 0,05	6	5,8
Радіус дії, км	10	15	25	100	25	40	120	150-250
Швидкість, км/год максимальна крейсерська	60	120	120	140	130 70	120 65	130 70	204 148
Тривалість польоту, год	1,25	1	2	6	2	2	14	17,5

4. БпЛА II класу зазвичай запускаються за допомогою допоміжних засобів (наприклад, з мобільних пускових пристроїв) або використовують злітно-посадкові смуги та застосовуються у складі оперативно-тактичних угруповань. Зазначені пускові пристрої (майданчики запуску) зазвичай знаходяться на значному віддаленні від лінії бойового зіткнення військ, а час перебування БпЛА у повітрі є значно більшим, ніж у БпЛА I класу. Основними завданнями БпЛА цього класу є: тривале ведення розвідки (у тому числі за межами прямої радіовидимості), коригування вогню, додатково – 3D картографування місцевості та виконання завдань логістики (доставляння вантажів).

5. БпЛА II класу є більш складними цілями з точки зору організації протидії. Це пов'язано зі складним бортовим обладнанням, здатним забезпечити автономне виконання більш широкого спектру завдань в умовах активної протидії, зокрема під час застосування засобів радіоперешкод.

6. У районі проведення АТО (ООС) для виконання бойових завдань найбільш часто застосовуються БпЛА "Форпост", основні тактико-технічні характеристики якого були наведені вище (див. табл. 4). Останнім часом в ЗС РФ БпЛА подібного класу активно розвиваються, але більшість з них знаходиться на етапі випробовань, у тому числі у конфліктах на Близькому Сході.

7. БпЛА III класу великі за розмірами та масою і потребують злітно-посадкової смуги зі штучним покриттям, які зазвичай розташовуються на значних відстанях від району активних бойових дій. Ці БпЛА переважно виконують завдання в інтересах оперативних угруповань. Основними завданнями є: тривале ведення розвідки (оптико-електронної, інфрачервоної, радіоелектронної, радіолокаційної), коригування вогню та нанесення ударів (виявлення та ураження наземних (надводних об'єктів противника ракетами або авіаційними бомбами).

Керівництвом ЗС РФ значна увага приділяється подоланню відставання країни у розвитку БпЛА цього класу.

8. Проведений аналіз свідчить про те, що нині в ЗС РФ немає досвіду бойового застосування БпЛА важких класів. Проте періодично робляться спроби відновлення тимчасово припинених (з причин недофінансування) проектів з розроблення: тактичного розвідувально-ударного БпЛА Ту-300 "Коршун-У"; розвідувально-ударного БпЛА "Скат", "Альтиус", "Альтаир", "Охотник", які виконуватимуть широкий спектр розвідувальних і ударних завдань.

В цьому класі найбільш реалістичним вважається проект зі створення розвідувально-ударного (багатоцільового) БпЛА "Дозор-600" (див. табл. 3).

9. Крім того, можна стверджувати, що однією з тенденцій застосування БпЛА ЗС РФ є зростання кількості літако-вильотів (з метою ведення розвідки), охоплення більшої частини завдань, притаманних пілотованій авіації, створення груп, що поєднують в собі БпЛА з різним цільовим навантаженням.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведений аналіз збройних конфліктів сучасності та АТО (ООС) на території Донецької та Луганської областей свідчить про тенденцію збільшення масштабів застосування в них БпЛА та розширення спектра завдань, які на них покладаються, зокрема ведення розвідки, коригування вогню, нанесення ударів, радіоелектронної боротьби тощо. Результати аналізу не є вичерпними. З подальшим накопиченням бойового досвіду та аналізу різних джерел інформації вони будуть суттєво доповнені. У подальших публікаціях буде приділятися увага розвитку способів групового застосування БпЛА, а також спільного застосування безпілотної і пілотованої авіації, яка діятиме в єдиному інформаційному просторі згідно із концепціями ведення "мережецентричних війн".

Список використаних джерел

1. Муравский В. Для борьбы с дронами стоит объединить средства РЭБ и ПВО. Федеральное агенство новостей 09.01.18. URL: riafan.ru. (дата звернення 20.02.2020.)
2. Ганин С. М. Беспилотные летательные аппараты / С. М. Ганин, А. В. Карпенко, В. В. Колногоров, Г. Ф. Петров. Санкт-Петербург: «Невский бастион», 1999. 160 с.
3. Обобщённая классификация беспилотных летательных аппаратов. URL: http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/3142 (дата звернення 20.02.2020.)
4. Наказ Міністерства оборони України «Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України». Київ, 2017. 83 с.
5. Павлушенко М. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития / М. Павлушенко, Г. Евстафьев, И. Макаренко. Москва, 2005. 612 с.
6. Ткаченко В. І., Данік Ю. Г., Дробаха Г. А. та ін. Теорія і техніка протидії безпілотним засобам повітряного нападу. Книга 1. Безпілотні засоби повітряного нападу. Застосування та перспективи розвитку. Виявлення малопомітних засобів повітряного нападу: монографія. Харків: ХВУ, 2002. 220 с.
7. Глотов В., Гуніна А, Телещук Ю. Аналіз можливостей застосування безпілотних авіаційних апаратів для військових цілей URL: https://studfile.net/preview/8092235/ (дата звернення 20.02.2020.)
8. Алімпієв А.В., Ватан М.І., Тюрін В.В., Масягін В.І. Результати аналізу основних класів БПЛА для оцінювання можливості їх спільного застосування з армійською авіацією, 19.03.16 URL: https://www.ukrmilitary.com/2016/03/analiz-bpla.html (дата звернення 20.02.2020.)
9. Шовкошитний І. І. Аналіз можливості радіоелектронного подавлення каналів управління та навігації безпілотних літальних апаратів противника // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. 2015. № 1(71). С. 91–101.

10. Шовкошитний І. І. Аналіз можливих шляхів радіоелектронної протидії безпілотним літальним апаратам противника / І. І. Шовкошитний // Матеріали наук.-практ. конференції «Актуальні проблеми підготовки, застосування ЗС України, управління ними, їх тилового, технічного та оперативного забезпечення, математичного і програмного забезпечення підготовки ЗС України» (Київ, 22–23 жовтня 2015 р.). Київ: ЦНДІ ЗС України, 2015.
11. Комплекс с беспилотным летательным аппаратом «Гранат-1». URL: http://bastion-opk.ru/granat-1. (дата звернення 22.01.2020).
12. Комплекс с беспилотным летательным аппаратом «Гранат-2». URL: http://bastion-opk.ru/granat-2. (дата звернення 22.01.2020).
13. Гранат-3. Технические характеристики. Фото. URL: http://avia.pro/blog/granat-3-tehnicheskie-harakteristiki-foto. (дата звернення 23.01.2020).
14. Гранат-4. Технические характеристики. Фото. URL: http://avia.pro/blog/granat-4-tehnicheskie-harakteristiki-foto. (дата звернення 24.01.2020).
15. Беспилотное воздушное судно ZALA 421-08M. URL: http://zala.aero/zala-421-08. (дата звернення 22.01.2020).
16. Комплекс с беспилотным летательным аппаратом «Застава» URL: http://bastion-opk.ru/zastava. (дата звернення 22.01.2020).
17. Специальное разведывательное средство на базе ДПЛА Т28 «Элерон-3СВ». URL: http://nevskii-bastion.ru/eleron-3sv. (дата звернення 18.01.2020).
18. Беспилотники Тахион. URL: https://bespilotnik24.ru/bespilotnik-tahion/.(дата звернення 15.01.2020).
19. Комплекс с беспилотным летательным аппаратом «Орлан-10» URL: http://bastion-karpenko.ru/orlan-10-bla/.(дата звернення 24.01.2020.)
20. Комплекс «Мошкара». URL: http://www.nfly.org/moshkara.html.
21. «Пчела-1» – оперативный разведывательный БПЛА. URL: http://russianarms.mybb.ru/viewtopic.php? id=4223.
22. Геоскан-201 Базовый. URL: https://www.geoscan.aero/ru/products/ geoscan201/base.
23. DJIPhantom 1: основатель популярной серии квадрокоптеров. URL: http://quadrocoptery.ru/dji-phantom-1-review. (дата звернення 04.06.2018).
24. Комплекс с БПЛА «Форпост». URL: http://bastion-opk.ru/forpost.
25. Delta-M. Технические характеристики. Фото. URL: http://avia.pro/blog/delta-m-tehnicheskie-harakteristiki-foto.
26. Транзас Дозор-100. URL: http://www.airwar.ru/enc/bpla/dozor100.html.
27. Дозор-600. http://www.uav-dozor.ru/index.php?option=com_content&task= view&id=14&Itemid=.

Калетнік Василь Васильович
Кисильов Ярослав Олексійович
Купрієнко Олександр Васильович
Бабенко Роман Сергійович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

АНАЛІЗ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І БОЙОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ІСНУЮЧИХ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗРАЗКІВ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

У статті проведено аналіз тактико-технічних характеристик і бойових можливостей існуючих та перспективних безпілотних авіаційних комплексів Повітряних Сил Збройних Сил України. Розглянуті можливості безпілотних авіаційних комплексів в контексті оцінки ефективності їх застосування в умовах сучасного бою. Зазначається, що більшість наявних на озброєнні Повітряних Сил Збройних Сил України безпілотних авіаційних комплексів за своїми тактико-технічними характеристиками не задовольняють вимогам сучасного ведення бою. Підкреслюється, що найбільш перспективними шляхами вирішення зазначеної проблеми є розробка та взяття на озброєння нових зразків ударно-розвідувальних комплексів вітчизняного виробництва. Сформульовані напрямки подальших досліджень щодо розробки методики підвищення ефективності бойового застосування розвідувальних, розвідувально-ударних безпілотних авіаційних комплексів.

Ключові слова: *тактико-технічні характеристики, безпілотний авіаційний комплекс, безпілотний літальний апарат, дрон.*

Постановка проблеми. На фоні змін форм і методів ведення сучасної війни у світі особливу актуальність набуло масове використання роботизованих систем – порівняно дешевих безпілотних платформ різного базування (авіаційних, наземних, морських) з ударними або розвідувально-ударними елементами.

Спеціалісти особливо підкреслюють їх багатофункціональність, що дозволяє застосувати різноманітне озброєння і електронне обладнання для ведення розвідки, враження або радіоелектронної боротьби. Найбільш важливим напрямком розвитку безекіпажної техніки у світі справедливо вважають розробку ударних безпілотних авіаційних комплексів (далі – БпАК).

Бойові дії з застосуванням безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА) у Сирії, Лівії та Нагірному Карабаху, продемонстрували їх ефективність, як нового напрямку в розвитку сучасного озброєння. Тому, сьогодні ні у кого не виникає сумніву, що Повітряні Сили Збройних Сил України потребують прийняття на озброєння сучасних розвідувально-ударних, ударних БпАК здатних успішно виконувати завдання в умовах сучасного ведення бою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки з’явилось дуже багато матеріалів в мережі Internet, в літературі на військову тематику, які присвячені розвитку БпЛА [1-11] досвіду їх застосування у локальних війнах і воєнних конфліктах [3, 4, 6], ретельне вивчення військовими аналітиками форм і способів застосування БпАК в збройних конфліктах.

Роботи [1, 2, 5, 8-13] присвячені розгляду тактико-технічних характеристик (далі – ТТХ) БпАК як вітчизняного так іноземного виробництва.

У роботах [14-16] автори розкривають власні погляди щодо класифікації БпАК та ознак за якими вони класифікуються.

Питання обґрунтування вимог до БпАК, аналіз ТТХ БпАК в аспекті розкриття ефективності їх застосування висвітлені в роботах [17-19].

У роботі [20] автор розкриває напрямки вирішення завдань щодо створення ударних БпАК в Україні, аналізує перспективи впровадження на озброєння БпАК вітчизняного виробництва.

Разом із тим, віддаючи належне важливості та науковій цінності наявних досліджень, доводиться констатувати, що основна увага фахівців прикута до вивчення технічних характеристик та можливостей БпАК іноземного виробництва і дещо поза увагою авторів залишаються сучасні зразки БпАК вітчизняного виробництва, які знаходяться на озброєнні Повітряних Сил ЗС України та перспективні для прийняття на озброєння.

Метою статті є аналіз ТТХ і бойових можливостей існуючих та перспективних зразків БпАК Повітряних Сил ЗС України.

Методи дослідження. У ході дослідження використовувалися загальнонаукові методи, які направлені на теоретичне дослідження проблематичних питань та включають в себе історичний метод, методи аналізу, синтезу, порівняння, узагальнення та метод експертних оцінок.

Викладення основного матеріалу дослідження. Унікальним та досить повчальним прикладом розвитку нової тенденції глобальних змін у військовій справі виявилася атака у вересні 2019 року двох нафтопереробних комплексів на сході Саудівської Аравії. Бойове застосування всього десятка дронів, начинених вибухівкою, привело до скорочення на половину щоденного видобутку нафти у державі.

Ще більш нищівного результату досягла масована атака турецьких ударних безпілотників (Bayraktar TB2, TAI Anka) в Сирії в кінці лютого 2020 року, результатом якої став розгром протиповітряної оборони (далі – ППО), нейтралізація сучасного російського озброєння, включаючи широко розрекламовану систему ППО [20].

Не менш яскравим прикладом вдалого застосування бойових дронів була 44-денна війна за Нагірний Карабах восени 2020 року. Фактично завдяки вдалому застосуванню БпАК Азербайджан достатньо швидко забезпечив собі домінування у повітрі, внаслідок розгрому вірменської ППО, і мав картину поля бою у реальному режимі часу [6].

Роботизація поля бою перетворилася в один із найбільш значущих трендів зміни парадигми ведення сучасних бойових дій. Тому, ні у кого не виникає сумніву у необхідності оснащення ЗС України в цілому і Повітряних Сил зокрема сучасними зразками БпАК. Збільшення кількості БпЛА у своїх бойових порядках безпілотних систем, включно з додатковою закупівлею Bayraktar TB2 – кроки у вірному напрямку.

Перш ніж приступати до розгляду БпЛА БпАК, які знаходяться на озброєнні Повітряних Сил ЗС України, слід узгодити питання, пов’язані з їх класифікацією, яку в подальшому будемо використовувати в дослідженні, зробивши при цьому ряд уточнень. Наразі, існує ціла низка робіт [14-16] в яких автори пропонують власні погляди щодо варіантів класифікації БпАК за різними ознаками. Оскільки більшість класифікацій суперечать одна одній, в роботі використовуватимемо класифікацією визначену в додатку 1 до Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України затверджених наказом Міністерства оборони України від 08 грудня 2016 року № 661 [21]. Варто зазначити, що і в даному наказі існують питання, які можна двояко трактувати, щодо віднесення тих чи інших зразків до певного класу БпАК. Здебільшого це пов’язано з наявності на озброєнні, крім сучасних вітчизняних та іноземних зразків БпАК, ще й зразків радянського виробництва.

Тому, з урахуванням вимог наказу Міністерства оборони України від 08 грудня 2016 року № 661, наявні на озброєнні Повітряних Силах ЗС України БпАК за призначенням та класом поділяються на розвідувальні та розвідувально-ударні БпАК, тактичного та оперативно-тактичного класів [21].

Так, до тактичного класу належать: розвідувальний БпАК ВР-3 “Рейс” (Ту-143) радянського виробництва та розвідувальний БпАК ACS-3 (Raybird-3) вітчизняного виробництва. Оперативно-тактичний клас представлений розвідувальним БпАК ВР-2

“Стриж” (Ту-141) радянського виробництва та розвідувально-ударним БпАК Bayraktar TB2 турецького виробництва.

Слід зазначити, що з початком війни в розпорядженні українських військових знаходилися лише радянський безпілотний спадок – з усіма супутніми ризиками і з вкрай обмеженими можливостями. У складі Повітряних Сил ЗС України – окремий полк дистанційно-керованих літальних апаратів (м. Хмельницький). В той час на озброєнні полку знаходилися розвідувальні БпАК ВР-2 “Стриж” (Ту-141) та ВР-3 “Рейс” (Ту-143). Всі ці БпАК з багаторазовими літаками-розвідниками розроблені в ДКБ ім. А. Туполєва ще в 70-ті роки минулого століття.

БпАК ВР-3 “Рейс” і ВР-2 “Стриж” призначені для ведення повітряної розвідки в інтересах різних видів збройних сил, переважно в умовах, де використання пілотованих літаків пов’язано з великим ризиком їх втрати та невигідне за критерієм “вартість-ефективність” [13]. Такі умови характерні для тактичної зони й найближчої оперативної глибини території противника, насичених засобами ППО високої ефективності.

Розвідувальний БпАК ВР-3 “Рейс” (Ту-143) призначений для ведення повітряної фото -, телевізійної та радіаційної розвідки об’єктів і місцевості з малих висот на глибину до 75 км в умовах сильної протидії ППО противника та радіоактивного зараження повітря і місцевості.

Розвідувальний БпАК ВР-2 “Стриж” (Ту-141) призначений для ведення повітряної фото – та інфрачервоної розвідки об’єктів і місцевості з малих висот на глибину до 400 км в умовах сильної протидії ППО противника та радіоактивного зараження повітря і місцевості [13].

Загальними бойовими завданнями для цих БпАК ВР-3 “Рейс” і ВР-2 “Стриж” є:

- здобування даних про противника, місцевість і радіаційну обстановку, що необхідні командуванню для організації, планування та виконання бойових завдань;
- уточнення місцезнаходження цілей для ракетних і артилерійських частин і підрозділів;
- уточнення даних про противника безпосередньо перед атакою (ударом), контратакою (контрударом), введенням в бій (битву) других ешелонів, оперативних маневрених груп, висадкою повітряних десантів;
- встановлення результатів ударів авіації, ракет і вогню артилерії для визначення ступеню ураження об’єктів та контролю дій особового складу [13].

Вищеперераховані завдання складають основний зміст попередньої, контрольної повітряної розвідки та дорозвідки.

Командування ЗС України до війни на сході стверджувало, що безпілотні комплекси ВР-3 “Рейс” і ВР-2 “Стриж”, якими оснащені Повітряні Сили, можуть виконувати поставлені завдання в особливий період, так як “їх надійна експлуатація підтверджена на неодноразових пусках при проведенні навчань, коли БпЛА використовувалися як мішені”. Частково так і сталося. Про активне використання цих комплексів говорить і той факт, що літають навіть зняті з складських запасів БпЛА [3].

За своїми характеристиками, “Стриж” та “Рейс” мають непогані можливості щодо подолання ППО противника за рахунок своєї швидкості і можливості використання на малих і великих висотах (див. табл. 1). Так, за словами експлуатантів, якщо невідомий маршрут і час польоту, ці БпЛА збити практично неможливо [3]. Крім того, вони не виходять в ефір і не передають ніякої інформації. Крім того, малі габарити БпЛА, невеликі значення ефективної поверхні розсіювання, рівнів шуму й теплового випромінювання ускладнює їхнє виявлення засобами ППО й знижують імовірність поразки в порівнянні з імовірністю поразки пілотованих літаків. Фотографування проходить в закритому режимі. Після повернення БпЛА в задану точку оператори знімають фотоплівку і передають її в центр обробки і дешифрування інформації. Але як повноцінні розвідувальні засоби ці безпілотні комплекси вже не відповідають вимогам сучасного бою.

Таблиця 1. – Основні параметри та характеристики БпАК ВР-2 “Стриж” (Ту-141) та ВР-3 “Рейс” (Ту-143) [12]

№ з/п	Параметри та характеристики	ВР-2 “Стриж” (Ту-141)	ВР-3 “Рейс” (Ту-143)
1.	Маса, кг	5370	1600
2.	Маса корисного навантаження, кг	100	130
3.	Дальність польоту, км	1000	до 180
4.	Глибина ведення розвідки, км	до 400	75
5.	Висота польоту, м	50-6000	50-5000
6.	Висота ведення розвідки, м	100-1000	200-1000
7.	Швидкість польоту, км/год	1110	950
8.	Час польоту, хв	54	30
9.	Час підготовки до пуску із готовності № 1/2/3, хв	35-45/200/375	15/85/180
10.	Час підготовки до повторного застосування, хв	180	до 240
11.	Багаторазовість застосування	до 5	до 10
12.	Розмах крила/довжина/висота, м	3,875/14,33/4,25	2,24/8,06/1,545
13.	Площа крила, $м^2$	10,00	2,90
14.	Силова установка	ТРД КР-17А	ТРД ТРЗ-117

До недоліків зазначених комплексів відносять:

- нетривалість польоту;
- обмежені можливості щодо передачі добутої інформації на пункти управління (командні пункти) в режимі реального часу;
- тривалий спуск на парашуті, що робить БпЛА непоганою мішенню;
- наявність на борту розвідувального обладнання лише одного виду, що не завжди дозволяє “розкрити” замасковані об’єкти противника [3, 19].

Їх приладове обладнання застаріло, для фотографування використовується фотоплівка, апарат повинен повернутися в точку посадки, плівку треба вилучити, доставити в лабораторію, проявити і дешифрувати. Таким чином, мова не йде про розвідку в реальному масштабі часу і зазор від моменту зйомки до використання даних може бути значним, що практично в сучасних умовах бою знецінює результат розвідки мобільних цілей. При цьому маса корисного навантаження в порівнянні з загальною вагою БпЛА – явно незначна.

В зоні проведення антитерористичної операції (далі – АТО) на сході України було неодноразово застосовано авіацію в тому числі розвідувальну. Для проведення повітряної розвідки на тимчасово окупованих територіях ЗС України використовувалися ВР-3 “Рейс” та ВР-2 “Стриж”, які потребували багато часу для обробки розвідувальних даних, що в свою чергу призводило до втрати оперативності.

Варто зазначити, що розвідувально-ударні БпЛА в період проведення АТО в ЗС України були відсутні. Зусиллями волонтерів закуплялись цивільні машини, які адаптувалися до потреб війни. Як правило, мирний квадрокоптер доводився до стану ударного БпЛА шляхом встановлення в склянку гранати з витягнутим кільцем і закріплення її в тримачі для відеокамери. [18].

Тобто, постала потреба в більш сучасних зразках БпЛА, що спроможні вести не лише інструментальну повітряну розвідку в оперативно-тактичній, тактичній глибині та розвідку поля бою, а й ударних, здатних вражати броньовані та важкодоступні цілі противника.

Для вирішення цієї проблеми керівництво нашої країни пішло двома шляхами: розробки власних розвідувальних та розвідувально-ударних БпАК, та закупівлі сучасних зразків іноземного виробництва.

Так, розвідувальний БпАК ACS-3 (Raybird-3) розроблений українською компанією “АВК “Скаетон” (Skyeton), який з 2016 року допущений до експлуатації в ЗС України, а навесні 2018-го підтвердив спроможність виконувати завдання в умовах протидії засобів

радіоелектронної боротьби, з липня 2019 року був прийнятий на озброєння Повітряних Сил ЗС України. Восени 2020 року компанія "АВК "Скаетон" розробила вже модернізовану версію БпЛА ACS-3M (Raybird-3) [9].

В листопаді 2018 році було підписано угоду про постачання партії турецьких розвідувально-ударних БпЛА Bayraktar TB2 (у кількості – 6 літальних апаратів, 3 станції управління та 200 керованих боєприпасів), сам контракт між ДК "Укрспецекспорт" та турецькою Baykar Makina офіційно підписали у січні 2019 року. І вже на початку 2019 року в Україну прибула перша партія ударно-розвідувальних БпЛА турецького виробництва разом зі станцією управління та боєзапасом для їх озброєння [7].

Слід зазначити, що наприкінці минулого року стало відомо про укладення нового контракту на закупівлю партії Bayraktar TB2 з "дещо іншими тактико-технічними характеристиками, зокрема висотою й дальністю застосування". Повідомляється про п'ять "Байрактарів" без уточнення, мова йде про БпАК (до складу одного комплексу входить 2-3 дрони) чи власне БпЛА [11].

З отриманням перших розвідувально-ударних БпАК турецького виробництва вітчизняні виробники розпочали пропонувати власні сучасні рішення, деякі з яких ми розглянемо нижче.

Розвідувальний БпАК ACS-3 (Raybird-3) призначений для ведення спостереження, розвідки, виконання аерофотознімання або як універсальний носій різноманітного цільового спорядження вдень і вночі в автоматичному та напівавтоматичному режимах.

До складу БпАК ACS-3 входить:

- БпЛА наземного базування нормальної аеродинамічної схеми з П-подібним хвостовим оперенням та повітряним гвинтом, який приводиться в дію чотиритактним одноциліндровим двигуном внутрішнього згоряння;
- переносна станція керування – комплекс апаратних і програмних засобів, призначених для управління та контролю БпЛА, прийому по каналу радіозв'язку телеметричної та іншої інформації з борту БпЛА та відображенням її на моніторі у реальному часі;
- антенна система, що складається з мультисекторної антени для забезпечення передачі даних телеметрії, та трекінг антена – для передачі цифрових даних з борту БпЛА в режимі реального часу;
- пускова установка катапультної дії;
- транспортна база (автомобіль)
- додаткове обладнання.

ACS-3 є малим БпЛА його хоч і відносять до тактичного класу, але за своїми характеристиками він дозволяє частково виконувати завдання і оперативно-тактичного рівня (див. табл. 2).

Таблиця 2. – Основні параметри та характеристики БпАК ACS-3 та ACS-3M [2, 9]

№ з/п	Параметри та характеристики	ACS-3	ACS-3M
1.	Максимальна злітна маса, кг	21	23
2.	Маса корисного навантаження, кг	до 5	до 7
3.	Максимальна дальність польоту, км	2500	2500
4.	Радіус дії з передачею даних в режимі реального часу, км	120	120
5.	Максимальний радіус дії при програмному режимі роботи, км	1000	1000
6.	Робота в умовах радіоелектронної протидії (глушіння GPS та каналу управління)	+	+
7.	Максимальна висота польоту, м	3000	4500
8.	Швидкість: максимальна/ крейсерська/ мінімальна, км/год	140/110/80	160/120/80
9.	Максимальна тривалість польоту, год	до 24	до 30

№ з/п	Параметри та характеристики	ACS-3	ACS-3M
10.	Час підготовки до польоту, хв	15	15
11.	Розмах крила/довжина/висота, м	2,985/1,83/0,32	2,985/1,83/0,32
12.	Силова установка/потужність, к. с.	двигун внутрішнього згорання/3,5	інжекторний двигун/3

Так, комплекс ACS-3 (Raybird-3) забезпечує:

- спостереження з повітря, з визначенням місця розташування об'єкту з точністю не менше 15 метрів відносно географічних координат;
- планове та перспективне аерофотознімання;
- витримка заданих подовжнього та поперечного перекриття відносно земної поверхні;
- утримання БпЛА на маршруті з точністю не менше ±5 м в плані і по висоті;
- мінімальний радіус розвороту на крейсерській швидкості – 150 м;
- отримання високоточних координат центрів фотографування з використанням двочастотного диференціального GNSS приймача;
- універсальність носія для довільного корисного навантаження (у рамках вказаних масових, габаритних і експлуатаційних обмежень);
- отримання даних про об'єкти, що дозволяють класифікувати та визначити його розміри з точністю не менше 1 метра відносно меж об'єкту;
- повторний запуск БпЛА не більше ніж через 15 хвилин після посадки.

БпЛА безпечно керується, не вимагає застосування прийомів складної техніки пілотування та виконує всі маневри, які властиві не пілотованому літаку на режимах зльоту, набору висоти, горизонтального польоту, виконання маневрів, зниження та посадки.

Зліт БпЛА здійснюється з використанням пускової установки типу літакової катапульти, приземлення здійснюється з використанням парашуту на пневматичну подушку, яка випускається при розкритті парашута.

Цікавим є той факт, що за повідомленням від виробника, компанія успішно випробувала новий функціонал (нову систему зльоту) для легкого тактичного розвідувального БпАК ACS-3, який відтепер, здатний злітати не лише з нерухомої катапульти, а й з транспортних засобів під час руху. Нова система зльоту розроблена для проведення польотів на висотах 1000 м над рівнем моря і більше [10].

Також, у модернізованому БпАК ACS-3M окрім нового інжекторного, економного японського двигуна, завдяки якому висота польоту БпЛА збільшилася з 3000 м до близько 4500 м, не менш важливим оновленням є новий "софт". До переваг нового ПЗ можна віднести клієнт-серверну архітектуру. Тепер до наземної станції управління можна під'єднати будь-яку кількість БпЛА і навпаки – до одного БпЛА може під'єднатися будь-яка кількість користувачів (ПЗ розмежовує їхні права: користувач, спостерігачі) [9].

Розвідувально-ударний БпАК Bayraktar TB2, що відноситься до класу оперативно-тактичних БпЛА з великою тривалістю польоту, призначений для виконання наступних завдань:

- ведення видової оптико-електронної повітряної розвідки (видимого і інфрачервоного діапазону випромінювання);
- викриття угруповань, бойового складу, характеру дій військ противника, цілей (об'єктів) у тактичній глибині;
- визначення координат об'єктів;
- передачі розвідувальної інформації на командні пункти в режимі реального часу;
- цілевказання (лазерне підсвічування цілі) для наведення високоточних боєприпасів типу "MAM-L", "MAM-C" з метою ураження живої сили та техніки противника;
- корегування вогню артилерії;
- визначення результатів вогневого ураження цілей (об'єктів).

До складу БпАК Bayraktar TB2 входять:

- два-три БпЛА Bayraktar TB2;
- наземна станція управління (GCS);
- наземний термінал даних (GDT) з антенними системами;
- комплект віддаленого відеотерміналу (RVT);
- засоби ураження MAM-L, MAM-C;
- наземне додаткове обладнання.

Основні параметри та характеристики БпАК Bayraktar TB2 наведені у таблиці 3.

Таблиця 3. – Основні параметри та характеристики БпАК Bayraktar TB2 [22]

№ з/п	Параметри та характеристики	Bayraktar TB2
1.	Максимальна злітна маса, кг	650
2.	Маса корисного навантаження, кг	50
3.	Маса порожнього, кг	500
4.	Максимальна дальність польоту, км	4000
5.	Радіус дії, км	150
6.	Практична стеля, м	6750
7.	Швидкість: максимальна/крейсерська/мінімальна, км/год	222/130/122
8.	Максимальна тривалість польоту, год	24
9.	Час підготовки до польоту: без живлення/з живленням, хв	120/40
10.	Розмах крила/довжина/висота, м	12,36/6,86/2,25
11.	Площа крила, $м^2$	8,64
12.	Силова установка/потужність, к. с.	двигун внутрішнього згорання “Ротакс 912”/100

Ефективне виконання завдань розвідки БпЛА забезпечує стабілізована оптико-електронна система (далі – ОЕС) Wescam CMX-15D. Дальність виявлення ворожих цілей ОЕС Wescam CMX-15D БпЛА Bayraktar TB2 залежить від різних параметрів: ступеня освітленості, атмосферних перешкод, застосування маскування, конфігурації камер ОЕС та ін. За деякими оптимістичними даними, за ідеальних умов камери цієї ОЕС дозволяють виявити ціль типу “танк”, САУ, ЗРК (“Панцир”, “Стріла-10”, “Тунгуска”) на відстані до 80 км. А з відстані у 20 км роздільна здатність ОЕС дозволяє роздивитись, чи є, наприклад, у кабіні автомобіля водій.

Також, ОЕС Wescam CMX-15D оснащена лазерним далекоміром та підсвітлювачем з дальністю до 20 км – для цілевказання засобам враження, що наводяться на ціль на відбиток лазерного променю [6, 22].

Судячи з ТТХ БпАК Bayraktar TB2, Повітряні Сили ЗС України отримали машину з великою тривалістю польоту і можливістю ураження цілей з висоти 4800 м. Варто зазначити, що найсучасніший зенітно-ракетний комплекс, який є у окупаційного корпусу на сході України, ЗРК “Оса-АКМ”, з великими труднощами вражає цілі на такій висоті.

З іншого боку, турецький апарат має і недоліки, такі як досить мале бойове навантаження – 50 кг, що дозволяє нести лише одну або максимум дві керовані планувальні бомби або керовані ракети, які можуть вражати відносно слабозахищені об’єкти [4].

Якщо вести мову за перспективи появи вітчизняних розвідувально-ударних БпАК, то ще в 2017 році приватні підприємства ПАТ “ЧеЗаРа”, ПРАТ “НВО Практика” і польська компанія WB Electronics представили обновлений варіант БпАК Сокіл. Він складався з двох БпЛА, створених з польською ліцензією: розвідувального FlyEye і ударного дрона-камікадзе Warmate. FlyEye оснащений нічними і денними камерами і забезпечує тривалість польоту протягом 120-180 хвилин на висоті до 1000 м і дальності 50 км. Даний БпЛА обладнаний захищеними каналами передачі інформації, а також функцією повернення в точку запуска у разі втрати сигналу GPS. Інформація зібрана БпЛА FlyEye, передається на пункт управління, де приймаються рішення щодо застосування ударного дрона-камікадзе Warmate. Максимальна дальність враження цілі шляхом самознищення при влученні в ціль дрона складає 30 км. БпАК Сокіл проходив випробовування в інтересах ЗС України, проте

досі не прийнятий на озброєння. Незважаючи на те, що проект заморожений, за деякими даними, він цілком може бути розроблений в подальшому [8, 20].

Наразі, найбільш перспективним проектом вітчизняного розвідувально-ударного БпЛА є проект ДККБ "Луч", хоча заключний його варіант поки що існує лише на папері. Досвіт даного КБ такий, що цілком можна довіритися його розрахункам. Тим більше, що КБ "Луч" 6 листопада 2020 року вже продемонструвало анонсовану розробку широкому загалу і зі слів генерального конструктора "Луч" Олега Коростельова, на час проектування цього БпАК уже існує в якості серійних вузлів близько 85% комплектуючих, які застосовуються в інших виробах. Крім того не менш важлива готовність "Луча" діяти самостійно, а не кооперуватися з іншими розробниками. Повноцінний розвідувально-ударний БпЛА оперативно-тактичного класу з робочою назвою "Сокіл-300" матиме розмах крила 14 м, а його корисне навантаження повинно складати до 300 кг. Заявлена тривалість польоту БпЛА Сокіл-300 – 26 години, практична стеля – 10000-12000 м (див. табл. 4) [1, 5].

Таблиця 4. – Основні параметри та характеристики БпАК Сокіл-300 [5]

№ з/п	Параметри та характеристики	Сокіл-300		
1.	Силова установка (двигун)	AI-450T2	M-500B-05C/CEC	Rotax 914
2.	Максимальна злітна маса, кг	1225	1220	1130
3.	Маса корисного навантаження, кг	300		
4.	Маса порожнього, кг	535	530	420
5.	Максимальна дальність польоту, км	1300	1000	3300
6.	Радіус польоту: при прямому радіозв'язку/ при використанні радіоретранслятора, км	150/300		
7.	Практична стеля, м	10000-12000		
8.	Швидкість: максимальна/крейсерська, км/год	466/275	580/335	210/150
9.	Максимальна тривалість польоту, год	5	3	26
10.	Розмах крила/довжина, м	14/8,57		
11.	Озброєння	Керовані ракети типу: РК-2П, Р2-М та РК-10 з радіусом дії до 10 км		

Не зважаючи на те, що наприкінці минулого року укладено новий контракт на закупівлю партії Bayraktar TB2 для Військово-морських Сил ЗС України, в будь якому випадку проект створення вітчизняного розвідувально-ударного БпАК силами ДККБ "Луч" виглядає найбільш перспективним та економічно раціональним, який вимагає суттєвої державної підтримки та часу.

Варто зазначити, що сучасний БпАК у тому сенсі в якому його розуміють військові фахівці, то це в першу чергу засіб доставки високоточної зброї до цілі, який оснащений відповідним обладнанням для цілевказання, забезпечення спостереження (розвідки), фіксації і передачі даних в онлайн режимі [20].

До сучасних БпАК висуваються і такі вимоги як:

- мобільність та оперативність;
- передача інформації в режимі реального часу;
- захищеність БпЛА від радіозавад і передчасного виявлення у польоті;
- дешевизна, простота і модульність конструкції [17].

В свою чергу, для оцінки бойових можливостей БпАК пропонуємо використовувати п'ять зведених груп показників (факторів), які характеризують їх:

1. Часові показники (оперативність): час підготовки до вильоту (повторного вильоту), тривалість польоту, швидкість польоту, час обробки (передачі) розвідувальних даних.

2. Просторові показники: дальність польоту, висота польоту, радіус дії, глибина ведення розвідки, висота ведення розвідки.

3. Показники живучості (безпекові): максимальна висота, габарити, конструкція, можливості обладнання розвідки та засобів ураження, наявність стелс-технології, можливість роботи в умовах радіоелектронної протидії, програмування маршруту польоту, автоматичне повернення в точку запуску в разі втрати зв'язку (сигналу GPS).

4. Показники результатів ведення розвідки: наявність обладнання для ведення розвідки видимого, інфрачервоного діапазону, радіаційної розвідки, їх модульність, якість та ефективність.

5. Ударні показники щодо можливостей враження (знищення) цілей: наявність відповідного озброєння, можливості ОЕС щодо його застосування.

Часові та просторові показники зведені у таблиці 5, подальших досліджень, систематизації та оцінки потребують показники результатів ведення розвідки, ударні показники та показники живучості.

Таблиця 5. – Основні ТТХ БпАК, які знаходяться на озброєнні Повітряних Сил ЗС України та які перебувають на етапі випробувань та розробки [1, 2, 5, 9, 13, 22]

№ з/п	БпАК	За призначенням	Клас	Тривалість польоту, хв	Радіус дії (глибина), км	Дальність польоту, км	Максимальна злітна маса, кг	Маса корисного навантаження, кг	Практична стеля, м	Максимальна швидкість, км/год	Час підготовки до польоту/ повт. польоту, хв	Стан впровадження
1.	ВР-3 "Рейс"	Р	Т	30	75	180	1600	130	5000	950	35/180	В
2.	ВР-2 "Стриж"	Р	ОТ	54	400	1000	5370	100	6000	1110	15/240	В
3.	ACS-3	Р	Т	1440	120*	2500	21	5	3000	140	15	В
4.	ACS-3M	Р	Т	1800	120*	2500	23	7	4500	160	15	ЕВ
5.	Bayraktar TB2	РУ	ОТ	1440	150*	4000	650	50	6750	222	40	В
6.	Сокіл-300 *A*	РУ	ОТ	300	150*	1300	1220	300	10000-12000	466	*нв*	ЕР
	M			180		1000	1225			580		
	R			1560		3300	1130			210		

Примітки. Позначення в табл. 4: Р – розвідувальний; РУ – розвідувально ударний; Т – тактичний; ОТ – оперативно-тактичний; * – з передачею даних в режимі реального часу (без ретрансляторів); В – впроваджено; ЕВ – на етапі випробовування; ЕР – на етапі розробки; *нв* – невідомо; в залежності від двигуна (*A* – AI-450T2, *M* – M-500B-05C/CEC, *R* – Rotax 914).

Оскільки, статистична інформація, для порівняння бойових можливостей БпАК за групами показників, відсутня і її не можна кількісно виразити, то в роботі використано метод експертних оцінок (експертний метод). Сутність якого полягає в обробці інформації, отриманої шляхом опитування експертів. Використання експертів як джерел інформації про майбутній розвиток досліджуваного процесу (явища, об'єкта), ґрунтується на гіпотезі наявності бодай у частини провідних спеціалістів конкретної області глибоких і достатніх знань про шляхи розв'язання досліджуваних проблем [23].

Для визначення вагових коефіцієнтів об'єктів за групами показників (факторами), з достатнім рівнем довіри до експертних оцінок, використано метод аналітичних записок, а за математичний апарат – методи прямої розстановки і ранжування.

Відповідно до згаданих методів процес експертизи включав декілька етапів: визначення придатності і компетентності експерта; проведення опитування; обробка результатів опитування; визначення узгодженості думки експертів [23, 24].

Безпосередньо, до роботи з оцінювання залучалася група експертів з десяти осіб, які у своїй діяльності зустрічалися з досліджуваним питанням, займалися його вивченням або працюють у даній сфері.

На другому етапі, кожному експерту пропонувалося оцінити бойові можливості БпАК давши оцінку кожному з них за п'яти групам показників (факторами), методом

прямої розстановки балів (в межах від 0 до 100 з кроком 10, де 0 – мінімальна оцінка, 100 – максимальна).

На наступному етапі, для обробки матеріалів колективної експертної оцінки відносної ваги окремого об'єкту (БпАК), дані, отримані в балах були проранжовані (числами натурального ряду від 1 до 5). Ранг, рівний одиниці, присвоювався найбільш важливому об'єкту; ранг, рівний десяти – найменш важливому.

Розрахунок вагового коефіцієнту (коефіцієнту значущості) для кожного БпАК у відповідній групі показників (встановленого в цілому по групі експертів) здійснювався за формулою [24]:

$$K_j = \frac{mn - S_j}{0{,}5mn(n-1)}, \tag{1}$$

де m – число експертів; n – число оцінюваних об'єктів (БпАК) в групі;

$S_j = \sum_{i=1}^{m} R_{ij}$ – сума рангів по i-му об'єкту.

Визначення нормативного вагового коефіцієнту K_j, який є величиною зворотною кількості ранжируваних об'єктів (БпАК):

$$K_n = \frac{1}{n}, \tag{2}$$

Приймалося, що вагоміші об'єкти ті, у яких значення вагового коефіцієнту K_n дорівнює або перевищує значення нормативного коефіцієнта K_n.

Оцінка ступеня узгодженості думок експертів здійснювалась (для всієї групи експертів) за допомогою коефіцієнту конкордації, що розраховувався за формулами [20].

- у випадку відсутності однакових (стандартизованих) рангів:

$$K_{кон} = \frac{12\sum_{j=1}^{n} d_j^2}{m^2(n^3 - n)}, \tag{3}$$

- за наявності однакових (стандартизованих) рангів:

$$K_{кон} = \frac{12\sum_{j=1}^{n} d_j^2}{m^2(n^3 - n) - m\sum_{i=1}^{m} T_i}, \tag{4}$$

де $\sum_{j=1}^{n} d_j^2$ – сума квадратів відхилень всіх оцінок рангів для кожного БпАК у відповідній групі від середнього значення, де d_j визначається за формулою:

$$d_j = S_j - \frac{\sum_{j=1}^{n} S_j}{n}, \tag{5}$$

де T_i – повторюваність однакових рангів, визначається за формулою:

$$T_i = \sum_{l=1}^{L} (t_l^3 - t), \qquad (6)$$

де l – кількість груп зв'язаних (однакових) рангів;

t_l – кількість зв'язаних рангів у кожній групі.

Розрахунки виконувались тільки для методу ранжування, оскільки при розрахунку коефіцієнта конкордації для методу прямої розстановки необхідно кожному балу присвоїти ранги.

Коефіцієнт конкордації змінюється в межах від 0 до 1,0. Чим більше значення коефіцієнт конкордації, тим вище ступінь узгодженості думок експертів.

Якщо $K_{кон} = 1{,}0,$ то є повна узгодженість думок експертів; якщо $K_{кон} = 0,$ то узгодженість повністю відсутня. У нашому випадку коефіцієнти конкордації для кожної з груп показників (факторів): $K_{кон.ч} = 0{,}94,$ $K_{кон.п} = 0{,}96,$ $K_{кон.ж} = 0{,}82,$ $K_{кон.р} = 0{,}86,$ $K_{кон.у} = 0{,}6,$ що свідчить про наявність достатньо високого рівня узгодженості думок експертів.

Результати розрахунків вагових коефіцієнтів та коефіцієнту конкордації наведені у таблиці 6.

Таблиця 6. – Результати розрахунків вагових коефіцієнтів та коефіцієнту конкордації

Група показників	БпАК	Експерт										S_j	K_j	d_j	d_j^2	$K_{кон}$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Часові	ВР-3 "Рейс"	5	4,5	5	5	4,5	4	4	5	5	5	47	0,03	17,3	299,29	0,94
	ВР-2 "Стриж"	4	4,5	4	4	4,5	5	5	4	4	4	43	0,07	13,3	176,89	
	ACS-3 / 3M	2,5	3	3	3	1,5	2,5	2	2,5	3	3	26	0,24	-3,7	13,69	
	Bayraktar TB2	2,5	1,5	1	2	1,5	2,5	2	2,5	1	1,5	18	0,32	-11,7	136,89	
	Сокіл-300	1	1,5	2	1	1,5	1	2	1	2	1,5	14,5	0,35	-15,2	231,04	
Разом		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	148,5	-	-	857,8	
Середнє значення		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29,7	-	-	-	
Повторюваність, T_j		6	12	0	6	30	6	24	6	6	6	102	-	-	-	
Просторові	ВР-3 "Рейс"	5	5	4,5	5	5	5	5	5	5	4,5	49	0,01	19,1	364,81	0,96
	ВР-2 "Стриж"	4	4	4,5	4	4	4	4	3,5	3,5	4,5	40	0,1	10,1	102,01	
	ACS-3 / 3M	3	3	3	3	3	2,5	3	3	3,5	3	30	0,2	0,1	0,01	
	Bayraktar TB2	1,5	2	1,5	2	1,5	2,5	2	2	2	1,5	18,5	0,31	-11,4	129,96	
	Сокіл-300	1,5	1	1,5	1	1,5	1	1	1	1	1,5	12	0,38	-17,9	320,41	
Разом		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	149,5	-	-	917,3	
Середнє значення		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29,9	-	-	-	
Повторюваність, T_j		6	0	12	0	6	6	0	0	6	12	48	-	-	-	
Живучості	ВР-3 "Рейс"	4,5	5	5	3,5	5	4,5	4,5	5	5	4	46	0,04	15,8	249,64	0,82
	ВР-2 "Стриж"	3	4	3,5	5	4	3	4,5	4	3	5	39	0,11	8,8	77,44	
	ACS-3 / 3M	4,5	3	3,5	3,5	3	4,5	3	3	4	3	35	0,15	4,8	23,04	
	Bayraktar TB2	2	1,5	1	2	2	1,5	2	2	1	1,5	16,5	0,34	-13,7	187,69	
	Сокіл-300	2	1,5	2	1	1	1,5	1	1	2	1,5	14,5	0,36	-15,7	246,49	
Разом		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	151	-	-	784,3	
Середнє значення		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,2	-	-		
Повторюваність, T_j		6	6	6	6	6	12	6	0	0	6	54	-	-		
Розвідки	ВР-3 "Рейс"	4	4,5	5	3	3	4,5	4,5	4	3,5	4	40	0,1	10,8	116,64	0,86
	ВР-2 "Стриж"	5	4,5	4	4,5	4	4,5	4,5	5	5	5	46	0,04	16,8	282,24	
	ACS-3 / 3M	3	3	3	4,5	1,5	3	3	3	3,5	3	30,5	0,20	1,3	1,69	
	Bayraktar TB2	2	1,5	2	1	1,5	2	1	2	1,5	2	16,5	0,33	-12,7	161,29	
	Сокіл-300	1	1,5	1	2	1	1	2	1	1,5	1	13	0,37	-16,2	262,44	
Разом		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	146	-	-	824,3	

Група показників	БпАК	Експерт										S_j	K_j	d_j	d_j^2	$K_{кон}$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Середнє значення		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29,2	-	-	-	
Повторюваність, T_j		0	12	0	6	6	6	6	0	12	0	48	-	-	-	
Ударні	ВР-3 "Рейс"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60
	ВР-2 "Стриж"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	ACS-3 / 3M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Bayraktar TB2	1,5	1,5	2	1,5	2	2	2	1,5	2	2	18	0,2	3	9	
	Сокіл-300	1,5	1,5	1	1,5	1	1	1	1,5	1	1	12	0,8	-3	9	
Разом		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	18	
Середнє значення		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	
Повторюваність, T_j		6	6	0	6	0	0	0	6	0	0	24	-	-	-	

Результати оцінювання бойових можливостей розглянутих в роботі БпАК за п'яти групами показників наведені в табл. 7 (у відсотках) та на рис. 1, 2 у вигляді пелюсткових діаграм. Найбільш вагомі результати зафіксовано у розвідувально-ударного БпАК Bayraktar TB2 турецького виробництва та розвідувально-ударного БпАК Сокіл-300 (проект ДККБ "Луч"), що не викликає сумніву, оскільки "конкурентами" у них виступали розвідувальні БпАК (ударні показники – відсутні). Але, повторна оцінка без врахування групи ударних показників (див. рис. 2) засвідчує їх значну перевагу над іншими зразками озброєння і в цьому випадку.

Таблиця 7. – Результати оцінювання бойових можливостей БпАК (відповідно до вагових коефіцієнтів виражених у відсотках)

Показники	**БпАК**				
	ВР-3 "Рейс"	**ВР-2 "Стриж"**	**ACS-3/3M**	**Bayraktar TB2**	**Сокіл-300**
Часові	3	7	24	32	36
Просторові	1	10	20	36	38
Живучості	4	11	15	34	36
Розвідки	10	4	20	33	38
Ударні	-	-	-	20	80

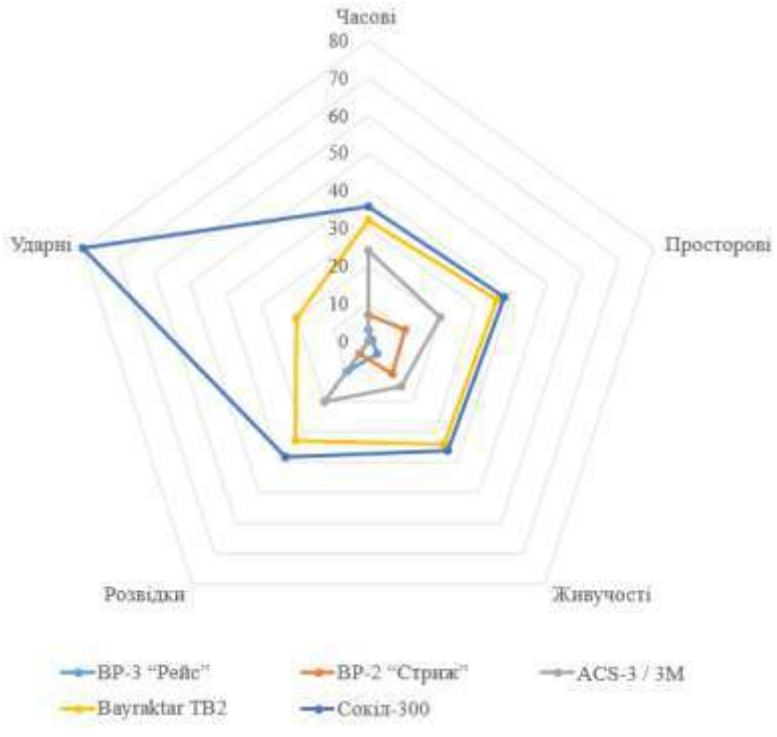


Рисунок 1. – Результати оцінювання бойових можливостей БпАК
(п’ять груп показників)

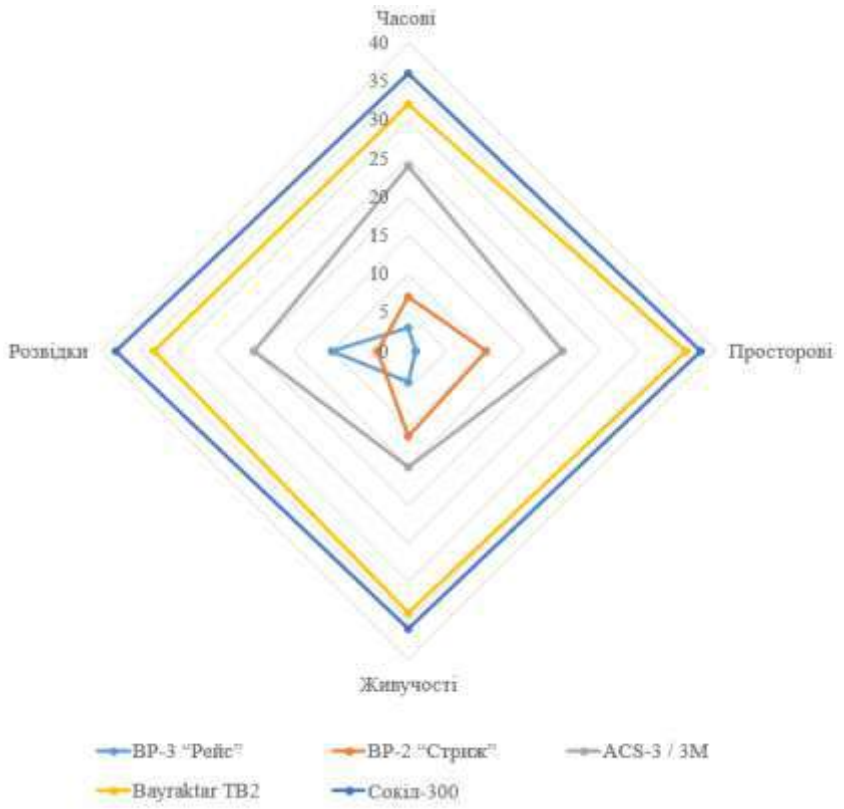


Рисунок 2. – Результати оцінювання бойових можливостей БпАК
(чотири групи показників)

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, в роботі здійснено аналіз ТТХ та бойових можливостей розвідувальних, розвідувально-ударних БпАК Повітряних Сил ЗС України та перспективних для прийняття на озброєння зразків БпАК з точки зору ефективності їх застосування в сучасних умовах бою.

Запропоновано для оцінки бойових можливостей БпАК використовувати п’ять груп показників: часові, просторові, живучості, розвідувальні та ударні. За допомогою методу експертних оцінок за групами показників здійснено порівняння бойових можливостей розглянутих в роботі БпАК.

За результатами аналізу, встановлено, що застарілі зразки БпАК радянського виробництва не відповідають сучасним вимогам. Найбільш ефективними з досліджуваних у роботі зразків виявилися: розвідувально-ударний БпАК Bayraktar TB2 турецького виробництва та проект розвідувально-ударного БпАК Сокіл-300 розроблений ДККБ “Луч”.

Також, за результатами аналізу ТТХ БпАК була актуалізувала необхідність сфокусувати увагу на розробці вітчизняних зразків розвідувально-ударних, ударних БпАК оперативно-тактичного та оперативного класу, які відсутні на озброєнні в ЗС України.

В подальших дослідженнях необхідно зосередити увагу на відпрацюванні методики підвищення ефективності бойового застосування розвідувальних, розвідувально-ударних БпАК Повітряних Сил ЗС України.

Перспективним напрямком досліджень є напрацювання науково обґрунтованих пропозицій щодо удосконалення існуючої класифікації БпЛА БпАК з подальшим внесенням змін до наказу Міністерства оборони України від 08 грудня 2016 року № 661

“Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України”.

Окремого вивчення потребують питання удосконалення, запропонованого в дослідженні, механізму оцінювання бойових можливостей БпАК за групами показників та їх систематизація.

Список використаних джерел

1. Бадрак В. Сокіл 300” vs Bayraktar TB2. Що потрібно для створення українського ударного дрона. URL: https://cacds.org.ua/?p=10032 (дата звернення 28.03.2021 р.).
2. Безпілотний авіаційний комплекс Raybird-3 підтвердив відповідність вимогам до тактичних БпАК. URL: https://www.ukrmilitary.com/2018/08/raybird-3.html (дата звернення 28.03.2021 р.).
3. Война. Первые уроки // Журнал “Defense Express”. – 2014. – № 12. – С. 10-11. URL: https://issuu.com/defenseexpress/docs/defense_express-12-2014/10 (дата звернення 28.03.2021 р.).
4. Жирохов М. Війна дронів: як Україна впроваджує ударні безпілотники. URL: https://mind.ua/openmind/20196145-vijna-droniv-yak-ukrayina-vprovadzhue-udarni-bezpilotniki (дата звернення 30.03.2021 р.).
5. Замкнути високоточний контур. Як “Сокіл-300” очолить бойову тріаду “Нептуна” та “Вільхи” // Журнал “Defense Express”. – 2020. – № 12. – С. 12-21. URL: https://defence-ua.com/media/pdf/free_c2a5fdd277203959.pdf (дата звернення 30.03.2021 р.).
6. Згурець С. Перевірено війною. Успішна тактика турецького безпілотника Bayraktar TB2: висновки для України / С. Згурець // Журнал “Defense Express”. – 2021. – № 1-2. – С. 16-19. URL: https://defence-ua.com/media/pdf/free_c076023ab288a7e8.pdf (дата звернення 30.03.2021 р.).
7. Згурець С. Як Туреччина з допомогою України створює зброю майбутнього / С. Згурець, О. Катков, А. Міхненко // Журнал “Defense Express”. – 2020. – № 1. – С. 42-47. URL: https://defence-ua.com/media/pdf/free_5aa5f2c7cc31ba64.pdf (дата звернення 30.03.2021 р.).
8. Кущелеп Г. Ударні БпЛА України. URL: https://defence-ua.com/weapon_and_tech/udarni_bpla_ukrajini-456.html (дата звернення 30.03.2021 р.).
9. Левков О. Новий двигун, нове програмне забезпечення та корисне навантаження – розповідаємо, чому оновлений ACS-3 став ще крутішим / О. Левков // Журнал “Defense Express”. – 2020. – № 10-11. – С. 48-49. URL: https://defence-ua.com/media/pdf/free_dc25f8ac9d333e24.pdf (дата звернення 30.03.2021 р.).
10. Розвідувальний БПЛА Raybird-3 навчився злітати з автомобіля під час руху. URL: https://defence-ua.com/news/rozviduvalnij_bpla_raybird_3_navchivsja_zlitati_z_avtomobilja_pid_chas_ruhu_video-3177.html (дата звернення 30.03.2021 р.).
11. Туреччина показала нові БПЛА Bayraktar TB2 для ВМСУ. URL: https://defence-ua.com/news/turechchina_pokazala_novi_bpla_bayraktar_tb2_dlja_vmsu_foto-3074.html (дата звернення 30.03.2021 р.).
12. Василин Н.Я. Беспилотные летательные аппараты. Боевые, разведывательные / Н.Я. Василин. – Мн. : ООО “Попурри”, 2003. – 272 с.
13. Сальник Ю.П. Сучасний стан оснащення Збройних Сил України безпілотними авіаційними комплексами / Ю.П. Сальник, І.В. Матала, В.А. Онищенко // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2011. – № 2(28). – С. 46-51.
14. Алімпієв А.М. Результати аналізу основних класів безпілотних літальних апаратів для оцінювання можливості їх спільного застосування з армійською авіацією

А.М. Алімпієв, М.І. Ватан, В.В. Тюрін, В.І. Масягін // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 1(45). – С. 6-9.
15. Корченко А.Г. Обобщённая классификация беспилотных летательных аппаратов / А.Г. Корченко, О.С. Ильяш // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2012. – № 4(33). – С. 27-36.
16. Тимочко О.І. Класифікація безпілотних літальних апаратів / О.І Тимочко, Д.Ю. Голубничий, В.Ф. Третяк, І.В. Рубан // Системи озброєння і військова техніка. – 2007. – № 1(9). – С. 61-67.
17. Даник Ю.Г. Обґрунтування загальних вимог до оперативно-тактичних та тактичних безпілотних авіаційних комплексів / Ю.Г. Даник, О.В. Соловйов, І.В. Пулеко, П.В. Поздняков // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем. – 2013. – Вип. 7. – С. 21-30.
18. Павленко М.А. Рекомендації щодо ефективного використання ударних безпілотних літальних апаратів в операції Об'єднаних сил / М.А. Павленко, І.М. Тіхонов, І.А. Нікіфоров // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2021. – № 1(42). – С. 131-136.
19. Сальник Ю.П. Аналіз технічних характеристик і можливостей безпілотних авіаційних комплексів оперативно-тактичного / Ю.П. Сальник, І.В. Матала // Військово-технічний збірник. – 2010. – Вип. 3. – С. 70-74.
20. Горбулин В.П. Как победить Россию в войне будущего / В.П. Горбулин. – К. : Брайт Букс, 2020. – 256 с.
21. Правила виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України затверджені наказом Міністра оборони України від 08 грудня 2016 року № 661 // Офіційний вісник України. – 2017 р., № 13, стор. 86, стаття 378, код акта 84816/2017. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0031-17#n493 (дата звернення 30.03.2021 р.).
22. Bayraktar TB2 Tactical UAV – Baykar. URL: https://www.baykarsavunma.com/upload/ingilizce/Baykar_catalog_eng.pdf (дата звернення 31.03.2021 р.).
23. Грабовецький Б.Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання : монографія / Б.Є. Грабовецький. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 171 с.
24. Коробов В.Б. Сравнительный анализ методов определения весовых коэффициентов "влияющих факторов" / В.Б. Коробов // Социология: Методология, методы, математические модели. – М., 2005. – Вып. 20/2005. – С. 54–73.

Василенко Ольга Анатоліївна [1]
Міщенко Василь Борисович ***(канд. військ .наук., с.н.с.)***[2]
Єрко В'ячеслав Володимирович[1]

[1]*Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ*
[2]*Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ*

ДОСВІД СПІЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПІЛОТОВАНОЇ І БЕЗПІЛОТНОЇ АВІАЦІЇ В ЗБРОЙНИХ КОНФЛІКТАХ СУЧАСНОСТІ

У статті проведений аналіз спільного застосування пілотованої і безпілотної авіації під час збройних конфліктів останніх десятиріч та з урахуванням досвіду проведення Антитерористичної операції (АТО) та Операції об'єднаних сил (ООС) на території Донецької та Луганської областей.

Визначені актуальні проблеми та шляхи їх вирішення щодо підвищення ефективності застосування авіації Збройних Сил України в сучасних умовах. Проведено аналіз переваг і недоліків спільного застосування груп пілотованої та безпілотної авіації. Зокрема висвітлено ідеї щодо спільного бойового застосування пілотованої та безпілотної авіації, з можливостю керування безпілотними літальними апаратами не тільки з наземного пункту управління, а й з борту пілотованого літального апарату. Висвітлені особливості спільного застосування пілотованої (тактичної) авіації та ударних безпілотних літальних апаратів.

Ключові слова: *пілотована (тактична) авіація, ударні безпілотні літальні апарати, бойові дії, розвідка, гібридна війна.*

Вступ. На сьогодні авіація розглядається військово-політичним керівництвом провідних країн світу, як найважливіший інструмент забезпечення національної безпеки і досягнення успіху в сучасних збройних конфліктах, які характеризуються високою динамічністю дій протиборчих сторін, значним просторовим розмахом і обмеженістю часу на планування застосування і координацію дій авіації.

В майбутньому кардинальне підвищення можливостей авіації пов'язане з появою нових конструктивних рішень літальних апаратів, підвищенням точності авіаційних засобів ураження, зниженням їх масогабаритних показників. З метою забезпечення ефективного застосування авіації планується розширення номенклатури і збільшення чисельності безпілотних літальних апаратів (БпЛА), розроблення і уточнення форм бойового застосування і способів спільних дій пілотованої і безпілотної авіації під час виконання розвідувальних і ударних завдань.

Постановка проблеми. Характерною тенденцією сучасних війн є намагання сторін вести дистанційні бойові дії. Війська все більше діють при відсутності безпосереднього контакту з противником та чітко вираженої лінії фронту. Також одним із завдань авіації є знищення незаконних збройних формувань (НЗФ) і баз терористичних організацій. Тому обсяг та значення завдань, які виконують авіація та БпЛА, значно зростають.

Крім того, на сьогодні, з урахуванням досвіду останніх локальних війн і воєнних конфліктів, зокрема під час АТО (ООС) особлива увага приділяється питанням застосування ударних безпілотних літальних апаратів (БпЛА). Основна тенденція застосування ударних БпЛА спрямована на збільшення їх кількості під час планування бойових дій за участю тактичної авіації. Це пов'язано з можливістю мінімізувати втрати серед льотних екіпажів, а також зі збільшеними бойовими можливостями самих ударних БпЛА. Отже, аналіз форм, способів та тактичних прийомів спільного застосування

пілотованої та безпілотної авіації є необхідним.

Таким чином, підвищення ефективності застосування пілотованої (тактичної) авіації за рахунок використання бойових можливостей БпЛА є актуальним науковим та прикладним завданням. А саме,

Метою статті є аналіз та обгрунтування раціональних способів спільного застосування пілотованої та безпілотної авіації (їх сильних і слабких сторін) під час виконання розвідувальних і ударних завдань у збройних конфліктах сучасності та з урахуванням досвіду проведення АТО (ООС) на території Донецької та Луганської областей.

Аналіз літератури. Аналіз сучасних війн та збройних конфліктів дає підстави говорити про широке застосування ударних БпЛА, як про ефективну сучасну зброю. В [1] описано досвід використання безпілотних авіаційних комплексів для вогневого ураження противника в арабоізраїльських війнах. Аналіз досвіду створення і застосування ударних БпЛА, їх сучасного стану та перспектив подальшого розвитку, а також їх спільного застосування з пілотованою авіацією, зокрема винищувальною, за поглядами провідних країн світу наводиться в [2–9].

Нині застосування ударних БпЛА забезпечує високу ефективність ураження об'єктів противника та зниження ризику втрати дорогої пілотованої авіаційної техніки та екіпажу. Однак, питання спільного бойового застосування пілотованої та безпілотної авіації висвітлені недостатньо.

Виклад основного матеріалу дослідження. Підвищена увага до питань спільного застосування пілотованої і безпілотної авіації сформувалася в результаті аналізу застосування БпЛА у військових конфліктах кінця XX – початку XXI століття і напрямів розвитку збройних сил провідних країн світу.

Можливість успішного вирішення різноманітних завдань за допомогою БпЛА було продемонстровано ще під час воєнних конфліктів на Близькому Сході (1982–2008 рр.), в Іраку (1991 р.), Балканах (1999 р.), в Афганістані (2001–2008 рр.) та на Кавказі (1994-2008 рр.).

Перехід провідних країн світу на сьомий технологічний рівень дозволяє самостійно з мінімальними матеріально-технічними витратами організувати серійне виробництво безпілотної авіаційної техніки військового призначення.

Крім того, досвід проведення АТО (ООС) свідчить про підвищення активності застосування БпЛА для виконання бойових завдань, зокрема для завдання ударів з: вибірковим ураженням важливих об'єктів інфраструктури та системи управління; подавленням важливих об'єктів противника, баз, таборів і безпосередньо керівництва терористичних формувань.

Завдання, що виконувались авіаційними підрозділами в інтересах угруповань військ в АТО (ООС) були, насамперед, винищувальне авіаційне прикриття дій ударної, розвідувальної та транспортної авіації; нанесення авіаційних ударів по опорних пунктах, вогневих позиціях, базам підготовки та скупчення живої сили і техніки НЗФ; нарощування системи управління через ретрансляцію сигналів бойового управління; повітряні перевезення військ, озброєння, бойової техніки та інших матеріальних засобів, санітарні перевезення, десантування повітряних десантів та вантажів; авіаційна підтримка військ (сил); ведення повітряної розвідки та інші.

Під час виконання цих завдань встановлені такі особливості:

висока ефективність системи розвідки НЗФ, що забезпечується підтримкою всіх наявних сил та засобів, що є в розпорядженні РФ;

скорочений час від постановки до виконання завдання, обумовлений високою мобільністю підрозділів бойовиків та їх диверсійних груп;

необхідність застосування літаків ретрансляторів для підтримки радіозв'язку з екіпажами, які виконують завдання на надмалій висоті;

подавлення радіозв'язку між екіпажами і пунктами управління, або можливого перехоплення їх переговорів і втручання сторонніх осіб з метою дезінформації і зриву управління;

неоднорідність та складність фізико-географічних умов східного району України, що ускладнюють візуальне орієнтування льотного складу, особливо на малій висоті польоту;

щільна ешелонована система ППО противника та розвинута система інформаторів про дії наших військ.

Крім того, на виконання завдань авіацією впливали такі фактори:

відсутність управління (частково) та наведення (обмежене радіолокаційне поле по різним висотам, особливо на малих висотах) з нашого боку, в той час як противник організував управління літаками РФ у повітрі як з наземних так і повітряних ПУ (А-50, Іл-28), на різних висотах;

опромінювання наших літаків наземними системами ППО з боку кордону РФ (в режимі виявлення, захоплення та супроводження);

створення противником перешкод на робочих каналах радіозв'язку;

низька надійність авіаційної техніки;

зміна або уточнення задачі в повітрі на маршруті у зону АТО, або вже над зоною АТО.

Виконання завдань повітряної розвідки показало недостатню ефективність застосування наявних сил та засобів розвідки внаслідок відсутності передавання розвідувальних даних в реальному масштабі часу; це знижувало результативність вогневого ураження по об'єктам розвідки, більшість яких були мобільними.

Аналіз виконання авіацією завдань в ході АТО (ООС) свідчить, що авіація залишається практично єдиним засобом для знищення, подавлення противника на максимально можливій відстані від своїх військ, запобігання безпосереднього вогневого контакту з ним. Має великі потенційні можливості, але потребує організаційного і технічного вдосконалення, надходження нових засобів збройної боротьби та переходу до більш ефективних форм і способів бойового застосування.

Зазначені фактори та особливості впливали на виконання завдань авіацією. При цьому, пілотована і безпілотна авіація застосовувалась окремо, що призводило до до втрат як техніки, так і льотного екіпажу.

З вищезазначеного випливає висновок: підвищення ефективності застосування авіації можливе за рахунок спільного застосування пілотованої (тактичної) і безпілотної авіації.

На сучасному етапі значний досвід в галузі спільного застосування пілотованої і безпілотної авіації накопичений в сухопутних військах США. Так, в армійській авіації відпрацьовується порядок дій спеціалізованого ударного вертольота АН-64Е Apache "Guargdian" спільно з БЛА RQ-7B "Shadoy-200" і MQ-1C "Gray Eagle".

Екіпаж вертольоту, який має у розпорядженні БпЛА, здійснює обмін даними з ним в реальному масштабі часу, управляє його польотом, засобами інформаційного забезпечення і озброєнням. Це дозволяє досягати таких переваг: велика дальність виявлення цілей, більший запас авіаційних засобів ураження (сумарний боєзапас складають засоби вертольоту і БпЛА), а також низька ймовірність ураження вертольоту,

зважаючи на скорочення терміну або повного виключення його перебування в зоні досяжності засобів ураження противника.

Збільшення можливостей із застосування вертольотів і БпЛА у складі групи пов'язане з проведенням низки організаційно-технічних заходів. До основних з них належать: впровадження БпЛА в оргштатну структуру авіаційних формувань; проведення відповідної підготовки льотного складу (теоретичної, практичної, психологічної) і техніки до функціонування в єдиному складі.

У зв'язку з цим очікується розширення номенклатури і збільшення чисельності БпЛА в бригадах армійської авіації. До складу бойової бригади армійської авіації вводяться три взводи БЛА по чотири RQ-7B "Shadow-200" в кожному і одна рота, що має на озброєнні 12 БЛА MQ-1C "Gray Eagle". Передбачається вдосконалення засобів управління і обміну інформацією з апаратами за одночасного підвищення захищеності каналів, розширенні варіантів спільного застосування з БпЛА декількох типів, вдосконалення технології передавання прав управління ними та порядку дій в нештатних ситуаціях.

У США головним "ідейним лідером" у галузі застосування БпЛА і пілотованих літальних апаратів є Управління перспективних досліджень міністерства оборони США (Defense Advanced Research Projects Agency – DARPA).

Довгострокові програми DARPA дозволяють підвищити результативність застосування авіаційних формувань змішаного складу. Розглянемо основні з них.

1. *Система управління нечисленною групою БпЛА.* Реалізація цієї програми передбачає створення системи, що збільшує автономність БпЛА і спрощує їх групове застосування в складних фізико-географічних умовах і/або активної радіоелектронної протидії з боку противника. Основна мета – збільшення можливостей "спільної автономності", а саме синхронізація інформації усередині групи БпЛА, вироблення низки варіантів спільних дій та їх коригування у разі зміни обстановки. Оператор повинен лише вибрати один із запропонованих йому варіантів дій. Перевагою є підвищення живучості окремих БпЛА за рахунок можливості ділитися необхідними даними з іншими членами групи при виході з ладу або подавленні будь-яких систем (наприклад, навігації або цілевказання).

Пріоритетною вимогою до системи управління БпЛА є можливість управління групою таких апаратів без постійного контролю.

Оператор, який управляє групою БпЛА, матиме актуальні дані про її стан, статус завдань, що стоять в черзі, а також про можливі алгоритми дій. За необхідності командир може виділяти на моніторі частину групи БпЛА, привласнювати їм позивний і відправляти знову сформовану групу на виконання нового завдання. При цьому завдання, які покладені на них раніше, автоматично перерозподіляються між апаратами, що залишилися. Після виконання завдання група продовжує діяти за основним планом або чекає нового завдання залежно від заздалегідь створеного алгоритму дій. Передбачено, що управління БпЛА може передаватися іншим операторам залежно від зміни обстановки.

На практиці ця система може бути впроваджена у ВМС – у рамках спільного застосування БЛА MQ-4C "Triton" і літаків ДРЛВ і управління E-2D, РЕБ EA-18G "Growler", у ВПС – управління ударним БЛА з борту бойового літака F-35A.

2. Система управління діями елементів змішаної групи. Мета програми – створення системи управління, спроможної розподіляти функції і координувати дії груп під час подолання системи ППО. Фактично увесь ешелон прориву ППО буде складатися з багатокомпонентних бойових груп, які підпорядковані єдиній системі.

Планується, що центром такої системи буде винищувач (багатофункціональний авіаційний комплекс) у якості повітряного командного пункту. Пілот винищувача самостійно буде приймати рішення на дії. З метою скорочення часових показників циклу вироблення, введення і передавання команд управління створюється автоматизована система підтримки прийняття рішення.

Як основні засоби отримання розвідувальних даних про елементи зональної або об'єктової системи ППО планується використовувати БпЛА, доставку яких в район виконання завдання буде здійснювати безпілотний транспортний літак (на базі С-130 "Hercules"). У разі прийняття рішення на ураження – засобами ураження можуть бути крилаті ракети, які розташовується на транспортному літаку, або розвідувальні БпЛА.

3. *Багатофункціональні БпЛА.* Розподіл між засобами завдань розвідки і ураження об'єктів призводить до зниження оперативності ураження об'єкта і, як результат, до втрати ініціативи на полі бою. Компенсувати цей недолік передбачається за рахунок створення напівавтономних недорогих БпЛА, спроможних діяти як в бойовому, так і в розвідувальному варіанті.

Після запуску БпЛА повинні групуватися за принципом "рою", формувати локальну мережу зі стійким та безперервним зв'язком. При цьому передавання команд управління і високошвидкісний обмін інформацією про взаємне розташування БпЛА в групі будуть забезпечені завдяки використанню перспективної системи побудови бойового порядку. БпЛА, оснащений бойовою частиною і системою радіолокаційного наведення, повинен виконувати політ за заданою програмою до захоплення радіолокаційного випромінювання цілі. Після захоплення цілі він пікірує та уражає її. У разі зриву захоплення (РЛС вимкнулася) БпЛА може перейти в режим патрулювання з подальшим повторенням атаки. Згідно із задумом фахівців DARPA, після закінчення виконання завдання уцілілі БпЛА повинні повертатися на літак-носій за допомогою спеціальної системи підхоплення апаратів в повітрі.

В ході дій у складі груп ешелону прориву ППО більшість з них з великою ймовірністю буде знищена, проте тим, що залишаться, вдасться досягти цілі і вивести з ладу один або декілька елементів системи ППО. При цьому противником буде витрачено значну кількість боєприпасів, а співвідношення втрат у фінансовому еквіваленті виявиться непорівнянним. Цей спосіб дозволить в стислі терміни здійснити прорив в системі ППО противника і сформувати сприятливі умови для дій своєї авіації.

Під час нальоту для боротьби з літаками-перехоплювачами планується задіювати частину БпЛА як засоби РЕБ і віддалені ретранслятори. Такі перспективні можливості БпЛА, з одного боку, скоротять можливості бортових РЛС літаків противника, а з іншої – збільшать дальність виявлення і застосування авіаційних засобів ураження дружніми літаками.

Важливе значення масований наліт БпЛА матиме під час безпосередньої підтримки наземних сил. Бойові можливості наземних підрозділів повинні істотно зрости за рахунок використання єдиної інформаційно-комунікаційної мережі. Маючи можливість отримувати інформацію з будь-якого БпЛА, який знаходиться в потрібному районі, командир безпосередньо на полі бою буде використовувати її для ухвалення рішення або навіть брати на себе управління БпЛА з подальшим застосуванням його як високоточної зброї.

Значний внесок у розвиток теоретичних основ спільного застосування авіації належить також фахівцям Центру стратегічних і бюджетних оцінок ВМС США (Center for Strategic and Budgetary Assessments – CSBA). Зокрема, це питання тактики завоювання панування в повітрі. Результатом моделювання епізодів повітряного бою стала оцінка

можливих спільних дій групи БпЛА і пілотованого малопомітного літального апарату з апаратурою виявлення далекої дії, і їх вплив на співвідношення можливих втрат.

Отже, застосування багатоцільових БпЛА великої тривалості польоту в бойовому порядку з літальним апаратом, виконаним за технологією "стелс" і озброєного ракетами класу "повітря-повітря" надвеликої дальності (very long range "air-to-air missiles"), може значною мірою підвищити ефективність їх дій в операціях під час завоювання панування в повітрі.

Питання розроблення алгоритмів застосування великої кількості взаємодіючих БпЛА за принципом "рою" нині є актуальним. В той же час створення таких алгоритмів і використання групи БпЛА, яка має "колективний розум" і відповідає концептуальним вимогам "спільної автономії", пов'язані зі значними труднощами, насамперед у відсутності досвіду об'єднання різнорідних систем подібного роду.

Основні проблемні питання під час розроблення підходів до спільного застосування пілотованої і безпілотної авіації:

відсутність нормативно-правової бази, що регламентує допустимі межі автономності БпЛА і робототехніки в цілому, відповідальність за виникнення нештатних ситуацій, допущених з вини штучного інтелекту, особливо з питань ураження;

підвищення вимог до психологічної стійкості та рівня підготовки пілота, який контролює дії одночасно декількох БпЛА;

слабке опрацювання технічної складової питань об'єднання різнорідних бойових систем.

Для набуття досвіду з питань спільного застосування пілотованої і безпілотної авіації проводяться польотні завдання, відпрацьовуються такі питання застосування авіації: установка віртуальною зброєю БпЛА міток на повітряні цілі (імітація повітряного бою), приземлення апаратів на базі противника (імітація ураження наземних об'єктів) і логістичне забезпечення "роїв".

Особлива увага приділялася питанням захисту БпЛА від протидії противника, оскільки канали зв'язку і управління потенційно уразливі і втрата дорогої бойової техніки в реальних умовах завдаватиме відчутного економічного збитку, при цьому захоплена техніка може бути використана проти своїх же військ.

Крім того, в умовах складної, динамічної обстановки, зважаючи на свої фізіологічні особливості, людина часто не в змозі прийняти правильне рішення. У багатьох випадках "штучний інтелект" здатний конкурувати з людиною, навчатися і нарощувати потенціал в швидкості та безпомилковості ухвалення рішення. Вищезазначене викликає необхідність у теоретичному обґрунтуванні та практичному відпрацюванні питань спільного застосування пілотованої і безпілотної авіації. Передусім це підвищення ефективності виконання розвідувальних і ударних завдань за одночасного зниження ризику втрати дорогої пілотованої авіаційної техніки і екіпажу.

У перспективі до 2050 року заплановано перехід на безпілотну авіацію, яка буде діяти під керівництвом штучного інтелекту. Саме вона визначатиме хід і результат збройної боротьби у високотехнологічних війнах майбутнього.

У збройних силах РФ триває розробка ударного БпЛА "Альтиус" великої тривалості польоту, який доповнений штучним інтелектом. Як відомо, БпЛА контролюються екіпажами із землі, але нова версія "Альтиус-У" матиме можливість взаємодії з перспективним російським багатофункціональним винищувачем п'ятого покоління Су-57. Оновлений БпЛА зможе, отримавши координати цілі, самостійно розраховувати маршрут до неї і точку скидання боєприпасів, враховуючи при цьому отриману зі штабу інформацію про наявність засобів протиповітряної оборони противника

та їх розміщення. Крім того, БпЛА в автоматичному режимі зможе повернутися в зону патрулювання. Така система роботи БпЛА зменшить навантаження з наземних операторів (час знаходження в повітрі "Альтиус-У" – понад добу), а також відкриє можливості для взаємодії БпЛА з екіпажами літаків Су-57. Політ, включно з етапами зльоту і посадки, може виконуватися в автоматичному режимі. [5, 6].

У ЗС України тривають випробування безпілотного авіаційного комплексу "Тихий грім" ST-35, який призначений для ураження цілі методом самознищення (т.зв. "дрон-камікадзе") [7]. За деякими даними, такі засоби довели свою ефективність під час боїв восени 2020 р. у Нагірному Карабасі.

З вищезазначеного видно, що пілотована (тактична) авіація повною мірою не може бути ефективно використана в сучасному безпековому середовищі. Зокрема тому, що її утримання дороге, ресурс літаків обмежений, а використання для протидії російській агресії малоймовірне. Тому, альтернативний варіант – створення засобів для завдання ударів із повітря – розвідувальні й ударні безпілотні БпЛА за єдиним задумом, часом і цілями. Важливою є також та обставина, що в Україні немає виробників пілотованих бойових літаків, тоді як виробники безпілотних авіаційних комплексів є.

Отже, "чисто пілотовані" або "чисто безпілотні" літальні апарати мають різні, властиві саме їм, переваги та обмеження. Пілотований літак може використовуватися в умовах, де командування і управління обмежені, необхідна автономія. Безпілотний літальний апарат не має льотного екіпажа (відсутній ризик загибелі людей), але це обмежує його дальність польоту.

Крім того, на прикладі ВПС США, частота авіаційних подій з безпілотним літальним апаратом складає 0,9 на 10 000 годин, є набагато гіршою, ніж 0,2 на 10 000 годин для пілотованих літаків.

БпЛА можуть сконцентруватися на здійсненні розвідки, здійснювати авіаційну підтримку військ, взяти на себе деякі ударні операції, але завоювання переваги в повітрі має бути виконано винятково ударною пілотованою авіацією. Перевагою пілотованих літаків є їх застосування в динамічному середовищі. Хоча БпЛА вимагають значно меншої наземної інфраструктури, вони є уразливими до втрати зв'язку і впливу РЕБ. Крім того, дані, отримані від БпЛА, досі аналізуються та інтерпретуються людиною, повний контроль, прийняття рішень комп'ютером для автономного БпЛА світ ще не готовий прийняти.

Одним з аргументів не на користь БпЛА є відсутність ситуаційної обізнаності і прийняття рішень на місці, не дивлячись на те, що кількість та фінансування закупівель БпЛА великої тривалості польоту зросло. Крім того невирішено проблеми з нестачою кваліфікованих кадрів, насамперед, операторів БпЛА великої тривалості польоту. Тому перспективним напрямом є застосування БпЛА під управлінням пілотованих літаків. Саме спільне застосування пілотованих і безпілотних угруповань, коли льотний екіпаж в повітрі контролює рій БпЛА, дає їм чіткі вказівки, зокрема контролює їх атаки і застосування зброї.

Висновки й перспективи подальших досліджень. Незважаючи на очевидні переваги застосування ударних БпЛА в бойовій обстановці, пілотована авіація має пріоритет в умовах динамічних бойових дій. З іншого боку, під час взаємодії з наземними військами (підтримка наземних військ, які знаходяться в безпосередньому зіткненні з противником) існує велика кількість бойових завдань, в яких ефективніші БпЛА. Це обумовлює результативність доповнення їх до пілотованої авіації за умови раціонального загального використання.

Отже, спільне використання БпЛА сумісно з пілотованою (тактичною) авіацією є одним з вагомих напрямів підвищення ефективності бойового застосування авіації Збройних Сил України. Насамперед, це підвищення живучості бойових літаків та ефективність їх застосування, нові можливості ураження противника дистанційно та збереження людського ресурсу і техніки. Зазначене вимагає побудови відповідного науковго підходу, який буде розкрито в подальших публікаціях.

Список використаних джерел

1. Жарик О.М. Досвід використання безпілотних авіаційних комплексів для виконання бойових (спеціальних) завдань в Арабо-Ізраїльських війнах та збройних конфліктах / О.М. Жарик // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2013. – № 1(34). – С. 5-15.
2. Блинов Ю. Перспективы развития беспилотной авиации в ведущих странах НАТО / Ю. Блинов // Зарубежное военное обозрение. – 2012. – № 12. – С. 54-58.
3. Моисеев В.С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами: монография / В.С. В.С. Моисеев. – Казань: Школа, 2015. – 444 с.
4. Стрельников Д. Совместное применение пилотируемой и беспилотной авиации США в первой половине XXI века / Д. Стрельников, А. Сидоров, Ю. Мгимов // Зарубежное военное обозрение. – 2018. – № 4. – С. 52-59.
5. Беспилотник «Альтиус» получит искусственный интеллект. URL: http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/3142 (дата звернення 02.04.2020.)
6. Су-57 получит «разведчика-убийцу». URL: https://lenta.ru/news/2020/03/25/altius/ (дата звернення 02.04.2020).
7. Грім – беззвучний месник. URL: https://armyinform.com.ua/2020/03/grim-bezzvuchnyj-mesnyk/(дата звернення 02.04.2020).
8. Гроза Идлиба: тульские «Панцири-С1» «засветили» уникальное качество в схватке с турецкими БПЛА URL: https://www.popmech.ru/weapon/news-560564-bespilotnik-altius-poluchit-iskusstvennyy-intellekt/ (дата звернення 02.04.2020).
9. MANNED VS UNMANNED. URL: http://www.sps-aviation.com/story/?id=1278 (дата звернення 04.04.2020).

САЛЬНИЙ Віталій Олександрович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, м. Київ

ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ОПЕРАТИВНИХ РОЗРАХУНКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

Класичні моделі оперативних розрахунків ефективності застосування авіаційного озброєння припускають ручний метод обчислення загальної зони ураження авіаційними засобами ураження за допомогою номограм. У статті наведений варіант методу автоматизації обчислень, що підвищує точність підсумкових результатів. Запропонований метод модернізації математичної моделі дозволяє здійснювати більш ефективні розрахунки різними мовами програмування.

***Ключові слова**: авіаційні засоби ураження, елементарна ціль, загальна зона ураження, приведена зона ураження,.*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Класичні математичні моделі оперативної оцінки ефективності застосування авіаційних засобів ураження (АЗУ) при розрахунках загальної зони ураження АЗУ передбачають використання номограм. Графічний вигляд таких функцій від декількох змінних, має ряд недоліків, а саме: складність внесення змін та виникнення суб'єктивних помилок в розрахунках, необхідність ретельної перевірки елементарних обчислень, що вимагає значних затрат часу та ручної праці.

Метою дослідження є розгляд методу автоматизації розрахунків ефективності застосування авіаційних засобів ураження, що дозволить підвищити виконання оперативних розрахунків.

Виклад основного матеріалу

В класичних площинних математичних моделях [1] і [2] оперативної оцінки ефективності застосування АЗУ використовується припущення про те, що кожний АЗУ має загальну зону ураження (ЗЗУ), яка будується симетрично до відповідної вихідної точки (точки падіння АЗУ). Загальна зона ураження кожного АЗУ ($ЗЗУ_1$) має розміри L_{x1}, L_{z1}. Визначена для ураження ціль може бути тільки в стані: "уражена" чи "не уражена", а її центр потрапляє в $ЗЗУ_1$. Умовна ймовірність G_1 ураження елементарної цілі не залежить від положення центра цілі і дорівнює:

$$G_1 = \frac{l_x \cdot l_z}{L_{x1} \cdot L_{z1}} r, \qquad (1)$$

де r – умовна ймовірність ураження цілі за умови влучення в неї;

l_x, l_z – розміри приведеної зони (площі) ураження (ПЗУ) по відповідних головних вісях розсіювання АЗУ.

Наведений вираз визначає ймовірність потрапляння центру елементарної цілі (ЕЦ) в площу ПЗУ за умови, що вона потрапила в $ЗЗУ_1$.

Таким чином, $ЗЗУ_1$ визначеного АЗУ – це зона, при влучанні в яку, ціль уражається даним АЗУ з ймовірністю G_1.

Центр ЕЦ може опинитися під перекриттям одночасно декількох $ЗЗУ_1$. Кількість перекрить V, під яке потрапляє центр ЕЦ, залежить від його координат X, Z відносно розосередження АЗУ, розмірів $ЗЗУ_1$ і характеру розосередження. Оскільки при фіксованих координатах X та Z, окремі АЗУ уражають ЕЦ незалежно один від одного, тоді і ймовірність

ураження ЕЦ розраховується, як функція кількості V перекрить $ЗЗУ_1$ і далі, як функція координат X, Z:

$$G_{0(x,z)} = 1-(1-G_1)^{V_{(x,z)}}, \quad (2)$$

У наведеному виразі, значення ймовірності ураження дискретно змінюється при перетині центру ЕЦ площини з одним числом перекрить $ЗЗУ_1$ до площини з другим числом перекрить, зберігаючи в кожній площині постійне значення. Визначена формула виражає загальний координатний закон ураження в дискретній формі.

Функція $V(x,z)$, яка описує залежність числа перекрить $ЗЗУ_1$ від координат X, Z, називається характеристикою перекрить $ЗЗУ_1$ в $ЗЗУ_n$.

Дискретне подання загального координатного закону у визначеній формі, надає можливості побудувати алгоритм розрахунку середнього збитку при будь-якій заданій структурі розосередження вихідних точок, які можуть мати місце при різних умовах і організації стрільби (бомбометання).

Визначення загальної зони ураження n засобів ураження ($ЗЗУ_n$) витікає з дискретної форми наведення загального координатного закону ураження n АЗУ: $ЗЗУ_n$ є об'єднанням $ЗЗУ_1$, які побудовані навколо відповідних вихідних точок.

Важливою особливістю можливо вважати те, що $ЗЗУ_1$ з одного боку, є елементом $ЗЗУ_n$, з іншого – її окремим випадком при n=1.

Визначення розмірів $ЗЗУ_1$.

В межах припущень щодо схеми двох груп помилок і про існування ПЗУ, наведемо вираз ураження ЕЦ (через функцію Лапласа $Ф_0$).

$$W = 4 \cdot Ф_0 \cdot \left(\frac{l_x}{2\sqrt{\sigma_{xг}^2+\sigma_{xi}^2}} \right) \cdot Ф_0 \cdot \left(\frac{l_z}{2\sqrt{\sigma_{zг}^2+\sigma_{zi}^2}} \right) \quad (3)$$

де $\sigma_{xг}, \sigma_{xi}, \sigma_{zг}, \sigma_{zi}$ – середньоквадратичні відхилення (СКВ) групового та індивідуального розсіювання по вісях O_x і O_z.

Перші співмножники описують ймовірність накриття центру цілі зоною ураження, що розсіюється по нормальному закону розподілу суми векторів групових та індивідуальних помилок.

Така ж ймовірність може бути визначена, як добуток ймовірності накриття центру цілі зоною $ЗЗУ_1$, що розсіюється по закону групових помилок, на умовну ймовірність G_1:

$$W=4 \cdot Ф_0 \cdot \left(\frac{L_{x1}}{2\,\sigma_{xг}} \right) \cdot Ф_0 \cdot \left(\frac{L_{z1}}{2\,\sigma_{zг}} \right) \cdot \frac{l_x l_z}{L_{x1} L_{z1}} r, \quad (4)$$

Розміри L_{x1} та L_{z1} $ЗЗУ_1$ визначаються з рівності правих частин (2) і (3). Рівняння для знаходження L_{x1} має вигляд (для L_{z1} визначається за аналогом):

$$\frac{1}{L_{x1}} \cdot Ф_0 \cdot \left(\frac{L_{x1}}{2} \right) = \frac{1}{l_x} \cdot Ф_0 \cdot \left(\frac{l_x}{2\sqrt{1+\sigma_{xi}^2}} \right) \quad (5)$$

Усі значення виражені в СКВ групової помилки за відповідними вісями, тобто у відносному безрозмірному вигляді (значення з нижньою рисою позначає значення з відповідною розмірністю):

$$L_{x1} = \frac{L_{x1}}{\sigma_{xz}};\ l_x = \frac{l_x}{\sigma_{xz}};\ \sigma_{xi} = \frac{\sigma_{xi}}{\sigma_{xz}}, \qquad (6)$$

Таким чином, для конкретного АЗУ (розміри його ПЗУ: l_x, l_z – фіксовані) розмір ЗЗУ$_1$ по кожній вісі повністю визначається співвідношенням між СКВ індивідуального та групового розсіювання за відповідними вісями. Зокрема, при $\sigma_{xi} = \sigma_{zi} = 0$ розміри ЗЗУ$_1$ мінімальні і співпадають з розмірами ПЗУ. Зі збільшенням σ_i, збільшуються і розміри ЗЗУ$_1$.

Основною властивістю ЗЗУ$_1$ є те, що значення L_{x1}, L_{z1}, знайдені за допомогою рівняння (5), забезпечують визначення ймовірності ураження ЕЦ (групової та площинної), як при наявності систематичних помилок або виносу, так і без них. Для будь-якого АЗУ в групі, незалежно від положення його вхідної точки відносно центру розосередження АЗУ, характеристики ЗЗУ$_1$ однакові.

Але, властивості кожної ЗЗУ$_1$ в повному обсязі характеризують властивості сукупності АЗУ. Розміри ЗЗУ$_n$ при інших рівних умовах, залежать від кількості АЗУ, що застосовується. Це випливає з відомого в математичній статистиці положення про те, що розміри нормальної вибірки, в середньому, зростають зі збільшенням обсягу n. Доцільно коригувати розміри ЗЗУ$_1$ в залежності від кількості АЗУ, що застосовується.

Скориговані значення L_{x1}, L_{z1} визначаються відповідною номограмою від трьох чинників L_{x1} (σ_{xi}, l_x, Y_x), де облік використаних АЗУ проводиться шляхом корекції σ_i за відповідними вісями через показники:

$$Y_x = l_x \cdot \sqrt{n\text{-}1};\ Y_z = l_z \cdot \sqrt{n\text{-}1}, \qquad (7)$$

Таким чином, формула (5) розрахунку загальної зони ураження кожного АЗУ L_{x1} та L_{z1} фактично не використовується через те, що визначає розміри ЗЗУ$_1$ без урахування впливу кількості АЗУ, що застосовується. Справжнє значення ЗЗУ$_1$, що використовується в моделі, зазвичай, знову перевизначається за номограмою.

Точність зняття параметрів не відповідає точності розрахунків, які використовуються в моделі аналітичних виразів. Похибка у визначенні розмірів L_{x1} та L_{z1} порівняна з похибкою формули (5), де кількість АЗУ не враховується. Модернізація моделі, в частині автоматизації розрахунків ЗЗУ$_1$, проводиться з метою усунення цього методичного недоліку та полягає в уточненні формули (5), що дозволяє обчислювати розміри L_{x1} та L_{z1} з урахуванням коригування впливу на них кількості АЗУ, що застосовується.

Коригувальне уточнення Δx та Δz за відповідними вісями вноситься у вираз (5) за допомогою підсумовування з СКВ індивідуального розсіювання ($\sigma_i + \Delta$).

$$\frac{1}{L_{x1}} \cdot \Phi_0 \cdot \left(\frac{L_{x1}}{2}\right) = \frac{1}{l_x} \cdot \Phi_0 \cdot \left(\frac{l_x}{2 \cdot \sqrt{1+(\sigma_{xi}+\Delta x)^2}}\right), \qquad (8)$$

Уточнення Δ, як і значення L_{x1} та L_{z1}, є функцією трьох параметрів $\Delta = f(\sigma_{xi}, l_x, Y_x)$. Необхідні значення для розрахунку поправки застосовуються з [1], де в початкових значеннях, для практичних прикладів обчислень, що показують можливості моделі, наведено різноманітні варіації значень цих параметрів. Як в [1], так і в [2] йдеться мова, що облік впливу цих параметрів на розміри загальної зони ураження групи АЗУ отримано за експериментальними даними і результатами моделювання. За цими даними і побудована зазначена номограма. Її структура передбачає допущення, яке полягає в об'єднанні обчислення L_{x1} та L_{z1} за одними графіками, як по вісі O_x, так і по O_z, хоча вплив параметрів на ці значення по вісях різний.

У зв'язку з цим, пропонується виконувати розрахунок впливу уточнення Δx та Δz до розмірів L_{x1} та L_{z1} за рахунок кількості АЗУ, окремо по кожній вісі O_x і O_z. Оскільки, як уже згадувалося, значення уточнення, наприклад, по вісі O_x залежить від трьох параметрів (факторів) $\Delta = f(\sigma_{xi}, l_x, Y_x)$, то за ними будується трьох факторна модель поліноміальної регресії [3].

Визначена процедура, для наглядного зображення процесу обчислень виконується в середовищі MATHCAD 15 з відповідними позначками.

За розрахунково-експериментальними значеннями, наведеними у [1] і [2], для різних сполучень зазначених факторів і відповідного відгуку Δ (який виділяється за наявними значеннями зі скоригованих значеньL_{x1} та L_{z1} у окреме значення) сформовані чотири вектори за однією віссю (X, X_1, X_2, X_3) та стільки ж за іншою (Z, Z_1, Z_2, Z_3):

$$X=\begin{bmatrix}0{,}28\\0\\0{,}28\\0{,}043\\0{,}147\\0{,}043\\0{,}137\\0{,}212\\0{,}25\\0{,}11\\4{,}5\end{bmatrix},\ X_1=\begin{bmatrix}0{,}5\\0\\0{,}25\\0{,}133\\0{,}5\\0{,}125\\0{,}267\\0{,}6\\0{,}667\\0{,}67\\0{,}333\end{bmatrix},\ X_2=\begin{bmatrix}7{,}462\\0\\9{,}155\\1{,}453\\3{,}464\\1{,}1\\4\\6{,}24\\5\\3{,}87\\17{,}8\end{bmatrix},\ X_3=\begin{bmatrix}0{,}75\\2\\0{,}75\\0{,}333\\2\\0{,}25\\1{,}333\\1\\5\\0{,}27\\6{,}74\end{bmatrix}$$

Вектор X є відгуком, який визначає уточнення Δx, а вектори X_1, X_2 і X_3 визначають фактори σ_{xi}, l_x, Y_x відповідно.

Факторна модель будується таким чином.

Оператором "*augment*" вектори 3-х чинників об'єднуються в одну матрицю, ідентифікатор "*vx*":

$$Vx := augment\ (X_1, X_2, X_3)$$

Поліноміальна модель (ідентифікатор "*p*") формується в неявному вигляді, тобто без розрахунку коефіцієнтів, оператором (функцією) "*polyfit*", де всередині дужок записуються матриця "*vx*", відгук "*X*" і цифрою вказується порядок рівняння регресії (модель нелінійна другого порядку. Через це, в якості третього аргументу всередині дужок ставиться цифра 2:

$$p := polyfit\ (vx, X, 2).$$

Далі виконуються розрахунки за отриманою моделлю з ранжованою змінною "*u*", що задається за числом рядків матриці "*vx*":

$$XRu := p\begin{bmatrix}X_1 u\\X_2 u\\X_3 u\end{bmatrix}$$

Вектор результатів розрахунку "*XR*" має хороший збіг з вихідним вектором "*X*". Математично це підтверджується значенням коефіцієнта детермінації "*R*2", що дорівнює одиниці [3]:

$$R2 := \mathrm{corr}\ (XR, X)^{\,2} = 1.$$

Поліноміальна модель першого порядку має більш низьке значення коефіцієнта детермінації, який дорівнює 0,89.

Аналогічна модель будується по осі O_z, з позначенням полінома "*pp*", вектор результатів "*ZR*". Коефіцієнт детермінації також дорівнює одиниці.

Звернення до факторної моделі в процесі виконання програми розрахунку, тобто витяг значення поправки, що знаходиться, виконується в наступному вигляді:

$$\Delta x := p\left[\begin{bmatrix}\sigma_{ux}\\ Y_x\\ l_x\end{bmatrix}\right];\ \Delta z := pp\left[\begin{bmatrix}\sigma_{uz}\\ Y_z\\ l_z\end{bmatrix}\right].$$

Розрахунок значень L_{x1} та L_{z1}, з урахуванням кількості АЗУ і відповідно до формули (8), виконується через блок "Given (Дано) - Find (Знайти)" із введенням початкових умов для ініціювання ітерацій і відповідних обмежень, наведених на номограмі. Ілюстрація результатів розрахунків поправок показана на рис.1.

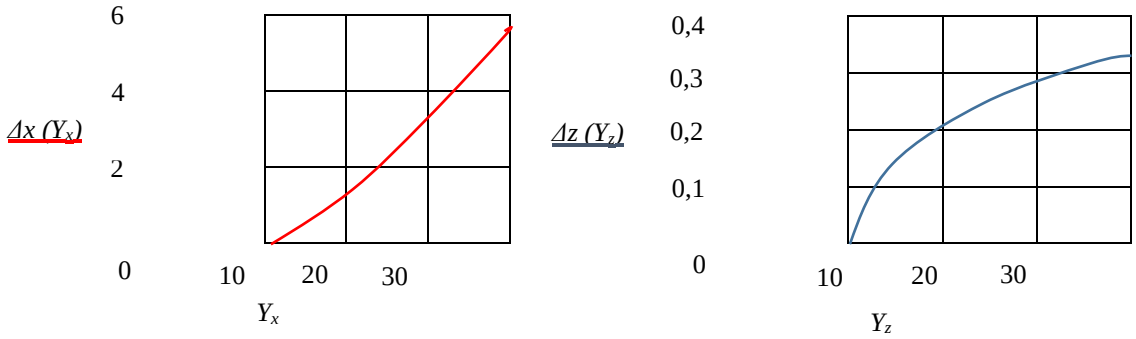


Рис. 1. Вид графіків поправок по відповідним вісям

На рисунку добре видно різницю значень і градієнтів поправок по різним вісям.

Коригування формули розрахунку загальної зони ураження кожного АЗУ зі складу їх сукупності, дозволяє автоматизувати розрахунки, тобто відмовитися від використання номограм і виконувати програмування моделі будь-якою мовою програмування.

Висновок

Таким чином, наведений метод удосконалення математичної моделі дозволяє шляхом включення у відомий аналітичний вираз експериментально-статистичної поправки визначати розміри загальної зони ураження кожного АЗУ зі складу їх сукупності, але вже не від двох, а від необхідних трьох функціонально пов'язаних змінних. Метод може бути корисний фахівцям, які займаються оцінкою ефективності застосування авіаційного озброєння.

Список використаних джерел

1. Васильев В.Н. Вероятностные методы оценки эффективности авиационного вооружения на этапе поражения целей. / Материалы лекций. Под редакцией И.С. Попова. // – М.: ВВИА, 1984. – 102 с.
2. Мильграм Ю.Г. Основы единой зонной методики оценки эффективности применения авиационных средств поражения по наземным (морским) объектам. / Ю.Г. Мильграм, В.А. Ерохин // – М. ВВИА, 1985. – 247 с.
3. Терентьев В.Б. Построение факторных моделей в инженерных расчетах. / В.Б. Терентьев, А.В. Терентьева // – М.: МАИ, 2018. – 51 с.

ГРИЧИНА Олександр Вікторович
КУЛИКОВ Дмитро Олександрович
ГАРАЄВ Аріф Мусеібович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ЕКІПАЖАМИ БОМБАРДУВАЛЬНОЇ АВІАЦІЇ ПІД ЧАС УРАЖЕННЯ НАЗЕМНИХ (МОРСЬКИХ) ОБЄКТІВ ПРОТИВНИКА В ОБОРОННІЙ ОПЕРАЦІЇ ОУВ.

Проведено аналіз умов та підходи для ефективного управління екіпажами літаків при виконанні ними бойових завдань. Розглянуті способи управління екіпажами у повітрі під час виконання бойових та навчально-бойових завдань, порядок організації роботи бойових обслуг пунктів управління та груп керівництва польотами, проблемні організаційні та технічні питання щодо забезпечення ефективного управління в ході виконання бойових польотів.

Ключові слова: *авіація, управління екіпажами, нанесення удару.*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Процес управління екіпажами літаків у повітрі при виконання ними різного роду завдань за призначенням є і так досить складним навіть за звичайних умов. Але в умовах ведення бойових дій, в умовах збройного протиборства у повітрі та іншого негативного впливу з боку противника він буде ускладнений ще більше. Організована за мирного часу та пристосована до функціонування за звичайних умов обстановки, система і порядок управління та обслуговування повітряного руху у бойових умовах буде мати багато відмінностей та потребувати суттєвої адаптації для її пристосування та ефективного використання в нових умовах.

У залежності від роду авіації, конкретних умов обстановки та поставленого завдання обсяги та процес таких змін можуть бути різними.

Зокрема, процес управління екіпажами бомбардувальної авіації під час ураження наземних (морських) об'єктів противника в оборонній операції оперативного угрупування військ (сил) буде мати свої особливості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведено аналіз джерел з особливостей управління екіпажами бомбардувальної авіації під час ураження наземних (морських) об'єктів противника в оборонній операції ОУВ.

Метою статті є аналіз умов і процедур управління екіпажами літаків бомбардувальної авіації на різних етапах виконання бойового польоту.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Організація управління – важлива складова діяльності командира та штабу на всіх етапах діяльності військ від підготовки до ведення та забезпечення бойових дій на землі та у повітрі.

Організація управління передбачає вплив на визначені елементи системи для їх організованої діяльності з метою вчасного і повного виконання поставленого завдання шляхом створення системи управління, визначення сил та засобів, місця розташування пунктів управління, порядку роботи, організація та здійснення зв'язку, тощо.

Управління екіпажами літаків бомбардувальної авіації в повітрі при виконанні ними бойових завдань з ураження наземних об'єктів має свої особливості з урахуванням наступних факторів:

віддаленість району виконання бойових завдань та об'єктів для нанесення ударів від аеродромів базування (зльоту);

знаходження об'єктів для нанесення ударів у оперативній, тактичній глибині бойового порядку противника на значній відстані від переднього краю (лінії розмежування);

різний склад та бойові порядки груп тактичного призначення у єдиній тактичній побудові;

управління в умовах відсутності радіолокаційного контролю та радіозв'язку з пунктами управління авіацією;

управління в умовах перешкод;

управління в умовах протидії засобів протиповітряної оборони та радіоелектронної боротьби противника.

Бомбардувальна авіація, маючи на озброєння літаки Су-24М, складає основну ударну силу авіації та здатна наносити удари та виконувати інші завдання, перельоти на велику відстань, що значно перевищує розміри зони відповідальності одного пункту управління авіацією. При польотах на дальності до 400–600 км, при нанесенні ударів по наземним цілям та при перельотах на дальність до 3000 км при управлінні екіпажами літаків у повітрі з метою забезпечення постійного безперервного радіолокаційного контролю за місцезнаходженням літаків та умовами польоту, підтриманням постійного радіозв'язку між пунктами управління авіацією та екіпажами літаків виникає потреба у передачі управління з одного пункту управління на інший, взаємодіючий.

З цією метою в районі виконання завдань створюється поле управління (наведення), система пунктів управління та організовується процес прийому-передачі управління екіпажами.

Поле управління (наведення) являє собою область (частину) повітряного простору, у межах якого можливе управління екіпажами літаків при виконання ними завдань за наявною радіолокаційною інформацією.

Управління екіпажами літаків у повітрі передбачає:

отримання інформації пунктами управління про місцезнаходження літаків у повітрі;

обмін між екіпажами літаків та персоналом з управління польотами пунктів управління польотами голосовою інформацією (повідомленнями);

обмін (або отримання в односторонньому порядку) додатковою інформацією (про державну належність, параметри польоту, стан повітряного судна чи ситуацію на його борту, інформаційна підтримка, тощо)

Розміри поля управління (наведення) визначаються розмірами радіолокаційного поля, в межах якого радіолокаційна інформація відповідає вимогам за точністю та достовірністю, а також дальністю дії засобів радіозв'язку пунктів управління авіацією.

Сукупне поле управління складається із полів управління кожного елемента системи пунктів управління та повітряних суден.

Поле управління створюється за рахунок системи пунктів управління.

Велика кількість одночасно залучених до управління різних пунктів управління, часто належних до різних військових частин, з'єднань, родів та навіть видів військ та інших відомств потребує відповідної організації, координації, злагодженості та централізації управління.

До управління екіпажами у повітря можуть бути залучені:

командні пункти військових частин авіації;

пункти наведення авіації та допоміжні пункти наведення авіації;

пункти управління на авіаційних полігонах;

групи бойового управління авіацією;

пункти наведення передових авіанавідників;

районні диспетчерські центри органів обслуговування повітряного руху єдиної системи управління повітряним рухом.

Тому, основний спосіб організації управління екіпажами літаків у повітрі – є спосіб централізованого управління.

Централізованість управління передбачає чітку організаційну, технічну структуру системи управління, прийняття рішення, постановки задачі, контролю її виконання, звітності, підпорядкованість єдиному замислу, правилам та порядку, чіткої організації взаємодії з метою своєчасного, повного виконання поставленої задачі, досягнення ефективності та забезпечення безпеки.

Управління екіпажами літаків при польотах над своєю територією, зазвичай, не викликає проблем. Але є особливості, які все одно слід враховувати.

Значне відділення навіть від своїх передових пунктів управління до об'єктів для нанесення ударів бомбардувальною авіацією в глибині бойових порядків противника ускладнює управління екіпажами над територією противника.

Поле управління над територією противника може бути створене за рахунок:

розгортання пунктів управління авіацією якомога ближче до лінії розмежування, у тому числі пунктів управління груп бойового управління та передових авіанавідників в батальйонах першого ешелону, груп спеціального призначення в тилу противника;

використання РЛС та радіостанцій з кращими характеристиками, використання технічних засобів радіонавігації;

використання ретрансляторів у повітрі;

управління в групах командирами груп з борту літака у повітрі.

Звісно для розширення поля управління або хоча б деяких його окремих елементів будуть вживатись всі можливі заходи, як то використання технічних засобів зв'язку КХ діапазону, що мають більшу дальність ніж УКХ, літаків-ретрансляторів. Проте є відповідні об'єктивні складності, що можуть ускладнювати та навіть унеможливити забезпечення постійного радіолокаційного контролю та радіозв'язку. Тому при нанесенні ударів по об'єктам противника на значній відстані від переднього краю, екіпажі літаків будуть виконувати польоти поза межами поля управління. Управління має бути безперервним процесом, тому за таких умов, на визначених етапах (ділянках) бойового польоту, управління екіпажами в повітрі у групах будуть здійснювати командири (ведучі) груп з борту літака відповідно до бойового завдання.

Організація роботи бойових обслуг ПУ при управлінні підрозділами бомбардувальної авіації в умовах впливу радіо та радіолокаційних перешкод потребує від командирів оптимізувати роботу особового складу, здійснити організаційні та технічні заходи щодо забезпечення управління в умовах перешкод.

Організаційні заходи щодо забезпечення управління в умовах перешкод:

суворе дотримання режиму роботи радіостанції;

забезпечення пунктів управління достатнім резервом зв'язних радіостанцій (у мережі управління літаками) для здійснення маневру каналами;

суворе дотримання заходів радіомаскування з метою зниження ефективності радіорозвідки противника;

використання для передачі команд на літак пошуково-рятувальної станції та приймача авіаційного радіокомпасу на борту;

поєднання способів самостійного пошуку цілей винищувачами з наведенням і цілевказанням;

підготовка особового складу до роботи в умовах перешкод.

Технічні заходи щодо забезпечення управління в умовах перешкод:

забезпечення радіо та радіолокаційної сумісності технічних засобів;

підтримання у справному стані та відповідне використання технічних засобів виявлення та захисту від перешкод;

забезпечення пунктів управління технічними засобами різних діапазонів, створення резерву засобів;

безпосереднє управління екіпажами літаків у повітрі потребує відповідної підготовки персоналу, організацію їх роботи, технічне забезпечення.

Успішне виконання задач, вирішуваних у процесі управління повітряним рухом, можливе при правильній організації роботи та чіткій взаємодії осіб, які беруть участь в управлінні та забезпеченні польотів (перельотів) авіації з повним використанням можливостей засобів зв'язку та радіотехнічного обладнання. Ефективність управління польотами майже завжди визначається якістю практичної діяльності осіб групи керівництва польотами.

Між особами групи керівництва польотами та екіпажами постійно підтримується двосторонній розбірливий зв'язок для вчасної передачі команд (на запуск двигунів, виконання зльоту, виконання основних етапів та елементів польоту, посадку тощо).

Основна задача керівника польотів (керівника дальньої зони) – своєчасна подача команди екіпажу на запуск двигунів та виконання зльоту для забезпечення випуску екіпажів у політ у встановлений час з метою виконання завдання у визначені строки в цілому.

Під час польоту по маршруту особи груп керівництва польотами контролюють точність польоту, інформують екіпажі про навігаційну та метеорологічну обстановку.

В районах виконання завдань по ураженню наземних цілей, особи ПУ забезпечують точний вихід літаків на цілі, надають допомогу екіпажам у пошуку, ідентифікації цілей та інформують про обстановку.

Найбільш відповідальним етапом польоту є розпуск бойового порядку, формування потоку повітряних суден, що заходять на посадку та посадка. Від його організації залежить безпека заходу повітряних суден на посадку.

Основною задачею, що вирішується особами груп керівництва польотами – це попередження виникнення потенційно конфліктних ситуацій між повітряними суднами та забезпечення безпеки польоту.

Вимоги сьогодення щодо вдосконалення управління, перш за все адресуються тим категоріям військових кадрів, функціональні обов'язки яких передбачають реалізацію управлінських та керівних якостей. У межах Повітряних Сил Збройних Сил України до них, безумовно, відносяться і особи, які залучаються до управління (керівництва) польотами.

В ході ведення бойових дій, аеродромних польотів за планом курсу бойової підготовки, перельотів, повітряних перевезень, від чіткості роботи осіб групи керівництва польотів багато в чому залежить безпека польотів екіпажів при виникненні особливих випадків у польоті. Для забезпечення чіткого управління повітряним рухом, своєчасного прийняття грамотних рішень з метою надання допомоги при особливих випадках у польоті особи групи керівництва польотів повинні постійно удосконалювати свої теоретичні знання і систематичними тренуваннями домагатися високого рівня практичної підготовки. Для усіх, хто безпосередньо пов'язаний з управлінням повітряним рухом (керівництвом польотами), правилом повинна бути формула "Бачу – чую – управляю".

Досвід антитерористичної операції показує, що роль бомбардувальної авіації та її вага у вирішенні завдань щодо знищення наземних цілей є досить великою. Розташування об'єктів противника на великих відстанях від лінії бойового зіткнення військ, складність їх пошуку та виявлення, розташування об'єктів для удару поблизу місць проживання населення, їх обслуговування та інших об'єктів, завдання шкоди яким є неприпустимим, утворюють чималі труднощі для нанесення ударів.

Складність залучення авіаційного навідника до управління підрозділами бомбардувальної авіації на відповідальному етапі безпосередньо при нанесенні удару по наземним цілям, вимагає від екіпажів літаків додаткових особистих навичок та умінь щодо пошуку цілей та відчуття відповідальності за прийнятті рішення при виконанні бойової задачі, а також уміння діяти самостійно.

Незважаючи на велику кількість різного роду спеціалістів, залученого до виконання бойових задач, саме льотний склад є основним елементом цієї системи, від дій якого більше всього залежить результат. Точна оцінка обстановки, швидкість прийняття рішення, високі уміння та навички для його виконання в умовах великого робочого навантаження – характеристика льотчика-бомбардувальника. Неправильні рішення – головна загроза зриву виконання бойової задачі. Тому підготовці льотного складу до дій в екстремальних ситуаціях (а виконання реального бойового польоту з реальним нанесенням удару по наземним об'єктам є саме такою ситуацією) повинно бути приділено достатньо уваги.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, практичне та теоретичне дослідження процесу управління екіпажами літаків бомбардувальної авіації при виконанні ними ударів но наземним цілям виявляє багато проблемних питань. Їх формулювання, класифікація, аналіз, а головне пошук шляхів вирішення та рекомендацій щодо попередження недоліків повинні проводитись організовано, постійно та активно, із широким залученням як безпосередніх учасників цього практичного процесу, так і досвідченого наукового персоналу для проведення спільних дій, прийняття рішень в інтересах досягнення спільної мети.

Нажаль виявлені проблеми функціонування та напрацьовані пропозиції щодо їх вирішення та удосконалення системи управління часто залишаються без належної уваги тих, хто повинен та може їх вирішити, залишаючи питання їх вирішення самим виконавцям.

Залишаються актуальними проблеми комплектування пунктів управління авіацією підготовленим персоналом, їх практичної підготовки, як вищими навчальними закладами, так і безпосередньо у військових частинах.

Побудова системи пунктів управління, як організаційно-штатної структури кожного підрозділу, так і системи в цілому, не може забезпечити виконання поставлених задач в повному обсязі.

Технічне забезпечення роботи пунктів управління авіацією переважно залишилось на рівні технічних засобів минулого століття, а невелика кількість нових засобів, що потрапляють у війська є досить незначною, щоб суттєво покращити стан справ.

Список використаних джерел

1. Автоматизація попередніх штурманських розрахунків для визначення бойових можливостей винищувальної авіації / О.І. Тимочко, В.Г. Чернов, І.О. Рожньов, А.Ю. Семерня // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2017. – № 3(52). – С. 45-48.
2. Могилко Д. О. Етапи управління підрозділами штурмової авіації при нанесенні удару по наземних цілях / Д.О. Могилко, А.В. Каркач, І.П. Мажара // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 2(23). – С. 65.
3. Королюк Н.О. Обґрунтування комплексного підходу для оцінки ефективності управління частинами та підрозділами повітряних сил ЗСУ / Н.О. Королюк, Р.О. Пазинич, С.В. Мельник // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – К.: 2019, – № 1 (34), С. 133-138. https://doi.org/10.33099/2311-7249/2019-34-1-133-138
4. Тимочко О. І. Підхід щодо наведення ударної авіації на наземні (морські) цілі з урахуванням інформативності ознак орієнтирів / О.І. Тимочко, О.О. Арослankін, А.В. Самокіш // Системи озброєння і військова техніка. – 2019. – № 4(60). – С. 102-107. https://doi.org/10.30748/soivt.2019.60.
5. Зінченко І. О. Процедура управління екіпажами та підрозділами армійської авіації у ході авіаційної підтримки бойових дій сухопутних військ / І.О. Зінченко, Б.Р. Гамалій,

І.П. Мажара // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2016. – № 2(47). – С. 45-47.

6. Дробаха Г. А. Розвиток тактики дій засобів повітряного нападу в локальних конфліктах XXI століття / Г.А. Дробаха, С.М. Піскунов, І.М. Тіхонов // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 1(21). – С. 6-10.

КИЛИМНИК Андрій В'ячеславович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ЕКІПАЖАМИ ТА ПІДРОЗДІЛАМИ ВИНИЩУВАЛЬНОЇ АВІАЦІЇ ПІД ЧАС ПРИКРИТТЯ ВАЖЛИВИХ ДЕРЖАВНИХ ОБЄКТІВ В ОБОРОННІЙ ОПЕРАЦІЇ ОПЕРАТИВНОГО УГРУПУВАННЯ ВІЙСЬК (СИЛ)

На перспективне угруповання винищувальної авіації буде покладений увесь спектр як традиційних, так і нових, пов'язаних з терористичними загрозами, завдань. Це спонукає до пошуку можливостей розвитку роботи офіцерів з бойового управління при наведенні винищувачів на повітряні цілі в умовах застосування противником активних радіоелектронних завад радіолокаційним станціям і рухомим радіовисотомірам.

Ключові слова: *бойові дії, радіоелектронні завади, радіолокаційна станція, офіцер бойового управління, винищувальна авіація, повітряна ціль, метод наведення, постановник активних завад, автоматизована система управління.*

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.

Стрімкий розвиток радіоелектроніки наприкінці XX – початку XXI ст. дозволяє сьогодні впливати на виконання бойового завдання авіацією шляхом використання засобів радіоелектронної боротьби [11]. Це, в свою чергу, знижує ефективність виконання бойових завдань при веденні бойових дій в зоні антитерористичної операції [1]. Використання противником радіоелектронних завад радіолокаційним засобам (радіолокаційним станціям (РЛС) і рухомим радіовисотомірам (РРВ)) створює значні труднощі при управлінні екіпажами у зоні відповідальності пункту управління (ПУ), цілевказанні та наведенні винищувачів з ПУ. Завади радіолокаційним засобам значно погіршують можливості виявлення повітряних цілей (ПЦ), аж до повного його унеможливлення, знижують дальність виявлення повітряного противника, точність визначення його координат та параметрів польоту [2]. Водночас, на даний момент не існує чіткої методики, яка б описувала та узагальнювала порядок і алгоритм дій офіцерів з бойового управління (ОБУ) при наведенні винищувачів на ПЦ в умовах застосування противником радіоелектронних завад наземним засобам радіолокації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У роботі [3] були розглянуті типи завад і основні принципи функціонування апаратури захисту РЛС від завад. У роботі [4] розглянута методика роботи ОБУ при наведенні винищувачів на повітряні цілі трьохточковим методом, який може бути застосований для наведення винищувачів на постановника активних завад. У роботі [5] була розглянута методика керівництва роботою обслуги РЛС та РРВ при управлінні екіпажами винищувальної авіації в умовах радіоелектронної протидії. Вищеназвані роботи розкривають окремі методики роботи ОБУ та обслуги РЛС під час застосування противником завад, але в них не в повній мірі розглянуті питання щодо загальної методики роботи ОБУ під час управління та наведення винищувачів в умовах завад.

Мета статті. Узагальнити та скласти алгоритм роботи ОБУ під час наведення літаків винищувальної авіації в умовах застосування противником завад засобам радіолокації.

Виклад основного матеріалу.

Радіоелектронні завади неминуче присутні у сигналі, прийнятому приймальним пристроєм РЛС. Їх класифікують за різними ознаками. Серед багатьох видів завад найбільшу увагу слід приділити саме штучним навмисним завадам, тому що вони найгіршим чином впливають на можливості ПУ щодо виявлення ПЦ та управління винищувальною авіацією.

Штучні завади за способом створення підрозділяються на активні й пасивні. Для створення активних завад необхідні джерела енергії. Пасивні завади створюються відбиттям власного сигналу РЛС від різних об'єктів.

За ефектом (характером) впливу розрізняють завади, що маскують і завади, що імітують. Активні завади, що маскують, – це прямі заважаючі випромінювання, що маскують корисні сигнали й утрудняють тим самим добування корисної інформації. Зі збільшенням потужності завад їх маскуюча дія зростає.

Залежно від принципу генерування розрізняють:

− прямошумові завади (засвічений сектор в напрямку джерела завад);

− амплітудно-модульовані шумові завади (зображення завад переміщується вздовж розгортки у вигляді смуг, що мерехтять);

− частотно-модульовані шумові завади;

− амплітудно-частотно-модульовані шумові завади.

Шумові завади створюють на індикаторі кругового огляду (ІКО) засвічений сектор, розмір якого може бути від 5 до 360 градусів. Можливе погіршення умов або повна неможливість виявлення відміток від цілей у секторі завад. Розмір та яскравість засвітки сектора завад залежить від потужності передавача й відстані від РЛС до постановника завад.

За співвідношенням спектрів завад і корисних сигналів активні завади, що маскують, підрозділяють на загороджувальні й прицільні. Загороджувальні завади мають ширину спектра частот, значно перевищуючу ширину спектра корисного сигналу, що дозволяє придушувати одночасно декілька РЛС без точного наведення передавача завад за частотою. Прицільні завади мають ширину спектра, приблизно рівну (рівну або в 1,5–2 рази перевищуючу) із шириною спектра сигналу, що придушує РЛС. Тобто, при однаковій потужності передавача, прицільні завади будуть більш ефективними проти конкретної РЛС.

Одним із способів підвищення ефективності придушення РЛС у широкому діапазоні частот є застосування ковзаючих завад, утворених при швидкому перенастроюванні передавача вузькосмугових завад у широкій смузі частот.

Імітуючі (дезінформуючі) завади призначені для внесення помилкової інформації в засоби, що придушуються. Імітуючий вплив на РЛС здійснюють імпульсні активні завади, які поділяються на синхронні й несинхронні. Синхронні імпульсні завади виглядають на ІКО як відмітки від цілей, що рухаються, несинхронні – як нерухомі відмітки від цілей [3].

Виходячи із великої різноманітності типів завад, їх впливу на РЛС, а також високої ймовірності їх застосування потенційним противником, розробка і вдосконалення методики управління винищувачами в умовах завад набувають значної важливості.

Узагальнення існуючих методик і розробка на їх основі єдиного алгоритму дій ОБУ при наведенні винищувачів на ПЦ дозволить значно спростити процес прийняття рішень обслугою КП та зменшити потрібний обсяг часу, що, в свою чергу, дає змогу покращити тактичні можливості винищувальної авіації (ймовірний рубіж введення у бій) та підвищити показники бойової ефективності.

Сутність удосконаленого алгоритму дій ОБУ при наведенні винищувачів на повітряні цілі в умовах радіоелектронного придушення РЛС та РРВ полягає у наступному: після появи на ІКО РЛС позначки від ПЦ ОБУ за командою старшого обслуги КП вирішує завдання наведення винищувачів на ПЦ. У разі застосування противником активних завад на ІКО РЛС з'являються засвітки від них. ОБУ за розміром та яскравістю засвітки визначає приблизний азимут і віддалення постановника активних завад (ПАЗ) від РЛС, а також тип завади. Після цього ОБУ застосовує дублюючі РЛС та станції інших діапазонів для виявлення ПЦ. Якщо ПЦ не виявлені, ОБУ подає команду оператору РЛС на включення апаратури захисту РЛС від завад (часове автоматичне регулювання підсилення (ЧАРП), миттєве автоматичне регулювання підсилення (МАРП), шумове автоматичне регулювання підсилення (ШАРП), схема "широка смуга – обмеження – вузька смуга" (ШОВ), диференційні ланцюги – в залежності від типу завади).

Якщо включення апаратури захисту РЛС не дало позитивного результату, ОБУ подає оператору РЛС команду на зміну робочої частоти та/або вимкнення приймачів, придушених завадою. Докладніше процес керування обслугою РЛС при наведенні винищувачів на ПЦ в умовах активних завад був розглянутий в джерелі [5]. Якщо і це не дає змогу виявити ПЦ, ОБУ, якщо організовано отримання радіолокаційної інформації від взаємодіючих радіотехнічних підрозділів, використовує дані їх РЛС для виявлення ПЦ і наведення на них винищувачів [6–7].

При неможливості використання даних від взаємодіючих радіотехнічних підрозділів старший бойової обслуги КП оцінює обстановку та у залежності від бойового завдання, ймовірного місця положення ПАЗ та замислу противника, приймає рішення на виконання наведення винищувачів на ПАЗ або на ПЦ, що прикриті завадами.

Отримавши бойове завдання, ОБУ уточнює місце знаходження ПАЗ та ймовірні параметри його польоту способом тріангуляції за середніми азимутами засвітки від завад від трьох РЛС. Наступним кроком ОБУ обирає метод наведення (трьохточковий, погоня або маневр) в залежності від повітряної обстановки, місця знаходження, параметрів руху ПАЗ. Після цього вирішує завдання наведення винищувачів на ПАЗ [4, 6]. Після знищення ПАЗ стає можливим виконання наведення винищувачів на ПЦ згідно звичайної методики без завад та знищення ПЦ.

Якщо було прийняте рішення виконувати наведення винищувачів на ПЦ в умовах завад, необхідно в залежності від бойового завдання, повітряної обстановки, замислу противника обрати спосіб наведення:

− за штильовою прокладкою;

− вивід винищувачів у район самостійного пошуку;

− перегляд винищувачами зони завад з границі засвітки від завад [7].

ОБУ вирішує завдання наведення винищувачів на ПЦ обраним способом з метою знищення ПЦ. Слід зауважити, що застосування автоматизованих систем управління (АСУ) є одним з ефективних комплексних шляхів боротьби із впливом завад на РЛС. Сучасні АСУ дозволяють здійснювати збір, обробку та синтез радіолокаційної інформації у районі бойових дій, що дає змогу створити єдине радіолокаційне поля виявлення та управління [10, 12]. Крім того, застосування АСУ може забезпечити використання спеціальних алгоритмів захисту від завад, що дозволить зменшити зони повного і часткового придушення радіолокаційних засобів, виконувати селекцію хибних цілей, з високою точністю визначати координати і параметри руху постановника завад [8].

Таким чином, можливість та ефективність застосування удосконаленого в роботі алгоритму насамперед буде залежати від дотриманням заздалегідь визначених організаційних заходів щодо забезпечення надійного і безперервного управління винищувачами в умовах застосування противником радіоелектронних завад РЛС і РРВ:

– суворе дотримання режиму роботи РЛС (час, частота, потужність, сектор і т.п.);

– забезпечення пунктів управління як первинною, так і вторинною інформацією від радіолокаційних станцій різних діапазонів частот (метрового, дециметрового й сантиметрового), від декількох (2– 3) радіолокаційних постів;

– використання радіовисотомірів для одержання інформації про координати цілей;

– застосування радіопеленгаторів з метою визначення азимута або координат свого літака, що перебуває у секторі засвітки від завад;

– створення розгалуженої мережі радіолокаційних постів виявлення та наведення, поєднаних швидкодіючими лініями передачі інформації та автоматизованою системою управління для створення єдиного радіолокаційного поля виявлення та управління;

– відпрацювання чіткої взаємодії із взаємодіючими ПУ щодо передачі й прийому управління літаками;

– застосування різних тактичних прийомів і методів управління й наведення, а саме: наведення за вторинною інформацією від інших постів; наведення за штильовою прокладкою маршруту цілі; наведення за розрахунковою (логарифмічною) лінією пошуку;

наведення на постановника завад за даними кількох РЛС, рознесених на місцевості; наведення на постановника завад по даним однієї РЛС і т.п.;

– сполучення способів самостійного пошуку цілей винищувачами з наведенням і цілевказанням.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Моделювання роботи і створення алгоритму дій ОБУ при управлінні винищувачами в умовах радіоелектронної протидії радіолокаційним засобам дозволяє раціоналізувати порядок застосування заходів захисту від завад і прийняття рішення при безпосередньому управлінні екіпажами підчас виконання бойового завдання.

Діяльність ОБУ розглядається як безперервний ланцюг рішень, що виробляються і реалізуються у явних і прихованих формах. Неправильні рішення – головна загроза зриву виконання бойового завдання. Системному дослідженню роботи ОБУ приділяється недостатньо уваги, саме тому питання складання чіткого алгоритму дій ОБУ набуває такої важливості.

Залишається актуальним питання автоматизації процедур управління повітряними суднами у польоті та процесу наведення на повітряні цілі, в тому числі постановників радіоелектронних завад, в умовах зростаючого робочого навантаження на ОБУ. Це навантаження має обов'язково враховувати характеристики і чинники невизначеності, когнітивної складності і дефіциту часу у професійній діяльності екіпажів та ОБУ.

Розроблена модель діяльності щодо організації роботи ОБУ враховує зазначені чинники і дозволяє певною мірою знизити навантаження на ОБУ шляхом систематизації і алгоритмізації процесу прийняття рішення.

Список використаних джерел

1. Алімпієв А. М. Особливості гібридної війни РФ проти України. Досвід, що отриманий Повітряними Силами Збройних Сил України / А. М. Алімпієв, Г. В. Пєвцов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2. – С. 19-25. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nitps_2017_2_6.
2. Торопчин А.Я. Довідник з противоповітряної оборони / А.Я. Торопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник. – К.: МО України, Х: ХВУ, 2003. – 295 с.
3. Палий А.И. Радиоэлектронная борьба. – М.: Военное издательство, 1989. – 352 с.
4. Наведение самолетов на наземные и воздушные цели под ред. Каменского В.А. – М.: Военное издательство, 1973. – 472 с.
5. Носан С.Л. Методика керівництва роботою обслуг радіолокаційних станцій та рухомих радіовисотомірів при управлінні екіпажами винищувальної авіації в умовах радіоелектронної протидії / С.Л. Носан, О.І. Фединський, В.М. Сургай // Системи обробки інформації. – 2016. – № 6 (143). – С. 211-215.
6. Чернов В. Г. Визначення раціональної траєкторії польоту винищувача на перехоплення повітряної цілі при вирішенні завдання наведення методом «маневр» / В.Г. Чернов // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2016. – № 3(48). – С. 76-78.
7. Королюк Н.О. Наведення винищувачів на повітряні цілі як складова частина процесу бойового управління авіацією / Н.О. Королюк, О.І. Тимочко // Системи обробки інформації. – 2005. – № 2. – С. 53-61.
8. Кушнір О. І. Аналіз впливу «гібридної» війни на розвиток автоматизованої системи управління авіацією та ППО Збройних Сил України / О.І. Кушнір, О.П. Давикоза, Ю.Ф. Кучеренко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2(27). – С. 116-120. https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.22.

9. Королюк Н. А. Оценка временных интервалов работы лица, принимающего решение, на автоматизированном командном пункте / Н.А. Королюк, А.И. Тимочко // Системи обробки інформації. – 2005. – № 8(48). – С. 156-160.
10. Листровой С. В. О возможностях построения интеллектуальных вычислительных систем / С. В. Листровой, А. И. Тимочко, А. Ю. Гуль // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2003. – № 3. – С. 155–163. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/recs_2003_3_29.
11. Шамко Є. В. Основні особливості застосування Повітряних Сил в сучасних умовах ведення збройної боротьби / Є.В. Шамко, О.М. Жарик, В.В. Коваль // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2(27). – С. 15-18. https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.02.
12. Інформаційна модель системи спостереження повітряного простору / І.І. Обод, О.П. Черних, В.В. Заволодько, О.Ю. Ткаченко // Системи обробки інформації. – 2016. – № 5(142). – С. 35-37.

Ряснов Дмитро Сергійович
Борщ Андрій Вікторович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПРОВЕДЕННЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ВЕРТОЛЬОТІВ АРМІЙСЬКОЇ АВІАЦІЇ В УМОВАХ ВЕДЕННЯ ГІБРИДНОЇ ВІЙНИ

У статті відображено сучасні проблеми проведення капітального ремонту вертольотів армійської авіації Сухопутних військ Збройних Сил України та можливості оборонно-промислового комплексу України щодо проведення їх модернізації й імпортозаміщення комплектуючих виробництва Російської Федерації в умовах ведення нею гібридної війни. Запропоновані шляхи вирішення зазначених проблем.

Ключові слова: *капітальний ремонт, модернізація, вертольоти армійської авіації, імпортозаміщення.*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Парк авіаційної техніки армійської авіації складається з вертольотів типу Ми-8 та Ми-24. Розробником вищезазначених вертольотів є Московський вертолітний завод імені М.Л. Міля (далі – ОКБ Міля). Технічне супроводження, як самих вертольотів, так і їх документації, ОКБ Міля не здійснює. З початком збройної агресії Російської Федерації на території України співробітництво у оборонній сфері України з Російською Федерацією припинено, що, в свою чергу, призвело до значних проблем в частині закупівлі комплектуючих необхідних для виконання капітального ремонту на авіаційно-ремонтних підприємствах. Особливо гостро наразі стоїть проблема закупівлі лопатей несучого гвинта (для вертольотів Ми-24). Після оприлюднення статей щодо закупівлі комплектуючих виробництва Російської Федерації на різноманітних інтернет ресурсах та в медіа у 2019 році напередодні президентських виборів виникла проблема щодо можливості закупівлі лопатей несучого та рульового гвинтів для всіх типів вертольотів, які є на озброєнні армійської авіації Сухопутних військ Збройних Сил України.

В цілому, починаючи з 2014 року, багато проблем імпортозаміщення комплектуючих виробів для вертольотів, виробником яких є Російська Федерація, було вирішено.

Поряд з проблемами імпортозаміщення досвід ведення бойових дій в умовах «гібридної війни» показав необхідність проведення модернізації всього вертолітного парку. Але в той же час можливості оборонно-промислового комплексу (далі – ОПК) обмежені і для доведення парку вертольотів до вимог сучасного бою необхідна допомога країн-партнерів в частині оснащення сучасною керованою ракетою з дальністю пуску не менше 10 км, сучасними засобами радіоелектронної боротьби, засобами захищеного зв’язку та оснащення вертольоту бортовим комплексом оборони.

Актуальність проблеми полягає у відсутності єдиної моделі та шляхів її реалізації щодо здійснення капітального ремонту та проведення модернізації вертольотів в умовах «гібридної війни».

Метою статті є аналіз проблем проведення капітального ремонту вертольотів армійської авіації Сухопутних військ Збройних Сил України та можливостей оборонно-промислового комплексу України щодо проведення їх модернізації й імпортозаміщення комплектуючих виробництва Російської Федерації в умовах ведення нею гібридної війни, а також пошук можливих напрямків вирішення зазначених проблем.

Викладення основного матеріалу дослідження. Порядок відновлення, ремонту, модернізації, збільшення встановленого ресурсу та продовження строку служби (зберігання) озброєння, військової і спеціальної техніки, за якими не здійснюється

авторський нагляд, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 2015 року № 135 [1] – є одним з основних документів, який надає вітчизняним авіапідприємствам можливість здійснювати капітальний ремонт авіаційної техніки та проводити її модернізацію.

Незважаючи на те, що Україна є «авіаційною» країною, до виконання капітального ремонту з модернізацією вертольотів допущені тільки два підприємства – ДП Конотопський авіаремонтний завод «Авіакон» та акціонерне товариство «Мотор Січ».

Згідно з сучасною доктриною повітряно-наземного бою сучасний вертоліт має бути автономною багатоцільовою машиною з підвищеними ударними можливостями, довготривалістю і дальністю польоту та бойовою живучістю. Він має бути спроможним наносити удари по наземних цілях і вести повітряний бій у будь-який час доби, у будь-якому географічному районі і в будь-яких метеоумовах. Зазначені світові тенденції Україна не спроможна реалізувати. Сьогодні її вертолітний парк морально і фізично застарів. Для досягнення рівня аналогів найближчих сусідів їй необхідно модернізувати стару, добре перевірену техніку, яка все ще може бути модернізована, і здійснити у найближчій перспективі ліцензійне виробництво нових систем.

В Україні немає власного виробництва бойових вертольотів. Разом з цим, країна має потужну ремонтну вертолітну базу. Підприємства і організації ОПК України з ремонту і модернізації вертолітної техніки володіють унікальними технологіями, насамперед, в галузі вертолітного двигунобудування. Так, вони виробляють двигуни типу ТВЗ-117, які нині випускаються в різних модифікаціях і використовуються на транспортних і бойових вертольотах, морського і наземного базування. АТ «Мотор Січ» створено нову модифікацію цього двигуна, який використовується в проекті модернізації вертольотів Ми-24 до виду Ми-24ПУ1[2].

Однак через відсутність власного виробництва бойових вертольотів можливості України в сфері військового вертольотобудування обмежені, і вона змушена робити свій вибір серед різних варіантів, пов’язаних з модернізацією вертольоту Ми-24. При цьому повинні враховуватися такі внутрішні та зовнішні фактори: необхідність модернізації застарілого вітчизняного парку бойових вертольотів Збройних Сил України; наявність більше ніж у 30 країнах світу вертольотів Ми-24 (Ми-35), бажання власників їх модернізувати та відсутність можливостей для цього у своїх країнах; уповільнений розвиток ринку модернізації вертольотів Ми-24 (Ми-35); наявність в Україні унікального технологічного потенціалу в сфері модернізації та ремонту вертолітної техніки; монополізм Російської Федерації у виробництві, модернізації і ремонті вертольотів типу «Ми»; відсутність в Україні концепції розвитку бойової вертолітної техніки.

Нині майже усі сучасні вертольоти об’єднує єдиний підхід до їх розробки, виробництва і модернізації, а саме: удосконалення всіх складових бойової ефективності машин попереднього покоління, зокрема конструкції, озброєння, обладнання, льотно-технічних характеристик і тактики застосування. Їх конструкції мають ряд особливостей, які визначають «систему живучості» вертольота. Йдеться про бронювання життєво-важливих елементів вертольоту, зокрема кабіни екіпажу з броньованим склом; багаторазове резервування деяких систем, насамперед системи управління; застосування низки агрегатів з пониженою чутливістю до бойових пошкоджень, в першу чергу лонжеронних лопатей несучого гвинта; зниження радіолокаційної, інфрачервоної та акустичної помітності; зменшення пилоутворення при польоті вертольоту низько над землею. Для України модернізація вітчизняних вертольотів Ми-24 є досить проблемним завданням [3].

Для того, щоб вертоліт Ми-24 за своїм льотно-технічним рівнем наблизився до сучасних зразків бойових вертольотів, потрібно, насамперед, підвищити його ефективність, а саме: поліпшити льотні характеристики, установити сучасне озброєння, забезпечити можливість польотів у нічний час, продовжити життєвий цикл вертольоту тощо. Для вирішення цих проблем залучаються як вітчизняні, так і зарубіжні компанії:

КАРЗ «Авіакон», АТ «Мотор Січ», ДККБ «Луч», ЦКБ «Арсенал», НВФ «Адрон», французька фірма Sagem та ін. Під час виконання капітального ремонту та модернізації вертольотів Ми-24 планується:

встановлювати розроблений АТ «Мотор Січ» двигун ТВЗ-117ВМА-СБМ-1В потужністю 2000-2500 к.с., що збільшить висоту його польоту на 1500 м та підвищить вантажопідйомність на 1000 кг;

розмістити нове ракетне озброєння (ведуться вітчизняні розробки для боротьби з броньованими й швидкохідними цілями противника, в тому числі, танками, колісними та гусеничними машинами, пунктами управління, установками радіолокаційних і опорних пунктів, а також вертольотами та швидкохідними кораблями).

Бойова ефективність вертольоту значно підвищиться, якщо його озброєння буде застосовуватися у будь-який час доби. Зразки Ми-24, які нині перебувають на озброєнні ЗСУ, дозволяють армійській авіації проводити бойові дії лише у світлий час доби. Тому передбачене використання на Ми-24 цілодобової оглядово-прицільної системи з телевізійним, тепловізійним і дальномірним каналами та установку в кабіні пілотів нової системи індикації та окулярів нічного бачення

Також проводиться дообладнання Ми-24 модернізованим прицільним комплексом та проводиться адаптація світлотехнічного устаткування кабіни пілотів до застосування нашоломної системи нічного бачення або окулярів нічного бачення, які видають зображення та інформацію про цілі, зокрема наземні, безпосередньо, у напрямі погляду пілота в досить широкому секторі, причому в легко сприйнятливій формі.

Але, незважаючи на те, що зроблено дуже багато щодо організації капітального ремонту в умовах відсутності агрегатів, все одно існує досить багато проблем.

Однією з проблем в організації капітального ремонту для потреб армійської авіації Збройних Сил України є реформа у кадровій сфері, яка відбулася на початку 2020 року, а саме скорочення відділу капітального ремонту армійської авіації. Функції відділу жодний структурний підрозділ не перейняв. Якщо до 2020 року модернізацією з капітальним ремонтом займався цілий відділ, то наразі займається одна людина. Тому, слід розуміти, що спроможності армійської авіації в організації капітального ремонту знижуються.

Важливою проблемою капітального ремонту вертольоту є відсутність лопатей несучого гвинта. Наразі дане питання знаходиться на етапі вирішення. Так, АТ «Мотор Січ» проводиться дослідна конструктивна робота ДРК «ЛОПАТЬ 24», в якій освоюється процес виготовлення лопатей несучого гвинта для вертольотів типу Ми-24. Завершення цієї програми дозволить відновити справність вертольотів Ми-24.

Перші дослідні екземпляри лопатей несучого гвинта виробництва АТ «Мотор Січ» очікувалися у четвертому кварталі 2021 року. Але в плануванні фінансового ресурсу на 2021 рік не передбачено закупівлю десяти комплектів лопатей несучого гвинта, що в свою чергу передбачено виконанням ДКР. Така ситуація виникає в зв'язку з тим, що планування заходів на наступний рік випливає з наявного фінансового ресурсу.

Незважаючи на обмеження фінансового ресурсу в Збройних Силах України кожного року уточняється Державна цільова оборонна програма розвитку озброєння та військової техніки Збройних Сил України (далі – ДЦОПР), але по факту вона не виконується. Чітке виконання ДЦОПР дає розуміння того, які заходи будуть виконуватися в подальшому.

Основною проблемою такого повільного розвитку проведення капітального ремонту та модернізації є можливості ОПК.

Колишнім Міністром оборони України Андрієм Загороднюком було роз'яснено можливості ОПК:

1) ОПК, як приватний, так і державний, не виживе за рахунок виключно українського державного замовлення. І при цьому не усі вітчизняні виробники стають постачальниками. Тобто потенціал вітчизняних підприємств набагато більший, ніж можливості держави, а це означає, що будь-яка концепція розвитку ОПК має включати

розвиток експорту. Тим більш, що випробувані жорсткими українськими умовами нові одиниці техніки є часто досить конкурентними на світових ринках.

2) Вартість українського фінансового ресурсу є занадто високою для норми прибутку машинобудування. Бюджетні кошти обмежені. Це означає, що ОПК потрібно залучати кошти закордонних фінансових установ та інвесторів. А це можливо лише за прозорої системи управління та відповідності західним критеріям корпоративного управління та звітності.

3) Для розвитку новітніх систем необхідне залучення технологій та ноу-хау за напрямками, які цього потребують. Це партнери, власники інноваційних розробок та інтелектуальних рішень, як вітчизняні, так і закордонні. Тобто модель роботи ОПК має бути привабливою для створення спільних проєктів та підприємств та досить гнучкою. Спільні проєкти та підприємства є єдиною можливістю виживання для державних заводів, які наразі мають надзвичайно застаріле обладнання, технології та брак коштів на розвиток. Такими є якщо не більшість, то значна частина державного ОПК.

Тобто, для виживання ОПК його державне регулювання має бути достатньо зрозумілим для інвесторів, партнерів у спільних підприємствах та покупців.

Будь-яке міністерство, що має відношення до ОПК, не може напряму керувати державними підприємствами. Роль міністерства полягає у створенні державної політики, а не бізнес-діяльності. Міністерство, яке і визначає політику, і займається бізнесом, має цілий набор конфліктів інтересів.

Це лише деякі з них:

1) Залучення міністерства, як власника і єдиного управляючого, знецінить поточну реформу корпоративного управління державних підприємств, яка має надати гарантії інвесторам та партнерам, що підприємства управляються прозоро і об’єктивно. Залучати партнерів в проєкти таким підприємствам буде складно, а скоріше взагалі неможливо.

2) Воно буде пріоритетно підтримувати власні підприємства, а політику визначати як для приватних, так і для державних суб’єктів. Це аж ніяк не надасть приватним компаніям впевненості, що у випадку конкурсу або конфлікту міністерство не застосує адмінресурс на підтримку "своїх". Уникнути такого конфлікту, якщо ключові показники ефективності керівників міністерства будуть залежати від успішності роботи саме його підприємств, практично неможливо.

3) Беручи до уваги рівень зарплат державних службовців, якщо міністерство є власником і займається бізнес-діяльністю, це корупційні ризики із величезною вірогідністю.

Важливо розуміти, що визначення воєнно-технічної політики, пріоритетів розвитку технологій та особливо формування державного оборонного замовлення має належати тим, хто застосовує ці політики та технології. Ці функції належать замовникам: силам оборони та міністерствам, які їх контролюють, тобто Міністерству оборони України, Міністерству внутрішніх справ тощо. Саме вони планують свої спроможності. Вони є користувачами і вони визначають, яка техніка чи технології їм потрібні. Якщо вони будуть невільними у своєму виборі, це суттєво обмежить можливості сил оборони та створить серйозну загрозу обороноздатності. Як і у будь-яких інших випадках саме покупець має визначати, у чому є потреба, а не продавець.

Жодна модель не має уповільнити корпоратизацію Укроборонпрому та реформу оборонних закупівель – ці програми вже відбуваються, пройдений великий шлях щодо їхньої розробки та впровадження. Будь-яка зміна курсу в цих стратегічних програмах лише відсуне нас від мети реформи і призведе до невиконання взятих державою на себе зобов’язань.

Тож створення дієвої моделі управління вітчизняним ОПК є складним завданням та потребує вивчення всіх ризиків та всіх потенційних моделей. Треба враховувати напрацювання, які вже є, та досвід у залученні інвестицій та партнерів, розвитку державно-приватного партнерства і швидкого впровадження інновацій. А також і

негативний досвід – коли потенційні партнери йдуть та не повертаються, принаймні поки що. Будь-яка модель має забезпечити привабливість ОПК для інвестицій і це є запорукою успіху [4].

Концепція модернізації вертольоту Ми-24 відповідає як національним інтересам, так і вимогам потенційних замовників та забезпечує можливість: цілодобового бойового застосування вертольоту; польотів на малих висотах, ураження повітряних цілей керованими ракетами за принципом «пустив – забув»; підвищення точності входу вертольоту в зону атаки цілі, що збільшує імовірність її атаки зненацька; підвищення живучості вертольотів і термінів експлуатації, виконання польотів бойових вертольотів за стандартами ІКАО/НАТО та інше.

Концепція модернізації вертольотів Ми-8 МТ(МТВ) аналогічна концепції вертольоту Ми-24, описаній вище. Але приведення до справного стану вертольотів Ми-8 МТ(МТВ) значно легше у зв'язку з наявністю деяких комплектуючих виробництва Російської Федерації. Вертольоти Ми-8МТ(МТВ) застосовуються як в військовій, так і в громадській сфері. В цілому, це дозволяє виконувати капітальний ремонт до освоєння виготовлення (в разі прийняття рішення) усіх комплектувальних виробів виготовлення країни агресора та з метою нарощування спроможностей вертолітного парку армійської авіації. Наразі триває робота щодо бронювання кабіни екіпажу вертольоту шифр «Захист».

Але, нажаль, залишається невирішеним питання щодо встановлення на вертольоти армійської авіації бортового комплексу оборони та комплексу радіоелектронної боротьби. Наразі йдуть перемовини з ізраїльською компанією Elbit Systems, але рішення до цього часу залишається не прийнято.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Підсумовуючи, хотілося б сказати, що наразі існує багато шляхів реалізації мети модернізації з капітальним ремонтом вертольотів, які б відповідали сучасним вимогам. Але для цього необхідно політичне рішення та відповідне фінансування, яке було б сталим, хоча би протягом п'яти років. Керівництво держави та Збройних Сил України повинно усвідомити для себе, в першу чергу, до чого ми прагнемо і що необхідно зробити. Потрібні нам сучасні вертольоти чи ні, а не кидатися з крайності в крайність. Як показав досвід, зі зміною влади в країні змінюються і напрямки роботи. Підприємства виробники тієї чи іншої продукції проводять освоєння капітального ремонту та модернізації, як правило, за власні обігові кошти. Зміна напрямку роботи змінює і пріоритети. Тобто, інвестори без гарантій не хочуть співпрацювати з Міністерством оборони України, що в свою чергу гальмує модернізацію.

Тому авторами статті пропонуються наступні шляхи вирішення поставлених проблем:

1. Повернути до штату управління армійської авіації командування підготовки Командування Сухопутних військ Збройних Сил України відділ технічного супроводження капітального ремонту та модернізації авіаційної техніки.

2. Чітко виконувати програми ДЦОПР для впевненості у фінансовому ресурсі на сплановані заходи в наступних роках.

3. Продовжити співпрацю з компанією Elbit Systems та, незважаючи на велику вартість обладнання (орієнтовно, залежно від комплектації, вартість обладнання може сягати 10 млн. доларів США на один вертоліт), прийняти рішення щодо встановлення бортового комплексу оборони та комплексу радіоелектронної боротьби (один на чотири вертольоти) на кожен вертоліт армійської авіації для реалізації завдань, які ставляться перед нею.

Список використаних джерел

1. Порядок відновлення, ремонту, модернізації, збільшення установленого ресурсу та продовження строку служби (зберігання) озброєння, військової і спеціальної техніки, за якими не здійснюється авторський нагляд, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 2015 року № 135.
2. Виступ Заступника головного конструктора ВАТ «Мотор Січ» Ю.Куряченко на ІІІ Міжнародному оборонно-промисловому форумі «Досвід країн Вишеградської групи для України і можливості співробітництва оборонних компаній країн НАТО», який відбувся 22-23 жовтня 2009 р.
3. Грек В. Без відповіді залишається головне питання «де вертоліт»//Defense express. – 2011. – № 4. – С.32-35.
4. Дискусія щодо майбутньої моделі управління вітчизняним оборонно-промисловим комплексом, https://www.pravda.com.ua/rus/columns/2020/06/19/7256321/.

Тимчук Геннадій Миколайович
Ковбаса Дмитро Григорович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АДЕКВАТНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ РЕАЛЬНИХ ФАКТИЧНИХ ДІЙ ОРГАНІВ РОЗВІДКИ

У статті проведено дослідження особливостей сучасних програмних засобів імітаційного моделювання з метою з'ясування закономірностей, покладених в основу забезпечення інформаційних технологій зазначених засобів. Автори проводять аналіз наукових джерел, узагальнення та систематизацію дослідницької інформації, вивчення та аналіз досвіду виконання професійних завдань.

Ключові слова: *розвідка, імітація, програмні засоби моделювання.*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Дослідження сучасних програмних засобів імітаційного моделювання є актуальним завданням у зв'язку з їх розповсюдженням у Збройних Силах та інших військових формуваннях України. Особливої уваги заслуговує завдання аналізу відповідності зазначених моделей процесам добування, накопичення, узагальнення інформації про об'єкти противника, що визначені для викриття, з урахуванням досвіду застосування Збройних Сил України під час проведення антитерористичної операції та операції Об'єднаних сил із середини 2014 року.

Метою дослідження є виявлення особливостей сучасних програмних засобів імітаційного моделювання з метою з'ясування закономірностей і моделей, покладених в основу забезпечення інформаційних технологій зазначених засобів.

Виклад основного матеріалу. Найбільш розповсюдженими в Україні комп'ютерними системами імітаційного моделювання є Joint Conflict and Tactical Simulation (JCATS – Об'єднаний імітатор конфліктних і тактичних ситуацій), Battle Command, Follow Me. Але серед них найбільш адекватно відображає реальні наслідки тактичних дій військ – JCATS.

Вона призначена для моделювання дій підрозділів, частин, з'єднань та об'єднань згідно з прийнятим командиром рішенням у визначених умовах обстановки. JCATS використовується для проведення командно-штабних навчань (тренувань) з метою набуття тими, хто навчається, практичного досвіду виконання службових обов'язків у реальних (бойових) умовах.

Система імітаційного моделювання JCATS дозволяє моделювати:

операції багатонаціональних сил;

операції з підтримки миру;

наземні, повітряні й морські операції (бойові дії);

антитерористичні операції;

заходи з тилового та технічного забезпечення (логістика).

Military Decision Making Process (MDMP – процес прийняття військових рішень) передбачає процедури Intelligence Preparation of Battlefield (IPB – розвідувальне забезпечення бою), зокрема виявлення ключових об'єктів місцевості та підрозділів і засобів противника, які слід розцінювати як об'єкти розвідки.

Об'єкти тактичної розвідки визначені в Бойових статутах Сухопутних військ Збройних Сил України, Настанові з тактичної розвідки та Бойовому статуті окремих розвідувальних батальйонів.

Опису розподілів об'єктів розвідки на місцевості присвячені роботи вітчизняних науковців Левченка А.О. та Багінського В.А., які провели послідовну апробацію на

відомих статистичних даних та верифікацію шляхом багаторазового відновлення аналітичної структури моделі закону розподілу об'єктів розвідки в глибині бойових порядків за допомогою розробленого ними методу апроксимації щільності розподілу ймовірностей випадкових величин багатомодового вигляду. У нашому випадку це означає, що об'єкти розвідки, характеристики яких закладені в математичне забезпечення реалізації JCATS, повинні передбачати багатомодовий вигляд розподілу об'єктів розвідки.

Слід зауважити, що середовище імітаційного моделювання (CIM) системи JCATS не пропонує набору заздалегідь розроблених "статичних" сценаріїв". Система дозволяє корегувати перебіг навчань (тренувань) безпосередньо в процесі моделювання. Сценарії можуть включати декілька сторін-учасниць (відображаються різними кольорами), що відповідають різним групам, об'єднанням чи країнам.

При цьому обов'язково визначаються типи відносин між сторонами-учасницями, які можуть бути:

ворожими, коли сторони-учасниці виступають у ролі противника;

дружніми, коли сторони є учасницями багатонаціонального альянсу (наприклад, під час проведення миротворчих операцій);

нейтральними, коли сторони не мають відносин (наприклад, між сторонами-учасницями та цивільним населенням країни, де відбуваються події).

На етапі підготовки до застосування системи JCATS слід створити базу даних тактико-технічних характеристик (ТТХ) усіх одиниць та об'єднань. Але часові значення зазначених ТТХ описано як цілочисельні змінні з подальшим поданням у двійково-шістнадцятковій системі з плаваючою комою. Моделювання можливе за рівнями від окремого солдата (одиниці) до армійського корпусу. Кожній одиниці бойової техніки або окремому солдату відповідає певний символ, який може відображатися на екрані, символи показуються відмінно від типових значень та мають неоднозначну тотожність їм. JCATS дозволяє об'єднувати окремих солдат та одиниці бойової техніки у відповідні підрозділи, підрозділи – у частини, частини – у з'єднання, з'єднання – в об'єднання.

У системі імітаційного моделювання бойових дій JCATS під час складання сценарію Joint Task (JT) кожну одиницю бойової техніки комплектує різним типом зброї, відповідними датчиками (сенсорами) та декількома підтипами спорядження, вона також має власний радіус огляду одиниці Entity Line of Sight (LOS) та радіус реакції Field of Regard (FOR).

Системою передбачається імітація визначення противника в чотири етапи: від виявлення до повної ідентифікації. Математична модель реалізована в CIM JCATS дозволяє моделювати ведення вогню в автоматичному або ручному режимах як на відкритих ділянках місцевості, так і в умовах міської забудови. При цьому враховується можливість загинути від вогню "дружніх" бойових одиниць. Кожна бойова одиниця може здатися (бути захоплена) у полон, а також існує можливість щодо підбору зброї у загиблих бойових одиниць та використання їх боєприпасів.

У процесі моделювання одиниці можуть змінювати власний статус: бути ураженими, ушкодженими і знищеними. Опис особливостей десантних операцій реалізована модель у JCATS враховує можливістю ініціювати посадку (висадку) особового складу на (із) амфібійні засоби висадки, кораблі, літаки, гелікоптери.

Важливо, що всі дії моделюються на місцевості, а не на карті. Тому природні та штучні загородження впливають на здатність виявляти, стріляти і пересуватися. База даних місцевості включає лінії рельєфу, дороги, ріки, відкриті водоймища та рослинність, при цьому розміри карт можливо змінювати. CIM JCATS дозволяє моделювати багатоповерхові будівлі з дверима, вікнами та внутрішніми стінами, а також підвальними приміщеннями, підземні ходи та тунелі. Також у системі імітаційного моделювання JCATS використовується "фільтрувальний" алгоритм, який відображає нові деталі місцевості відповідно до збільшення району, що цікавить.

У системі передбачені динамічні зміни погодних умов, які впливають на здатність систем до пересування та ведення вогню. Існує можливість моделювати нічні операції. Завдяки спеціальним алгоритмам розраховується блокування радіуса огляду (LOS) бойової одиниці рельєфом місцевості, хмарністю, будівлями чи іншими бойовими одиницями.

CIM JCATS дозволяє моделювати підводні перешкоди, річки, придатні для курсування кораблів, створювати рельєфи морів (океанів), а також будь-які засоби розвідки, а саме: наземні, морські, радари протиповітряної оборони (ППО) та гідролокатори. Ці можливості покладені в основу моделювання багатьох систем, наприклад, бойових одиниць ППО. Існує велика кількість сенсорів: лінійні сенсори поверхні (наприклад, системи сигналізації на парканах, дверних замках), сенсори руху, об'єму тощо. При цьому вони можуть бути в наявності як у різних бойових одиниць, так і встановлюватись окремо.

Процес моделювання може записуватися, зберігатися та відтворюватися для проведення детального аналізу дій. Широкий спектр налаштувань, зручний графічний інтерфейс програми разом із необмеженими можливостями дає позитивний результат під час проведення тренувань усіх рівнів. Останні результати досліджень вказують на підвищення ефективності підготовки слухачів під час регулярного використання JCATS.

Таким чином, система імітаційного моделювання JCATS – це комплексна модель управління даними, яка передбачає три основні фази її застосування: підготовку даних сценарію; моделювання в режимі реального часу; аналіз проведених дій.

Програма Battle Command (Бойове управління) – це засіб імітаційного моделювання, який дозволяє командирам підрозділів та офіцерам штабів відпрацьовувати заходи з планування та проведення бойових дій. Визначені плани дій відтворюються на змодельованому полі бою. Існує можливість проводити імітаційні дії в режимі одного чи декількох гравців, за необхідності приєднуватися до федерацій програм.

Програма Battle Command дозволяє виступати в ролях “Гравця”, “Спостерігача” або “Викладача” відповідно до розподілу посад на заняттях. “Гравець” відкриває готовий сценарій, реагує на отримане завдання та виконує його. “Спостерігач” може моніторити розгортання сценарію, але ніяк не впливати на перебіг дій гри. “Викладач” може створювати сценарії, спостерігати без обмеження видимості та виконувати будь-які дії. Керівник занять аналізує дії та оцінює результативність гравців.

Гра проходить у рамках визначеного сценарію, компонентами якого є:

база даних місцевості (визначає географічне місце розіграшу сценарію);

склад сил (визначає ті сили, які беруть участь у сценарії).

Кожен сценарій прив'язаний до певної місцевості. У базі даних місцевості міститься тривимірна інформація про даний географічний район та навколишнє середовище, у якому будуть діяти підрозділи. За допомогою цієї інформації програма Battle Command може вираховувати висоту, взаємну видимість об'єктів тощо.

Дії одиниць залежать від рельєфу місцевості. Наприклад, якщо літаку віддано наказ летіти на висоті 1000 метрів, а висота місцевості в даному районі 5000 метрів над рівнем моря, то літак розіб'ється.

У програмі Battle Command моделюються такі типи одиниць:

окремі одиниці (гелікоптери та артилерія);

псевдоагреговані підрозділи – з'єднання, зокрема взводи та роти, які були створені шляхом об'єднання окремих одиниць (зі збереженням усіх індивідуальних якостей);

дійсні підрозділи – з'єднання, зокрема взводи та роти, які не можуть бути розбиті на окремі одиниці, але можуть бути загреговані в більші псевдоагреговані підрозділи.

Програма Battle Command дозволяє використовувати різноманітні оверлеї. Під час виконання бойового завдання нанесення графічних позначок відбувається на пойменовані прозорі “шари” оверлеїв. Це дає можливість виводити на екран або приховувати

необхідну обстановку дій підпорядкованих сил. Одиниці можуть рухатися за лініями та напрямками, пересуватися у визначену точку.

В умовних твердженнях зазначається, що завдання буде виконано тільки у випадку, якщо було чи не було досягнуто певних умов, тобто одиниця знаходиться в заданому районі (праворуч чи ліворуч від лінії регулювання) або одиницю було знищено.

Щодо моделювання дій розвідувальних органів по відношенню до реальних умов то виявлення об'єктів противника та їх належність буде залежати від того, яким способом або методом виконуватиметься завдання органом розвідки та які засоби застосовуються для ведення розвідки (оптичні, оптико-електронні, лазерні, радіо-, радіотехнічні, радіолокаційні, телевізійні, тепловізійні, звукометричні, фотографічні засоби, індикатори та вимірювальні прилади радіаційної, хімічної й біологічної розвідки, розвідувально-сигналізаційна апаратура, безпілотні авіаційні комплекси та інші технічні засоби) та аналізу джерел розвідувальних відомостей.

Враховуючи зазначене, начальник розвідки, який планує порядок застосування розвідувальних органів, отримавши завдання на початковому етапі, не знає, куди та який саме підрозділ необхідно направити для отримання найбільш повної інформації. За необхідності підтвердити наявність раніше розвіданого об'єкта в тому ж районі або уточнити його координати, особливо перед завданням удару, проводиться до розвідка, для якої залучаються найбільш ефективні та швидкодіючі сили і засоби.

Адекватність розподілу об'єктів реальній бойовій обстановці можливо забезпечити лише в разі, коли фахівець завдяки інтуїції, знанням, умінням та навичкам зможе розосередити їх на місцевості з вірогідністю 60–70% під час створення бази даних конкретного сценарію [11].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Описані вище засоби імітаційного навчання завдання з імітації бойових дій бойових підрозділів виконують добре, але самостійно не можуть змоделювати вірогідні позиції об'єктів противника відповідно до місцевості.

Таким чином, побудова багатовимірної аналітичної моделі розподілу об'єктів розвідки, яка враховує штатну чисельність особового складу, техніки та стан місцевості, засоби імітаційного навчання є перспективним напрямком подальших досліджень.

Список використаних джерел

1. Бойовий статут Сухопутних військ. Частина 2. Батальйон, рота. Затверджений наказом Командувача Сухопутних військ Збройних Сил України від 13.12.2016 № 605.
2. https://www.thelightningpress.com/about-the-military-decisionmaking-process-mdmp/
3. Труш О.О., Кошкін А.О. Системи підтримки прийняття рішень органами державного управління в умовах надзвичайних ситуацій (інцидентів) / О.О.Труш, А.О.Кошкін // Теорія та практика державного управління – 2013. – №4. – с. 256-262.
4. Військовий посібник ГШ ЗС України про стандарти ведення бойових дій у ЗС держав НАТО (ВП 2.01.3; ВП 3.21.20; ВП 5.0А) / Генеральний Штаб Збройних сил України. – К.: ГШ ЗСУ, 2017.
5. McCann, Carol and Ross Pigeau, eds. The Human in Command: Exploring the Modern Military Experience. New York: Kluwer Academic Press, 2000.
6. Методика підготовки і проведення командно-штабних навчань за допомогою комп'ютерів з використанням технологій імітаційного моделювання. Під заг. ред. О.Ю. Пермякова : методичний посібник. – К.: НУОУ, 2011. – 60 с.
7. Н. Резяпов, С. Чеснаков, М. Инюхин. Имитационная система моделирования боевих действий JWARS ВС США // Зарубежное военное обозрение, № 11, 2008. – с. 27-32.

8. Battle Command and Sustainment Support System (BCS3) [Електронний ресурс] / Режим доступу до журн.: https://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/bcs3.htm.
9. Мазурін О. «Комп'ютерні баталії…» / О. Мазурін // Військо України. – 2006. – №1. – С.25-28.
10. Пермяков О.Ю. Шляхи інтегрування імітаційного моделювання у процес оперативної і бойової підготовки Збройних Сил України / Доповідь на кафедрі інформатизації штабів. – К.: НАОУ, 2006. – С.17-22.
11. Семчак О. М., Левченко А. О., к.т.н., доцент Шумков І. О. / І Всеукр. наук.-практ. конф., 01–02 листоп. 2018 р. : тези доповідей / М-во оборони України, Житомир. військ. ін-т імені С. П. Корольова, 2018. – С.144-150.

Бабенко Роман Сергійович
Климчук Андрій Михайлович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

АНАЛІЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НАДІЙНІСТЮ ПАРКУ БОЙОВОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ АВІАЦІЇ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Проведено аналіз системи управління надійністю парку бойової авіаційної техніки авіації ПС ЗС України. Запропоновано напрями подальших досліджень з метою удосконалення системи управління надійністю, яка існує в авіаційних частинах ПС ЗС України.

Ключові слова: *авіаційна техніка, суб'єкт державної авіації, несправність, Методичні рекомендації державної авіації, автоматизована система електронного обліку несправностей АТ ДАУ, надійність авіаційної техніки, нормативно-правова база, інформаційна система.*

Постановка проблеми. Підтримання необхідного рівня готовності та льотної придатності літальних апаратів державної авіації України (ДАУ) на сьогоднішній день є одним із основних напрямків діяльності інженерно - авіаційної служби суб'єктів державної авіації (СДА). Враховуючи аналіз надійності авіаційної техніки (АТ) вирішення зазначеного питання потребує проведення (додаткових) організаційно-технічних заходів.

В перші роки незалежності України була створена нормативно-правова база для аналізу надійності АТ ДАУ.

Недоліки , які характерні для даної нормативно-правової бази:

не має можливості оперативно здійснювати заходи щодо збирання та аналізу інформації про стан справності та надійності АТ;

низька оперативність відпрацьовування та реалізації заходів направлених на забезпечення належного рівня надійності АТ ДАУ її справність та готовність до використання за призначенням.

Основні недоліки системи аналізу надійності АТ ДАУ:

недосконаліть системи збору та аналізу про надійність АТ, недосконала нормативно-правова база;

забезпечення надійності АТ та відпрацювання необхідних заходів, щодо сучасних умов її льотної та технічної експлуатації;

автоматизована система електронного обліку несправностей АТ ДАУ відсутня;

систематизована термінологія з питань дослідження впливу на надійність АТ ДАУ відсутня.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Управлінням регулювання діяльності державної авіації України для вирішення питань удосконалення нормативно-правової бази, системи збору, аналізу і подання інформації про несправності АТ ДАУ у 2015 році було відпрацьовано та введено в дію "Методичні рекомендації державної авіації щодо збору, аналізу і подання інформації про несправності авіаційної техніки (МРДА-02/16)" (далі – "Методичні рекомендації …") [1].

"Методичні рекомендації …" визначають порядок збирання, аналізу і подання відомостей про несправності АТ у підрозділах СДА, організаціях з технічного обслуговування та ремонту АТ ДАУ.

Розробка " Методичних рекомендації …" здійснювалася з урахуванням основних положень Повітряного кодексу України [2], Правил розслідування авіаційних подій та інцидентів в авіації Збройних Сил України [3],та інших нормативно-правових актів України з питань діяльності у галузі авіації.

"Методичні рекомендації …" це основний, але не єдиний документ, який регламентує порядок збирання, аналізу і подання відомостей про несправності АТ ДАУ.

Викладення основного матеріалу. Аналіз існуючої нормативно-правової бази системи управління надійністю парку бойової авіаційної техніки авіації Збройних Сил України показує необхідність у розробці (доопрацюванні) нормативно-технічної документації з питань практичного її використання інженерно-авіаційними службами СДА.

Критичним моментом в цьому питанні є відсутність систематизованої термінології з питань дослідження впливу на надійність АТ ДАУ особливостей конструкції, технологічних процесів виробництва, існуючих умов експлуатації, технічного обслуговування та ремонту.

Негативними наслідками цього є ускладнення формування та реалізації заходів щодо підтримання належного рівня льотної придатності та готовності до використання за призначенням АТ ДАУ, які в сучасних умовах її функціонування здійснюються шляхом продовження АТ встановлених показників, переведення на експлуатацію за технічним станом та проведенням модернізації.

Для того щоб вирішити питання з термінології дослідження впливу на надійність АТ ДАУ є доцільним розробити військовий стандарт з термінології надійності АТ ДАУ, що дозволить встановити єдиний понятійний апарат для використання в нормативних документах з аналізу надійності АТ ДАУ. Даний військовий стандарт може використовуватися в структурних підрозділах МО України, органах військового управління ЗС України, з'єднаннях, військових частинах, військових навчальних закладах, установах та організаціях, діяльність яких пов'язана з експлуатацією військової АТ, а також може бути застосований для інших формувань державної авіації України.

Реалізація зазначеного напрямку буде сприяти досягненню необхідного ступеня упорядкування та забезпечення виконання вимог щодо надійності АТ ДАУ на всіх стадіях її життєвого циклу. Виконання робіт з упорядкування термінології щодо аналізу надійності АТ ДАУ дозволить систематизовано досліджувати вплив особливостей конструкції, технологічних процесів виробництва, умов експлуатації та ремонту на надійність АТ ДАУ.

Ще одним важливим напрямком удосконалення системи аналізу надійності є розробка та впровадження автоматизованої системи електронного обліку несправностей АТ ДАУ.

На сьогоднішній день система збору, обліку і аналізу інформації про технічний стан і надійність АТ, яка формує основний обсяг вихідних даних для управління експлуатацією АТ, заснована на застарілих безкомп'ютерних технологіях і має суттєві недоліки:

велика трудомісткість проведення пономерного обліку АТ та її комплектувальних виробів, аналізу й оцінювання їх технічного стану та надійності;

низька оперативність процесів збирання, оброблення та аналізу даних, великі терміни надання результатів аналізу, що ускладнює своєчасний вплив управлінських рішень на технічний стан АТ;

недостатній рівень деталізації комплектувальних виробів АТ, повноти і достовірності інформації для визначення фактичного технічного стану та рівня надійності АТ;

складність застосування формалізованих процедур прийняття рішень в ході аналізу стану АТ, причин несправностей і відмов, умов їх виникнення;

відсутність автоматизованих нормативно-технічних та методичних довідників з питань експлуатації АТ.

У військових авіаційних частинах та в державній авіації існує системна проблема інформатизації процесів експлуатації АТ, в тому числі стосовно проблеми збору та обробки інформації щодо технічного стану та надійності існуючих зразків АТ ДАУ.

Системність цієї проблеми полягає в необхідності створення програмних і апаратних засобів, а також розробці ефективної теоретичної основи для синтезу системи гарантованого управління технічним станом та забезпеченням належного рівня надійності АТ ДАУ на експлуатаційному інтервалі її життєвого циклу.

Для того, щоб вирішити цю проблему потрібне впровадження сучасних інформаційних технологій, побудованих на основі комп'ютерної та телекомунікаційної техніки. Розробка інформаційної технології, як засобу дослідження, моніторингу і прийняття рішень відносно шляхів забезпечення справності та необхідного рівня надійності існуючих зразків АТ ДАУ є актуальною науково-прикладною задачею.

У "Методичних рекомендаціях …" окремим пунктом визначено необхідність створення в Україні системи управління справністю і надійністю АТ СДА, яка повинна здійснювати:

контроль і аналіз поточного технічного стану, стану справності та надійності АТ за номенклатурою показників – вектором параметрів, які повністю характеризують процес експлуатації АТ (у тому числі, показниками, які визначають реальне накопичення втомних пошкоджень в елементах конструкції кожного літака, корозійний стан елементів конструкції, а також відповідність установленого на літаку обладнання і озброєння сучасним вимогам);

прогноз технічного стану, рівня справності та надійності АТ, виконаний на сучасному науково-методичному рівні;

розробку та реалізацію конкретних заходів щодо підтримання на заданому рівні справності та надійності АТ (із залученням наукових організацій, організацій промисловості, ремонтних підприємств і експлуатуючих частин).

З огляду на вище сказане визначені наступні напрямки удосконалення системи управління надійністю АТ СДА:

обґрунтування необхідної структури інформаційної системи для управління справністю та надійністю АТ СДА;

уніфікація математичних методів обробки параметрів, що необхідні для управління справністю та надійністю АТ СДА;

розробка алгоритмів функціонування окремих підсистем системи управління справністю та надійністю АТ СДА;

створення програмних продуктів (в авіакомпаніях України програмне забезпечення управління надійністю розробленні та застосовуються), а також засобів обробки інформації та надходження рекомендацій, що необхідні для прийняття рішень з управління справністю та надійністю АТ СДА;

розробка методичних матеріалів з практичного використання інформаційної системи для підтримання справності та надійності авіаційної техніки АТ СДА.

Передбачається, що автоматизована інформаційна система управління справністю і надійністю АТ СДА (рис.1) буде складовою частиною інформаційної системи супроводження експлуатації АТ під якою розуміється організована сукупність програмних і технічних засобів обчислювальної техніки, методів оброблення інформації і дій персоналу, які цілеспрямовано реалізують інформаційну технологію щодо збирання, накопичення і зберігання інформації, виконання автоматизованого оброблення і аналізу зазначеної інформації та оперативного надання отриманих результатів в зручному для користувачів вигляді для прийняття обґрунтованих рішень та організації робіт в процесі експлуатації АТ.

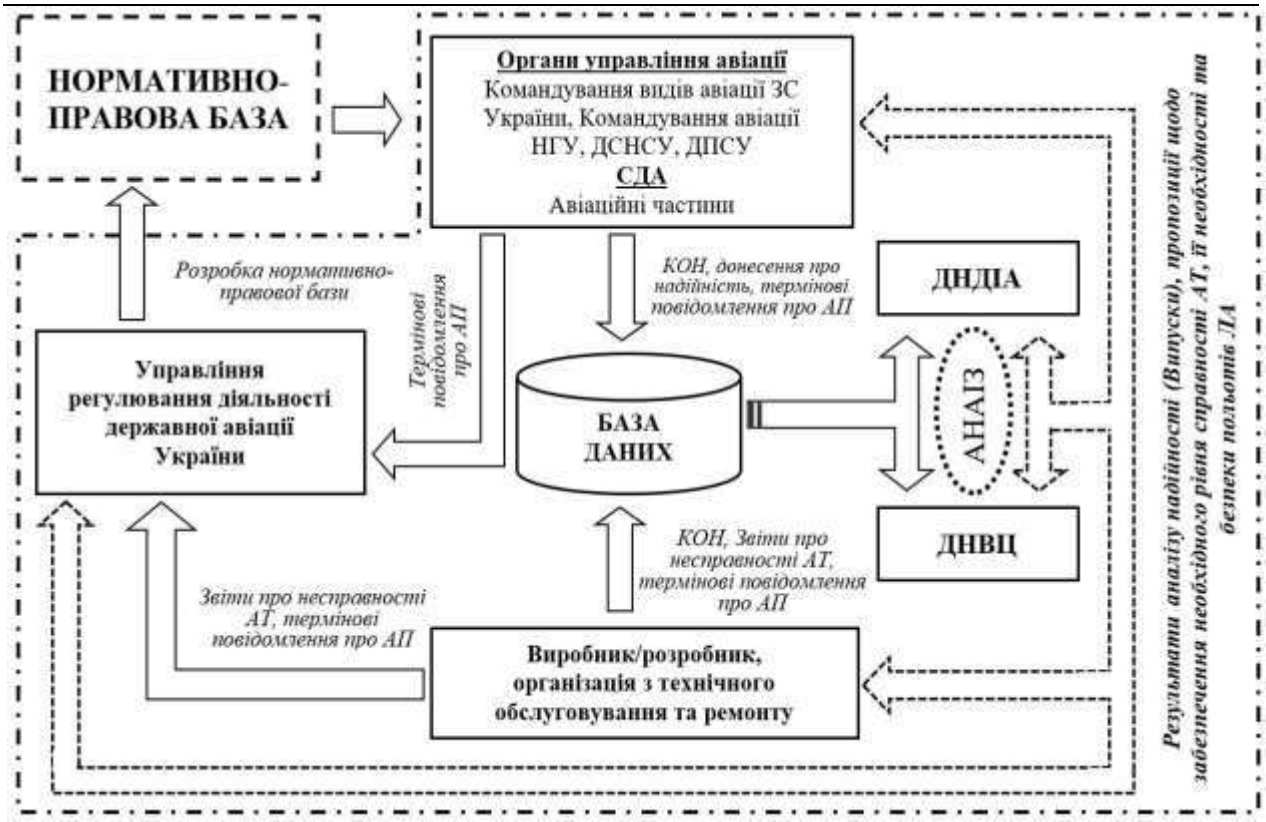


Рис. 1. Структура інформаційної системи управління справністю і надійністю АТ СДА

Впровадження інформаційної технології в систему експлуатації ДАУ надасть можливість ефективно здійснювати збір та аналіз інформації щодо справності та надійності зразків АТ, своєчасно розробляти та реалізовувати заходи щодо забезпечення належного рівня її справності та надійності. Також це дозволить знизити витрати на логістичне забезпечення, автоматизувати планування потреб та термінів постачання запчастин, підвищити ефективність логістичних процесів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведений аналіз існуючої системи забезпечення надійності АТ ДАУ, авіаційних частинах ПС ЗС України дозволив визначити проблемні питання зазначеної системи та можливі шляхи їх вирішення основними із яких є:

удосконалення нормативно-правової бази системи аналізу надійності АТ ДАУ, насамперед військового стандарту з термінології надійності АТ ДАУ;

створення та впровадження автоматизованої системи електронного обліку несправностей АТ ДАУ, як складової частини інформаційної системи супроводження експлуатації АТ ДАУ.

Список використаних джерел:

1. "Методичні рекомендації державної авіації щодо збору, аналізу і подання інформації про несправності авіаційної техніки (МРДА-02/16)": Наказ начальника Управління регулювання діяльності державної авіації України від 23.03.2016 року № 20 / Міністерство оборони України. – Офіц. вид. – К.: Видво Міністерства оборони України, 2016. – 105 с. – (Бібліотека офіційних видань).
2. Повітряний кодекс України. – Відомості Верховної Ради України (ВВР), № 48-49, 2011. 536 с.
3. "Правила розслідування авіаційних подій та інцидентів в авіації Збройних Сил України": Наказ Міністерства оборони України від 15.10.2010 року № 256 / Міністерство оборони України. – Офіц. вид. – К.: Вид-во Міністерства оборони України, 2010. – 105 с. – (Бібліотека офіційних видань).

Закутько Олександр Миколайович
Борщ Андрій Вікторович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

АНАЛІЗ СПРОМОЖНОСТЕЙ ОБОРОННО-ПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВЕРТОЛЬОТІВ ТИПУ МИ-8

У статті проводиться дослідження спроможностей сучасного оборонно-промислового комплексу України щодо модернізації парку вертольотів типу Ми-8 для потреб Збройних Сил України. Висвітлені існуючі проблеми та запропоновані шляхи їх вирішення.

Ключові слова: *модернізація, вертоліт, оборонно-промисловий комплекс.*

Постановка проблеми.

Авіація Збройних Сил України стикнулася з гострою необхідністю оновлення парку літальних апаратів, при цьому ряд об'єктивних причин, такі як брак фінансування, перешкоджають закупівлі нових машин за кордоном. Разом з тим, дослідження конструктивних особливостей побудови літальних апаратів військового призначення довели, що планери літаків та вертольотів мають більший запас довговічності порівняно з розрахованими при їх проектуванні ресурсними показниками (як за строком служби, так і за напрацюванням) [1]. Такий стан справ спонукає державу до варіанту з поступової еволюції від пострадянських машин, шляхом їх модернізації до концептів, що відповідають потребам Збройних Сил України.

Актуальність проблеми. Полягає у нагальній необхідності прискорення темпів модернізації існуючого парку військової авіаційної техніки, зокрема вертольотів Ми-8.

Враховуючи це, **метою статті є** аналіз спроможностей оборонно-промислового комплексу України щодо модернізації вертольотів типу Ми-8. Завданням статті є визначення головних проблем у модернізації вертольотів та розроблення пропозицій щодо їх вирішення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Більшість наявного озброєння військової техніки та спеціальної техніки Збройних Сил України на сьогоднішній день експлуатується понад 30 років, при цьому значна кількість військової техніки довгий час знаходилася на довготривалому зберіганні, що не може не вплинути на її технічний стан та боєготовність [2]. Аналіз парку літальних апаратів авіації Збройних Сил України показав, що через вичерпання попередньо встановлених строків служби і ресурсів (до першого ремонту, міжремонтних, призначених) більшість літальних апаратів перебуває у несправному стані, а окремі типи (літаки Б-12, вертольоти типу Ми-8) уже досягли віку понад 40 років. Хоча реальний технічний стан дозволяє їх експлуатацію. Одним із пріоритетних напрямків реформування та розвитку Збройних Сил України щодо забезпечення озброєнням та військової технікою, а також враховуючи досвід ведення антитерористичної операції та операції об'єднаних сил, є посилення повітряної компоненти за рахунок модернізації та продовження ресурсу літаків і вертольотів, закупівлі комплексу дальнього радіолокаційного виявлення, закупівлі сучасних безпілотних авіаційних комплексів.

Порядок відновлення, ремонту, модернізації, збільшення установленого ресурсу та продовження строку служби (зберігання) озброєння, військової і спеціальної техніки, за якими не здійснюється авторський нагляд, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 2015 року №135 [3] – є одним з основних документів, який надає нам можливість здійснювати капітальний ремонт авіаційної техніки та проводити її модернізацію.

На теперішній час тенденціями розвитку вертольотобудування є постійне підвищення вимоги сучасного вертольоту, який має бути спроможний наносити удари по наземним цілях і вести повітряний бій у будь-який час доби, у будь-якому географічному районі та за будь-яких метеоумов. Майже всі сучасні вертольоти об'єднує єдиний підхід до їх розробки, виробництва і модернізації, а саме – удосконалення всіх складових бойової ефективності машин попереднього покоління, зокрема конструкції , озброєння, обладнання льотно-технічних характеристик і тактики застосування. Їх конструкції мають ряд особливостей, які визначають "систему живучості" вертольота. Йдеться про бронювання життєво важливих елементів вертольота, зокрема кабіни екіпажа з броньованим склом, багаторазове резервування більшості систем, насамперед системи управління, застосування низки агрегатів з пониженою чутливістю до бойових пошкоджень, в першу чергу лонжеронних лопатей несучого гвинта, зниження радіолокаційної, інфрачервоної та акустичної помітності, зменшення пилоутворення при польоті вертольота на гранично малих висотах.

З метою досягнення таких показників модернізація вертольотів типу Ми-8 проводиться не перший рік силами української промисловості. В державі присутній доволі потужна ремонтна вертолітна база [4]. Ремонтом та модернізацією вертольотів сьогодні займається державне авіаремонтне підприємство "АВІАКОН", публічне акціонерне товариство "Мотор Січ", державне підприємство "Завод 410 цивільної авіації". До модернізації долучаються й інші підприємства України, такі як публічне акціонерне товариства "Електронприлад", товариство з обмеженою відповідальністю "Інспецпром", державне підприємство Державне конструкторське бюро "Луч", товариство з обмеженою відповідальність науково виробнича фірма "МС Авіа-Грейд", центральне конструкторське бюро "Арсенал", товариство з обмеженою відповідальність науково виробнича фірма "Адрон" та інші. Вітчизняні підприємства працюють над можливостями розвитку, модернізації і експлуатації цих машин без участі російських компонентів і деталей. Необхідність прискорення доозброєння (переозброєння) української армії, особливо в умовах триваючої агресії Російської Федерації, викликала прискорення декількох незалежних програм, мета яких є набуття незалежності від російських компонентів і більш широке застосування західних технологій, доступних на ринках або отриманих на підставі окремих договорів.

Окремо слід виділити ПАТ "Мотор Січ", що володіє унікальними технологіями в галузі вертолітного двигунобудування. ПАТ "МОТОР СІЧ" ― це компанія, що спеціалізується на створенні, виробництві та післяпродажному обслуговуванні авіаційних газотурбінних двигунів, промислових газотурбінних приводів, а також газотурбінних електростанцій з цими приводами. Якість і надійність авіадвигунів, що випускаються компанією, підтверджена їх багаторічною експлуатацією на літаках і вертольотах більш ніж в 100 країнах світу. Наразі підприємство ПАТ "Мотор Січ" (входить до складу об'єднання "Ліга оборонних підприємств") проводить активні роботи зі створення в Україні вертольотобудівної промисловості [5]. Так підприємство виробляє широко розповсюджений двигун ТВ3-117, який випускають в різних модифікаціях і використовують на транспортних і бойових вертольотах морського та наземного базування. На підприємстві створено нову модифікацію цього двигуна, який використовується в декількох проектах модернізації вертольотів Ми-8 та Ми-24 для Збройних Сил України. ПАТ "Мотор Січ" є головним постачальником двигунів та запасних частин для вертольотів типу Ми-8, що експлуатуються в ЗС України.

ДП "АВІАКОН" займає передові позиції у підтриманні льотної придатності вертолітної техніки Державної авіації України [6]. Останніми роками ДП "АВІАКОН" обирає напрямок відпрацювання варіантів модернізації вертольотів, яке забезпечує підвищення живучості вертольотів, їх вогневої потужності і поліпшення навігаційних характеристик.

Разом з тим, слід відзначити, що в країнах-членах НАТО на даний час широко експлуатуються вертольоти радянського виробництва з двигунами ПАТ "Мотор Січ" і можуть бути відремонтовані та модернізовані на території нашої держави. Однак Україна наразі отримує поодинокі замовлення. Головна причина такої ситуації це – російський чинник. Переважна більшість НАТОвських вертольотів радянського виробництва складалися на російських заводах, тож Російська Федерація має повне законне право на жорстке регулювання виконання їх ремонту, модернізацію та захист інтелектуальної власності в цій сфері з боку іноземних компаній.

Колишнім Міністром оборони України Андрієм Загороднюком було роз'яснено можливості вітчизняного ОПК [7].

1) ОПК, як приватний, так і державний, не виживе за рахунок виключно українського державного замовлення. І при цьому не всі вітчизняні виробники стають постачальниками. Тобто потенціал вітчизняних підприємств набагато більший, ніж можливості держави, а це означає, що будь-яка концепція розвитку ОПК має включати розвиток експорту. Тим більш, що випробувані жорсткими українськими умовами нові одиниці техніки є часто досить конкурентними на світових ринках.

2) Вартість українського фінансового ресурсу є занадто високою для норми прибутку машинобудування. Бюджетні кошти обмежені. Це означає, що ОПК потрібно залучати кошти закордонних фінансових установ та інвесторів. А це можливо лише за прозорої системи управління та відповідності західним критеріям корпоративного управління та звітності.

Одним з джерел фінансування модернізації та розвитку бойової вертолітної техніки може бути організація системи компенсаційних (офсетних) угод на постачання в Україну високотехнологічної продукції оборонного призначення. Цей механізм може забезпечити надходження в ОПК значних іноземних інвестицій. Орієнтовно, в межах реалізації задекларованих програм переозброєння ЗС України (закупка нових систем зв'язку, автоматизованих систем управління, модернізації авіаційних і вертолітних комплексів тощо) при застосуванні офсетних угод Україна могла б отримати інвестицій на суму близько $3,0-5,0 млрд [8].

Основні зусилля держави мають бути спрямовані на стабілізацію фінансово-економічної ситуації в ОПК, а саме: забезпечення сталого в обґрунтованих обсягах фінансування державного оборонного замовлення як вирішального чинника у створенні внутрішнього ринку ОВТ та надання послуг оборонного призначення; державне сприяння економічному стимулювання фінансово-кредитних і банківських установ, що забезпечують довготривале співробітництво з вітчизняною оборонною промисловістю. Кошти, потрібні для цього, мають виділятися в основному з державного бюджету.

Також однією з проблем в організації капітального ремонту для потреб армійської авіації Збройних Сил України є реформа у кадровій сфері, яка відбулася на початку 2020 року, а саме – скорочення відділу технічного супроводження ремонту та модернізації авіаційної техніки армійської авіації Сухопутних військ Збройних Сил України. Нажаль, натепер функцій відділу жодний структурний підрозділ Командування Сухопутних військ Збройних Сил України не перейняв. Тому слід розуміти вкрай негативні наслідки таких змін та тенденцій.

Висновки та перспективи подальших досліджень. В результаті проведеного аналізу встановлено, що на теренах України сформовано досить потужний потенціал оборонно-промислового комплексу з неабиякими можливостями в плані модернізації вертолітної техніки Збройних Сил України і вертольотів типу Ми-8 зокрема. І, за умови вирішення проблемних питань щодо фінансування, кадрової політики, узгодження та реалізації існуючих та тих, які будуть прийнятими у найближчій перспективі законодавчих актів, постанов, концепцій та наказів, використання цього потенціалу дозволить позитивно вирішити існуючі проблеми модернізації вертолітної техніки авіації Збройних Сил України.

Тільки комплексна реалізація зазначених вище заходів дозволить підтримати необхідний рівень справності та боєготовності парку літальних апаратів Збройних Сил України**,** а також створить об'єктивні передумови для її подальшого розвитку шляхом модернізації.

Список використаних джерел

1. Харченко В., Пащенко В. Глибока модернізація та переозброєння авіації Збройних Сил України – вимога часу// - 2015. [Електронний ресурс] https://www.ukrmilitary.com/2015/12/updateaviationaf.html.
2. Гуляєв А. В., Зубарєв О.В., Каніщев В. В., Колодяжний В. Б. Підвищення ефективності функціонування системи технічного обслуговування та ремонту озброєння та військової техніки // Озброєння та військова техніка. - №2 (10) – 2016. С. 49.
3. Постанова Кабінету Міністрів від 25 березня 2015 року № 135 "Порядок відновлення, ремонту, модернізації, збільшення установленого ресурсу та продовження строку служби (зберігання) озброєння, військової і спеціальної техніки, за якими не здійснюється авторський нагляд, затверджений."
4. Виступ Заступника головного конструктора ВАТ "Мотор Січ" Ю. Куряченко на III Міжнародному оборонно-промисловому форумі "Досвід країн Вишеградської групи для України і можливості співробітництва оборонних компаній країн НАТО", який відбувся 22-23 жовтня 2009 р.
5. Новітні розробки з Запоріжжя – яким є потенціал "Мотор Січ" // [Електронний ресурс] https://defence-ua.com/people_and_company.
6. "Авіакон" передав армійській авіації модернізований вертоліт Ми-8МТВ-1 // [Електронний ресурс] https://defenceua.com/news/aviakon_peredav_armijskij_aviatsiji_modernizovanij_vertolit_mi_8mtv_1480.html.
7. Топ-ризики і можливості реформи ОПК // [Електронний ресурс] https://www.pravda.com.ua/rus/columns/2020/06/19/7256321/.
8. Аналітична записка // [Електронний ресурс] https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/mozhlivosti-opk-ukraini-schodo-modernizacii-boyovikh-vertolotiv-ps

Коваленко Андрій Степанович
Чекмарьов Володимир Андрійович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ТАКТИЧНОГО БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ТА ЙОГО СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ (З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ АТО ТА ООС)

У статті проведено аналіз структури тактичного безпілотного літального апарату та його складових елементів (з урахуванням досвіду АТО та ООС).

Ключові слова: *тактичний безпілотний літальний апарат, складові елемент безпілотного літального апарату.*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Особливе місце в системі аерокосмічної розвідки буде належити безпілотній авіації, адже революційний прорив у галузі безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА) призведе до їхнього активного застосування для виконання різноманітних завдань як у воєнний, так і в мирний час [1].

БпЛА сьогодні стали чи не головною ознакою сучасного війська. За їх кількістю та якістю у бойових порядках можна легко визначити технологічний рівень армії тієї чи іншої держави.

Безпілотні авіаційні комплекси (далі – БпАК) спроможні вирішувати широкий спектр завдань у мирний та кризовий час. Особливу вагу та значення БпАК набувають у ході бойових дій. За час проведення антитерористичної операції (далі – АТО) на сході України БпАК продемонстрували високу ефективність у виконанні розвідувальних завдань в інтересах усіх родів військ і завдань інтересах Ракетних військ та артилерії. Це суттєво підвищило інтерес усіх силових відомств України до оснащення своїх частин та підрозділів різними типами БпАК з урахуванням специфіки застосування [2].

Метою роботи є проведення аналізу структури тактичного безпілотного літального апарату та його складових елементів (з урахуванням досвіду АТО та ООС).

Викладення основного матеріалу дослідження. БпАК (Unmanned Aircraft System), які приймаються на озброєння ЗС України, повинні класифікуватися згідно з прийнятою в Україні класифікацією БпЛА (таблиця 1), що розроблена з урахуванням класифікації прийнятої в США і НАТО класифікацією БпЛА (Unmanned Aerial Vehicles (далі – UAV)), що входять до складу БпАК.

Таблиця 1.– Конвертаційна таблиця класифікацій безпілотних авіаційних комплексів ЗС України та країн-членів НАТО

<table>
<tr><td rowspan="2">Класифікація БпАК ЗС України</td><td colspan="2">Основні вимоги, які висуваються до характеристик БпАК</td><td colspan="2">Класифікація БпАК країн-членів НАТО</td></tr>
<tr><td>Збройних Сил України</td><td>Збройних сил країн НАТО</td><td>За тривалістю польоту</td><td>За висотою польоту</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Стратегічні</td><td colspan="2">радіус дії понад 800 км,
висота польоту понад 12200 м</td><td rowspan="3">БпЛА з великою тривалістю польоту (Endurance Unmanned Aerial Vehicles)</td><td>Висотні БпЛА (HALE – Altitude, Long Endurance)</td></tr>
<tr><td colspan="2">тривалість польоту більше 20 годин</td><td rowspan="2">Середньовисотні БпЛА (MALE – Medium Altitude Long Endurance)</td></tr>
<tr><td>Оперативні</td><td>Радіус дії до 800 км</td><td>Радіус дії від 300 до 800 км</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Висота польоту від 6100 до 12200 м, тривалість польоту понад 20 годин</td><td></td></tr>
<tr><td>Оперативно-тактичні</td><td>Радіус дії до 300 км</td><td>Радіус дії до 200 км</td><td rowspan="2">Тактичні БпЛА (Tactical Unmanned Aerial Vehicles)</td><td>Малої дальності (SR – Short Range)</td></tr>
<tr><td>Оперативно-тактичні корабельного базування</td><td>Радіус дії
до 300 км</td><td>Радіус дії від 80 до 200 км</td><td>Корабельного базування (SC – Shipboard Category)</td></tr>
</table>

1	2	3	4	5
Тактичні	Радіус дії до 70 км	Радіус дії до 50-70 км		Ближньої дії (CR – Close Range)
Тактичні поля бою (міні-БпАК)	Радіус дії до 15 км		Мікро-БпЛА (MAV – Micro Air Vehicles)	
Мікро-БпАК	Радіус дії до 2 км			

Тактичні БпАК поля бою – наймасовіший вид БпАК військ усіх провідних країн світу. Їх слід розглядати як самодостатні, портативні (можуть переноситися у декількох рюкзаках) системи з дистанційним керуванням БпЛА, які застосовуються в інтересах частин та підрозділів, до батальйону (батальйонної тактичної групи) включно, у тактичній глибині противника, вдень і вночі, у простих і складних метеоумовах [3, 4].

Основне їх призначення – виконання функцій розвідки, спостереження з метою покращення ситуаційної обізнаності командирів та штабів тактичного рівня під час планування та ведення бойових та інших дій. Також такі комплекси здійснюють виявлення та визначення місцезнаходження основних сил противника, забезпечують безпосередню вогневу підтримку своїх військ та оцінку результатів їх ураження, а також виконують інші функції (див. табл. 2).

Таблиця 2. –Цільові функції БпАК та їх пріоритетність

№	Цільові функції	Пріоритетність
1.	Повітряна розвідка:	
	розвідка заздалегідь визначених об’єктів;	(1)
	пошук об’єктів у визначеному районі;	(1)
	дорозвідка (детальна розвідка);	(1)
	повітряне спостереження у визначеному районі;	(1)
	цілевказування;	(2)
	корегування вогню засобів ураження;	(2)
	оцінювання результатів ураження об’єктів противника;	(2)
	розвідка місцевості;	(5)
	забезпечення охорони та безпеки своїх військ у місцях їх дислокації та при пересуванні;	(3)
	радіаційна, хімічна та біологічна розвідка (РХБР).	(6)
2.	Ретрансляція зв’язку	(4)

Тактичні БпАК поля бою відносяться до класу "Tactical" (згідно з класифікацією НАТО), групи № 1 БпАК (згідно з класифікацією збройних сил США) та класу "mini" (згідно з класифікацією UVS-International) [5].

Як правило, тактичні БпЛА виготовляються за літаковою схемою і конструктивно складаються з чотирьох основних складових:

1. Планер та його системи.

Планер включає фюзеляж, крило і хвостове оперення та систему посадки (з використанням парашута, уловлювача або сітки). Зазвичай для побудови ТБпЛА використовується нормальна (класична) аеродинамічна схема.

2. Силова установка: двигун та його системи: паливну систему, масляну систему, систему керування двигуном, систему запуску тощо.

3. Бортове обладнання або авіоніка.

4. Корисне навантаження або цільове спорядження.

Встановлюється на внутрішній та/або на зовнішній підвісках БпЛА у знімних підвісних контейнерах модульної побудови. До складу корисного навантаження можуть входити:

4.1. Датчики збору розвідувальної інформації:

- телевізійні камери;
- фотокамери;
- інфрачервоні камери;

- тепловізійні камери;
- лазерні цілевказівники/далекоміри;
- лазерні радари;
- РЛС із синтезованою апертурою;
- системи визначення (індикації) наземних рухомих цілей;
- засоби радіо- і радіотехнічної розвідки;
- датчики радіаційної, хімічної та біологічної розвідки;
- датчики виявлення вибухових пристроїв та інше.

4.2. Обладнання для ретрансляції зв'язку.

4.3. Різноманітні вантажі.

4.4. Системи та засоби ураження (подавлення) смертельної або несмертельної дії, тощо.

Аналіз ринку БпЛА оцінюється у 19,3 млрд. доларів США у 2019 році, і, за прогнозами, досягне 45,8 мільярда доларів США до 2025 року, показник CAGR складе 15,5% з 2019 по 2025 рік (рис. 1). Зростання обсягів закупівель військових БпЛА силами оборони у всьому світі є одним із найважливіших факторів, що прогнозується для зростання ринку БпЛА. Зростаюче використання БпЛА в різних комерційних програмах, таких як моніторинг, зйомка та картографування, точне землеробство, дистанційне зондування з повітря та доставка продуктів, також сприяє зростанню ринку БпЛА [6].

Рис. 1. Аналіз ринку БпЛА (з 2019 по 2025 рік)

Заснований на класі, ринок БпЛА був розділений на невеликі БпЛА, стратегічні та тактичні БпЛА та БпЛА спеціального призначення. Очікується, що сегмент малих БпЛА зростатиме за найвищого показника CAGR протягом прогнозованого періоду, завдяки попиту на ці БпЛА з боку оборонного сектору для спостереження та розвідки. Попит на невеликі БпЛА з комерційного сектору також зростає, оскільки ці БпЛА використовуються в точному сільському господарстві, логістиці та транспорті, обстеженні дикої природи, пошуково-рятувальних операціях, пожежогасінні, правоохоронних органах, фотографії та ліквідації наслідків стихійних лих [6].

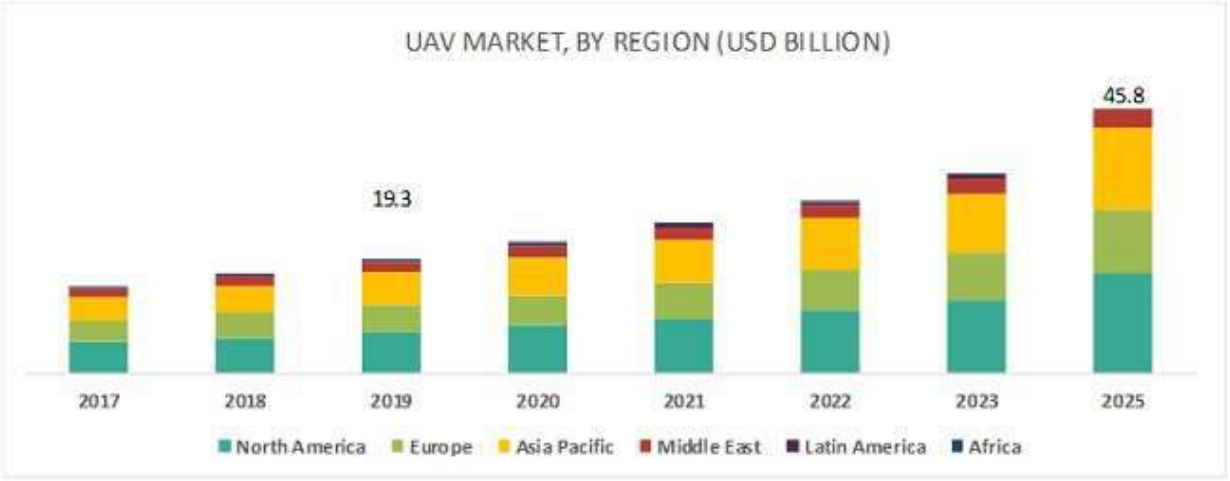


Рис. 2. Аналіз ринку БпЛА по регіонам

Залежно від регіону ринок БпЛА був сегментований на Північну Америку, Європу, Азіатсько-Тихоокеанський регіон, Близький Схід, Латинську Америку та Африку (рис. 2). За оцінками, Північна Америка є найбільшим ринком для БпЛА в 2019 році. Збільшення використання БпЛА для діяльності з прикордонного та морського нагляду в таких країнах, як США та Канада, зумовлює зростання ринку БпЛА в Північній Америці.

General Atomics (США), Northrop Grumman (США), Textron Inc. (США) та Boeing (США) - одні з ключових гравців, що працюють на ринку військових БпЛА, тоді як SZ DJI (Китай), Parrot (Франція), 3D Robotics (США), Aeryon Labs (Канада) є основними гравцями комерційних БпЛА. General Atomics є одним з провідних гравців на ринках військових БпЛА, що забезпечує її експлуатацію у ВПС США. Він довів свої можливості в Афганістані, Пакистані, Іраку, Ємені, Лівії, Ірані та Сирії. Компанія пропонує різноманітні пропозиції продуктів, починаючи від платформ БпЛА, сенсорних систем та наземних станцій управління, і є одним з провідних гравців на тактичному та стратегічному ринку БпЛА [6].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Умови збройної боротьби, способів ведення бойових дій в зоні проведення АТО (ООС) на сході України наглядно висвітлює загальні тенденції і характер ймовірного подальшого розгортання бойових дій, а також характер застосування в них БпАК.

Створені міні-БпЛА розвідки власного виробництва на даний час проходять державні випробування в бойових умовах на сході України, вдосконалюються відповідно до сучасних умов обстановки.

З метою своєчасного виявлення та ураження об'єктів (цілей) противника, в ЗС України необхідно створити автоматизований комплекс (систему), куди б входили засоби розвідки та вогневого ураження під єдиним керівництвом. Прототипом цього можуть бути використані розвідувально-вогневі або ж розвідувально-ударні комплекси, що є на озброєнні провідних країн світу.

При розробленні тактичних БпАК обов'язковим є розв'язання ряду задач надійнісного проектування, у тому числі визначення вимог до надійності складових частин тактичного БпЛА, а також обґрунтування рекомендацій щодо визначення вимог до рівня надійності складових тактичного безпілотного літального апарату.

Список використаних джерел

1. *Мосов С., Гурак С.* Українська безпілотна реальність. Безпілотники – зброя XXI століття. Оборонний вісник, 2019;
2. *Згурець С., Федик І.* Безпілотні будні України: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: Defense Express 18.01.2017 https://defence-ua.com/index.php/statti/2240-bezpilotni-budniukrayiny 1.;
3. *Митрахович М.* Беспилотные авиационные комплексы. Методика сравнительной оценки боевых возможностей / М.М. Митрахович, В.И. Силков, А.В. Самков; под ред. В.И. Силкова. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2012. – 288 с.;
4. *Артюшин Л., Ребрин Ю., Толубко В., Уваров А., Черных Ю.* Наземная разведка наземных целей беспилотными летательными аппаратами. – К.: НАОУ, 2004.;
5. Classification of unmanned aerial vehicles. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://personal.mecheng.adelaide.edu.au/maziar.arjomandi/.
6. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Market. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/unmanned-aerial-vehicles-uav-market-662.html.

Тимчук Геннадій Миколайович
Ковбаса Дмитро Григорович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ. ТЕХНІЧНИЙ АСПЕКТ

У статті проведено дослідження особливостей ведення сучасних бойових дій з використанням безпілотних авіаційних комплексів з метою з'ясування закономірностей, покладених в основу забезпечення бойових дій. Автори проводять аналіз наукових джерел, узагальнення та систематизацію дослідницької інформації, вивчення та аналіз досвіду виконання завдань.

Ключові слова: *безпілотний, ціль, дрон-камікадзе, фортифікація.*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Дослідження сучасних засобів ведення бойових дій є актуальним завданням у зв'язку з їх розповсюдженням у Збройних Силах та інших військових формуваннях України безпілотних авіаційних комплексів.

Метою дослідження є виявлення особливостей ведення сучасних бойових дій з використанням безпілотних авіаційних комплексів.

Викладення основного матеріалу дослідження. Виходячи з аналізу та попередніх підсумків десятиденної війни між Азербайджаном та Вірменією стало зрозумілим, що у цьому протистоянні військова техніка перейшла такий рубіж, за яким війна більше не буде такою, якою була раніше. Нарешті всім стало зрозуміло, що безпілотні авіаційні комплекси – вкрай ефективна і при серійному виробництві – дешева зброя [1].

Справді, під час Другої Світової війни була зроблена перша серйозна спроба переведення війни з плоского стану в тривимірне. Тоді вперше авіація змусила переглядати умови ведення бойових дій. Вермахт та Люфтваффе показали це на суші, а японські і американські збройні сили те ж саме продемонстрували на морі, хоча першовідкривачами саме цього напрямку були англійці, які легкими літаками завдали поразки італійському ВМФ в Транто, ще за рік до Перл-Харбора.

Тож не дивно, що з того часу і до В'єтнамської війни для підвищення ефективності повітряного удару застосовувалися килимові бомбардування. Навіть великі поодинокі цілі, такі як мости через річки, були досить складними для ураження. А тим більше, коли мова йшла про менші і маневрені цілі.

Поразка таких цілей забезпечувалося керованими ракетами і останнім часом - корегованими авіаційними бомбами. Але в будь-якому випадку, в повітрі знаходився висококваліфікований персонал і засоби доставки боєприпасів, які досить легко виводилися з ладу засобами ППО.

Саме під час В'єтнамської війни авіація вперше масово зіткнулася з ефективною протидією протиповітряної оборони і далі пішла звичайна гонка можливостей авіації і ППО. Перша намагалася отримати якості, що допомагають уникати поразки, а друга – отримувала все більш витончені засоби захоплення цілі і дальності ураження.

У підсумку вийшло, що авіація була змушена працювати зі все більшої відстані, щоб не входити в зону ураження ППО або розробляти нові методи подолання цієї оборони. Для цього створювалися спеціальні модифікації літаків і тільки для цього призначені боєприпаси.

Тобто обидві сторони бойових дій ускладнювали свої системи озброєнь і вони ставали все більш дорогими, а наземні цілі, тим часом, залишалися якщо і досяжними, то дуже дорогою ціною.

У підсумку вийшло так, що наземні збройні сили не мали стимулу до змін ключового характеру і якщо противники сходилися так, що у одного з них не було авіації або адекватної ППО, то він просто знищувався з повітря до такого ступеня, що сухопутним військам залишалося тільки підчистити за авіацією. Але ситуація в Сирії показала, що і авіація може бути поставлена в глухий кут, якщо противник спочатку виходить із того, що у нього нічого протиставити противнику, в плані повітря.

Як тільки такий противник відходив від дій в стилі регулярної армії, та розсипався дрібними підрозділами по місцевості, то у авіації відразу ж виникали проблеми. Вона просто не бачила цілей, а мобільні підрозділи, тим часом, обзавелися ефективними і легкими засобами ураження військової техніки, тих же самих танків, які кардинально не змінилися з часів Другої Світової війни. Танки залишилися тими ж броньованими коробками з гарматою. Так, вони стали швидше рухатися, далі і точніше стріляти, отримали обвіс активної броні, але по суті, залишилися тими ж танками, що були і раніше. А ось засоби ураження машини, яка коштує кілька мільйонів доларів, вже містяться в рюкзак піхотинця.

І раз так, то війна знову стає плоскою. Єдине, що могла робити авіація - знову працювати по площах, сподіваючись знищити все живе, в якомусь квадраті. Але ведення війни в такому ключі веде до тотальних руйнувань і питання про те, заради чого вона взагалі починалася, оскільки в результаті, знищується сам приз, заради якого все було затіяно [2].

У підсумку ми спостерігаємо все ту ж картину на полі бою - окопи, в яких ховається піхота, вкопана в землю бойова техніка, а позаду – колони техніки, що забезпечують логістику. Тобто, плоске поле бою виглядає приблизно так, як і під час Другої Світової війни.

Але ось з'явився новий гравець, у якого виявилися в наявності дві ключових якості. Перше – снайперська точність. Безпілотні літальні апарати здатні працювати в парадигмі "один постріл – один труп". Тобто, вони здатні знищувати конкретну мету одним єдиним ударом, а друга якість - відносна дешевизна виробництва. Причому, ця відносність складається як з лінійного порівняння того ж боєприпасу для безпілотного літального апарату (далі – БпЛА) або дрона-камікадзе, так і порівняння ефективності роботи тієї ж ракети РСЗВ або артилерійського снаряду і БпЛА. Просто потрібно врахувати, скільки ракет і снарядів треба випустити для ураження однієї мети і порівняти їх вартість з вартістю БпЛА, який гарантовано потрапить в ціль [3].

До того ж, БпЛА здатні баражувати над полем бою годинами, вишукуючи свої цілі і тільки після цього – наносити удар. Плюс до того, з огляду на свої малі розміри і практично відсутні металеві складові в їх конструкції, вони стають невидимими для сучасних засобів ППО і більш того, навіть якщо по ним почати палити ракетами, то вартість ракет виявиться набагато вищою, ніж БпЛА.

І ось ми спостерігаємо картину, яка розгорнулася саме в Азербайджані, де вперше і масово були застосовані дрони-камікадзе, маленькі і недорогі машини. Вони атакують оборонну інфраструктуру противника зверху і тому всі ці окопи, капоніри, бліндажі та інше не є якоюсь перешкодою, а навпаки – підкреслюють контур цілі. По суті, вся фортифікація, яка створена на лінії фронту, є текстом вироку для тих, хто обороняється. Особливо весело виглядають капоніри з танками, машинами РЕБ і ППО, які захищені від засобів ураження в "горизонтальній війні", але абсолютно даремні для війни такого типу. Все, що рили і бетонували, стало просто могильником для техніки і особового складу. Після поразки всього цього з повітря залишається просто засипати все це землею, щоб не стирчало назовні [4].

Все це говорить про те, що на сьогодні в армії, яка заточена на ведення "плоских" бойових дій, просто немає шансів проти нового способу збройного протистояння. Мало того, що противник не несе втрат в живій силі і дорогий техніці, так він отримує час, за який він дистанційно перемелює сили свого супротивника.

Як ми зазначали раніше, Азербайджанській стороні в принципі не потрібен бліцкриг і всі, хто про нього вів мову – залишилися в парадигмі поверхневої війни. В даному випадку, стоїть в оборонних порядках противник – ідеальна мішень для його планомірного знищення. Це було саме так – планомірно, оскільки азербайджанці діяли за планом і відповідно до ранжиром цілей по спадаючій: ППО, бронетехніка, логістика, особовий склад.

БпЛА здатні знищити практично все угруповання як прямим впливом, так і непрямим, через позбавлення військ противника постачання. Він просто втратить боєздатність без підвезення продовольства і боєприпасів і розуміючи, що евакуація поранених, в тилові госпіталі, теж стала неможливою. При цьому, власникові угруповання БпЛА взагалі нікуди поспішати, оскільки противник виявився в оточенні, тільки не справа, зліва і з тилу, а зверху. Ось чому немає сенсу вести мову про бліцкриг.

В такому випадку виникає те саме питання, яке виникло перед американськими військовими моряками, з приводу лінкорів: "Навіщо вони потрібні?" Так і тут, дорога і велика техніка на полі такого бою стає першочерговою і дуже зручною мішенню. Взяти той самий танк, будь-який з них. Забиваємо його назву в пошук і отримуємо опис, в якому написано його головне призначення – забезпечення маневреної військової потужності в будь-яких видах боїв, в основному – наступальних. А далі – дивимося його ТТХ, де буде вказана його броньовий захист в передній і бічній проекції, потужність двигуна і швидкість, калібр гармати, дальність стрільби і кількість пострілів ...

Але як ми бачимо, БпЛА, на відміну від звичних засобів ураження, індиферентний до того, чи стоїть танк, чи рухається і якщо рухається, то з якою швидкістю. Йому все одно, скільки і якої броні накрутили спереду або з боків, він вдарить зверху, де танк в принципі неможливо захистити адекватно, без повної зміни концепції важкої бойової машини.

Простіше кажучи, такий засіб боротьби з танками ставить крапку на шарах броні, активних елементах та інше. Мало того, БпЛА взагалі все одно, на яку відстань танк здатний вистрілити, оскільки він «вище цього». Як і лінкор, танк виявився занадто дорогим і абсолютно вразливим перед копійчаними засобами його поразки. Не потрібні керовані ракети, тандемні і кумулятивні бойові частини. Просто камікадзе падає з висоти декількох десятків метрів в район моторного відсіку, і нехай це тричі "Армата", вона стає металобрухтом з таким же успіхом, як і антикварний Т-55.

До того ж розряду потрапляють і всі великі машини і в першу чергу – дорогі ЗРК, РЕБ та інше. А найсмішніше тут в тому, що рій БпЛА з подвійною гарантією знищить що завгодно, навіть якщо воно буде відстрілюватися і потрапляти по частині рою.

За великим рахунком, війна в Азербайджані тільки що поховала більшу частину збройних сил РФ, які як раз і заточені до ведення "плоскої" війни, а всі їх новітні розробки є лише еволюцією машин, концептуально пристосованих до такого роду бойових дій. РФ не влізла в бійку навіть "іхтамнетамі" тільки тому, що там вже зрозуміли, що будь-яке "вливання" такої техніки навіть з "відпускниками" нічого кардинально не змінить, а лише продовжить агонію і збільшить кількість трупів з вірменської сторони, простіше кажучи, їм просто нічим допомагати вірменам.

Турки спалили таке залізо в Сирії, а потім – влаштували кару російським системам ППО в Лівії. Причому, кара ця відбулася показово і жорстко, коли весь світ стежив за великою охотою турецьких БпЛА за російськими панцирами. І якщо в РФ залишилося хоч трохи осудності, їм треба знімати цей мотлох з виробництва і виводити зі складу збройних сил, і не тільки їх.

Але все ж Азербайджанські Збройні Сили показали щось інше, оскільки вони застосували два ешелони БпЛА – дистанційно керовані і камікадзе, чого не демонструвала Туреччина, оскільки вона не відпрацювала свою систему дронів-камікадзе і тут воювали машинки ізраїльського виробництва. Але ж за цим йде щось, що повністю міняє вигляд поля бою [5].

Не занурюватимемося в ТТХ ізраїльських БпЛА, але зрозуміло, що наступним типів БпЛА буде рій камікадзе, над якими працюють в США. Йдеться про роботів, які самостійно знаходять і вражають цілі, обмінюючись даними між підрозділами рою. Схоже на те, що експериментально це вже створено і проходить випробування, а в разі потреби буде розгорнуто в режимі "тут і зараз".

БпЛА задається операційний район, за рамки якого вони не виходять, зате всередині нього вони самостійно знаходять цілі, ранжирують їх, встановлюють черговість ураження, фіксують знищення і переходять до поразки інших цілей. А з урахуванням того, що окремі види БпЛА вже здатні висіти в повітрі добу і більше, то цей рій може бути скинутий над якоюсь ділянкою поля бою і забутий операторами, а БпЛА висять добу і більше над місцем і знищують все, що показується перед ними, знищуючи спочатку техніку, а потім – особовий склад.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Описані вище засоби ведення бойових дій це вже не фантастика, а буквально наступний крок розвитку техніки, оскільки всі попередні кроки ми вже спостерігали і як це виглядає дивно, передостанній крок, в цьому напрямку, показав Азербайджан, який має настільки сильні позиції, що йому нема чого протиставити навіть РФ, не те, що Єревану. Тому ми сподіваємося на те, що у найближчому майбутньому роль застосування БпЛА, як перспективного засобу ведення збройної боротьби збільшиться і у Збройних Силах України.

Список використаних джерел

1. Бабков, Ю.П. Показники і критерії оцінювання ефективності застосування угруповань військ (Сил) / Ю.П. Бабков, М.М. Адамчук: Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба. – Х.: ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2015. – Вип.2 (43). – С.13. – 18.
2. About the Military Decisionmaking Process (MDMP). – Режим доступу: https://www.thelightningpress.com/about-the-military-decisionmaking-process-mdmp/.
3. Військовий посібник ГШ ЗС України про стандарти ведення бойових дій у ЗС держав НАТО (ВП 2.01.3; ВП 3.21.20; ВП 5.0А) / Генеральний Штаб Збройних сил України. – К.: ГШ ЗСУ, 2017.
4. McCann, Carol and Ross Pigeau, eds. The Human in Command: Exploring the Modern Military Experience. New York: Kluwer Academic Press, 2000.
5. Азербайджанская война. Технический аспект (Часть 1). – Режим доступу: https://defence-line.org/2020/10/azerbajdzhanskaya-vojna-texnicheskij-aspekt.

Козлов Вадим Геннадійович *(канд. техн. наук)*

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕЛІКУ ПОКАЗНИКІВ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

Обґрунтовано перелік показників для порівняльної оцінки безпілотних авіаційних комплексів. Визначено дві групи показників: інтегральний показник якості та коефіцієнт економічності. Застосування двох вищенаведених показників збільшує вірогідність отримання більш точної оцінки безпілотних авіаційних комплексів. Описано математичну модель розрахунку комплексного інтегрального показника якості безпілотних авіаційних комплексів.

Ключові слова. *Безпілотний авіаційний комплекс, літальний апарат, порівняльний аналіз, складні технічні системи, компонент, показник, критерій, цільове навантаження, наземний комплекс, система передачі даних.*

Постановка проблем та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Безпілотні авіаційні комплекси (БпАК) – один із самих перспективних видів авіаційної техніки, що розвиваються найбільш динамічно. За останні 20 років створена безпрецедентна кількість літальних апаратів (ЛА), найрізноманітніших за призначенням. Прорив у цій області обумовлений, насамперед, впровадженням новітніх технологій в області передачі, прийому інформації, теорії управління, успіхами в розвитку матеріалознавства й мініатюризації бортових систем. Їхньою основною перевагою перед пілотованими ЛА є можливість збереження льотного складу в бойових умовах.

Метою дослідження є обґрунтування переліку показників для порівняльної оцінки БпАК.

Об’єктом дослідження є БпАК, який повинен виконувати завдання за призначенням у відповідності до прийнятої в Збройних Силах України класифікації.

Викладення основного матеріалу дослідження. Сучасні БпАК є досить складними технічними системами. Вони включають безпосередньо ЛА, до складу якого входить силова установка, радіоелектронне бортове обладнання, розвідувальне обладнання, озброєння (залежно від класу). Кожний із цих компонентів вимагає спеціальних підходів для їх оцінки.

Основним завданням порівняльного аналізу є вибір кращого зразка з деякої множини альтернативних варіантів, враховуючі кожен з компонентів, що входять до складу БпАК. Тому найпершим завданням аналізу є визначення показників для порівняльної оцінки.

Оскільки складні технічні системи відрізняються різноманіттям властивостей, часто суперечливих, то зведення оцінок до одного показника (критерію) у більшості випадків виявляється неможливим.

Що стосується БпАК, то справа ускладняється ще й тим, що, як правило, жоден з них не має абсолютної переваги над іншими, тобто він за одними показниками перевершує альтернативні об'єкти, а за іншими – поступається їм. У цьому контексті відбір більш значимих і менш істотних параметрів, що визначають бойові властивості БпАК, здобуває першочергове значення.

Із сказаного випливає, що прийняті для оцінок показники повинні забезпечити виявлення найбільш важливих властивостей зразка для виконання головного завдання за призначенням та дозволяти, крім того, виключати менш значимі параметри в ході самої оцінки [1, 2, 3].

Для розв’язання цієї задачі необхідно врахувати різноманітні фактори, що забезпечують створення передового у своєму класі зразка. Сюди відноситься, по-перше, цільове навантаження.

Для розвідника це оптична, тепловізійна, телевізійна, лазерна апаратура й засоби, що забезпечують її функціонування. По-друге, це літальний апарат – носій цільового навантаження, і, по-третє, наземний комплекс із системою передачі даних.

До цього необхідно додати вартість комплексу та інше.

Порівняльна оцінка БпАК є важливим практичним завданням. Необхідність порівняння двох і більше зразків з'являється [3]:

- при оцінці їх бойових властивостей;
- при виборі кращого зразка за будь-яким показником;
- при створенні вітчизняного зразка БпАК відповідного класу з урахуванням кращих зразків за будь-яким показником, які існують в передових країнах світу;
- при закупівлі на ринку озброєнь тощо.

При цьому необхідно проаналізувати багато якісних і кількісних показників або критеріїв, що мають різну фізичну природу.

Під показником якості розуміють числову характеристику зразка, що пов'язана з його строго монотонною залежністю [1,2,3].

Під якістю розуміють ступінь відповідності зразка своєму призначенню.

З урахуванням розгляду БпАК як складної технічної системи, пропонується застосовувати дві групи показників для проведення порівняльної оцінки: інтегральний показник якості (далі – ІПЯ) та коефіцієнт економічності (далі – КЕ).

Застосування двох вищенаведених показників збільшує вірогідність отримання більш точної оцінки БпАК.

Інтегральний показник якості полягає у виборі порівнюваних зразків (льотні дані, цільове навантаження, продуктивність пошуку об'єктів, вартість БпАК та оперативність розвідки) [3].

Зауважимо, що алгоритм експертної оцінки впливу параметрів складних технічних систем (далі – СТС) на інтегральні показники якості розроблений американським математиком Т.Л. Саати.

Що стосується коефіцієнта економічності, то даний коефіцієнт оцінює економічність в комплексі: планера (через його аеродинамічну якість), повітряного гвинта (через його ККД) та силової установки (через питому витрату палива).

Із сказаного вище слід зупинитися детальніше на кожній групі показників.

І. Вибір інтегральних показників якості порівнювальних зразків включає [3]:

1. ІПЯ "Льотні дані", до складу якого входить сукупність параметрів: економічності, дальність польоту L, тривалість польоту T, максимальна швидкість V_{max}, крейсерська швидкість $V_{крс}$, статична стеля $H_{ст}$, величина, обернена злітній масі $1/m_{зл}$, маса палива $m_п$, злітна потужність силової установки $N_{зл}$.

Всі ці параметри не рівнозначні: одні грають більш значну роль у виконанні ЛА завдань за призначенням, інші – менш істотні. Так, для БпАК, що виконує завдання наземного стаціонарного об'єкта або пошуку рухомої цілі в заданому районі, істотними параметрами будуть дальність польоту, яка забезпечує обстеження великих площ, а також швидкість ведення розвідки (крейсерська швидкість), від величини якої залежить продуктивність і оперативність виконання завдання.

2. ІПЯ "Цільове навантаження". Зазначимо, що чим менші за розміром цілі, тим більшу кількість зйомок необхідно зробить для їх виявлення і тим більше часу необхідно витратити на обробку матеріалу. Очевидно, що оперативність такої системи може виявитися недопустимою. Для усунення цього недоліку на БпЛА почали розрізняти цільове навантаження за такими характеристиками: кількість елементів в рядку, кутове розділення, габарити, маса.

3. ІПЯ "Продуктивність" містить такі параметри: крейсерська швидкість $Vкрс$, маса корисного навантаження $m_{кн}$; кут поля зору за азимутом $2\beta_1$, кут поля зору за кутом місця $2\beta_2$, величина обернена кутовій роздільній здатності $1/\gamma$, величина, обернена куту стабілізації платформи $1/\varphi$. Продуктивність є комплексним показником, оскільки враховує

ЛА (швидкість і висоту польоту), а також можливості знімальної апаратури поля зору за азимутом та кутом місця. Продуктивність можна порівняти з потужністю (добуток сили на швидкість), де як сила виступає ширина смуги захоплення місцевості. Як і потужність, продуктивність характеризує розвідувальні можливості БпАК за часом. Оскільки продуктивність залежить від висоти, то при порівняльних оцінках доцільно вказувати точність і висоту застосування системи.

4. ІПЯ "Вартість" прийнято оцінювати за декількома показниками: початкова вартість комплексу C_0, витрати на експлуатацію $C_{екс}$, вартість льотної години $C_{лг}$, вартість зйомки ділянки місцевості заданої площі Cs_1, вартість розвідувального польоту – $C_{П.}$

Початкова вартість складається з вартості розробки й виготовлення планера ЛА з усіма бортовими системами, вартості корисного навантаження та вартості наземної частини, що забезпечує функціонування ЛА.

Вартість експлуатації істотно залежить від класу БпАК. Основним недоліком апаратів великого розміру прийнято вважати їхню високу вартість експлуатації. Навпаки, міні-БпЛА вміщаються в 1 або 2 рюкзаках, легко транспортуються, прості в обслуговуванні, ремонті і, отже, вимагають невеликих витрат на експлуатацію.

Вартість льотної години можна оцінити за сукупністю початкової вартості, максимальної тривалості польоту та кратності застосування - кількості зльотів.

При оцінці вартості діє обернене правило: чим вище вартість БпАК і його компонентів тим нижче він оцінюється. Отже, для того щоб всі показники звести до принципу "багато - добре", оцінка вартості окремих компонентів БпАК зазвичай використовують обернені параметри.

5. ІПЯ "Оперативність" оцінюється часом виконання завдання по етапах: БпАК до вильоту, політ до зони ведення розвідки, ведення розвідки, обробка і зберігання даних (при необхідності), передача даних на пункт управління, обробка і даних споживачеві. Природно, чим менше зазначені часові інтервали, тим вище оперативність. Тому, як і для параметрів вартості слід використовувати обернені величини часових складових.

Загальна формула розрахунку комплексного інтегрального показника якості БпАК має наступний вигляд:

$$\text{ІПЯ}_{\text{БпАК}} = \sum_{s=1}^{\text{i}=n} \text{ІПЯ}_{\text{i}} \times \text{КВ}_{\text{i}},$$

де ІПЯ_{i} – інтегральний показник якості для оцінки *i*-ої характеристики БпАК, як приклад:

i=1 – льотно технічні характеристики;

i=2 – характеристики цільового навантаження;

i=3 – характеристики каналу-утворюючої апаратури передачі даних;

i=4 - характеристики наземної станції керування;

i=5 – експлуатаційні характеристики;

i=6 – техніко-економічні характеристики (вартість години нальоту, вартість обслуговування, загальна вартість комплексу, складових частин, запасних частин та ремонтних комплектів та ін).

В залежності від типу БпАК (мікро, поля бою, тактичного, оперативно-тактичного, оперативного, стратегічного) характеристики можуть доповнені або зменшені.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Для проведення порівняльної оцінки БпАК визначено дві групи показників: інтегральний показник якості та коефіцієнт економічності. Застосування двох вищенаведених показників збільшує вірогідність отримання більш точної оцінки БпАК.

Інтегральний показник якості полягає у виборі порівнюваних зразків за льотними даними, цільовим навантаженням, продуктивністю пошуку об'єктів, вартістю БпАК та оперативністю розвідки.

Описано математичну модель розрахунку комплексного інтегрального показника якості БпАК.

З метою висунення тактико-технічних вимог до каналів звязку зв'язку та передачі даних у подальшому необхідно більш детально розглянути порядок вибору ІПЯ "Оперативність".

Список використаних джерел

1. Митрахович М.М., Силков В.И., Самков В.И., Бурштынская Х.В., Станкевич С.А., Семенов В.Б. Беспилотные авиационные комплексы. Методика сравнительной оценки боевых возможностей. // - Монография. – 2012. – Научное издание – С. 287.
2. Сілков В.І., Жданов С.В., Головін О.О., Жевтюк О.А., Зірка А.Л., Зірка М.В., Новосад Л.Ю., Козлов В.Г., Марченко В.Я., Грищак Д.Д. Система підтримки прийняття рішень при оперативній оцінці безпілотних авіаційних комплексів. Вип. 2. Безпілотні авіаційні комплекси "Міні (тактичні поля бою)" // - Брошура. – 2018. – С.55.
3. Звіт про НДР "Ластівка".

Ряснов Дмитро Сергійович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

ЗАСТОСУВАННЯ СТРАТЕГІЇ MSG-3 ДЛЯ ШВИДКОГО ВІДНОВЛЕННЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ В ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД В УМОВАХ АВІАРЕМОНТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

У статті розглянуто проблему швидкого введення до строю військової авіаційної техніки, яка знаходилась на тривалому зберіганні та потребує заводського ремонту в умовах особливого періоду. Розроблено пропозиції щодо відновлення справності авіаційної техніки в умовах авіаремонтного підприємства із використанням стратегії MSG-3.

Ключові слова: *відновлення, авіаційна техніка, авіаремонтне підприємство, MSG-3.*

Постановка проблеми.

Аналіз воєнних конфліктів початку XXI століття свідчить про появу нових форм і методів збройної боротьби між державами для досягнення відповідних політичних цілей і вирішення міждержавних протиріч. На зміну класичним формам збройної боротьби прийшли так звані “гібридні війни”. Вони мають прихований характер та проводяться, переважно, у політичній, економічній, інформаційній та інших сферах. При цьому, для вирішення окремих завдань збройні сили залучаються в невеликій кількості. Сутність такого підходу полягає у зміщенні центру зусиль з фізичного знищення противника в рамках масштабної війни до застосування засобів так званої “м’якої сили” проти країни-противника з метою дезінтеграції та зміни її керівництва, включення до сфери свого впливу[1].

Проводячи аналіз сучасних військових конфліктів видно, що як правило активні дії в них швидкоплинні. До прикладу можна взяти активні дії у Нагорному Карабасі, початок – 27 вересня 2020 року, закінчення – 09 листопада цього ж року.[2].

Як показує досвід ведення бойових дій на сході України активна фаза бойових дій як для армійської авіацій Сухопутний військ так і для авіації Повітряних сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України тривала декілька місяців. При цьому відновлення авіаційної техніки (АТ) до справного стану виконувалося лише у військових частинах.

Разом з тим середній час капітального ремонту одного вертольоту складає три місяці. Тому реалізація стратегії відновлення справності АТ шляхом виконання капітального ремонту для швидкого введення до строю літальних апаратів у 2014 році була неможливою.

Актуальність проблеми обумовлена, з одного боку, низьким рівнем справності парку літальних апаратів армійської авіацій Сухопутний військ та ПС ЗС України у цілому, великою кількістю АТ, яка знаходиться на тривалому зберіганні й потребує капітального ремонту, з іншого боку – нагальною потребою у постійному забезпеченні високого рівня боєготовності Збройних Сил України в умовах ведення гібридної війни.

Метою статті є вирішення проблеми швидкого введення до строю авіаційної техніки, яка знаходилась на тривалому зберіганні та потребує заводського ремонту в умовах особливого періоду. Завданням статті є надання пропозицій для відновлення авіаційної техніки, яка потребує капітального ремонту, в особливий період в умовах авіаремонтного підприємства.

Виклад основного матеріалу дослідження. Враховуючи тривалість капітального ремонту (до трьох місяців для одного вертольоту) та кількість авіаремонтних підприємств України, відновлення парку авіаційної техніки буде складати не менше декількох років (за умови відповідного фінансування).

В умовах ведення сучасних військових конфліктів така система реально не працює. Тому в разі оголошення в країні особливого періоду пропонується здійснити перехід на експлуатацію АТ за технічним станом. Частково такий перехід був здійснений у 2014 році в системі експлуатації військової АТ в пунктах постійної дислокації.

Зважаючи на те, що більшість АТ Збройних Сил України є іноземного виробництва і позбавлена авторського нагляду, в Україні була розроблена низка нормативно-правових актів, які дозволили унормувати діяльність щодо відновлення, ремонту, модернізації, збільшення установленого ресурсу та продовження строку служби (зберігання) озброєння, військової і спеціальної техніки, за якими не здійснюється авторський нагляд [3-5].

Але в частині виконання заводського ремонту заходи щодо експлуатації за технічним станом для вертольотів армійської авіації не здійснювались.

Ремонт за технічним станом АТ – ремонт, під час якого контроль технічного стану виконується періодично та в обсязі, який встановлений в нормативній документації, чи при наявності несправної авіаційної техніки, а обсяг і момент початку ремонту визначаються станом авіаційної техніки.

Ремонт за технічним станом (далі – РТС) АТ виконується організаціями з ТОР згідно з НТД на даний вид ремонту, розробленою/погодженою розробником/виробником АТ чи розробленою в установленому порядку організацією з ТОР. Переліки обов'язкових робіт для виконання РТС АТ розробляються, затверджуються та/або вводяться в дію індивідуально для кожного типу АТ. Під час РТС АТ обсяг ремонту визначається за результатами діагностування зі включенням обов'язкових операцій, які зазначені в НТД на даний вид ремонту, на підставі оцінки рівня надійності виробу АТ і його складових частин.

Обсяг конкретного виду ремонту кожного типу АТ визначається переліком обов'язкових робіт, керівництвами з капітального (середнього) ремонту, бюлетенями промисловості, затвердженими та/або введеними в дію в установленому порядку, іншими НТД, а також умовами договору (державного контракту).

Орієнтовні трудовитрати на ремонт визначаються в процесі попередньої оцінки технічного стану пошкодженого літака.

Кінцева оцінка технічного стану (дефектація) з застосуванням інструментальних методів контролю здійснюється підрозділом (частиною, підприємством), яке буде виконувати ремонт [6].

Наразі організація капітального ремонту здійснюється на підставі наступних документів:

1. Випуск № 1008. "Тимчасова інструкція про організацію ремонту агрегатів на АРЗ ВПС".
2. Випуск № 1012. "Організація освоєння ремонту в АРП ВПС нових виробів авіаційної техніки".
3. Випуск № 1013. "Положення про порядок експертної оцінки пропозицій по внесенню змін у нормативно-технічну документацію при виконанні ремонту, доробок і модернізації авіаційної техніки без залучення КБ, що знаходяться за межами України".
4. Випуск № 1027. "Організація контролю якості ремонту авіатехніки на авіаційних ремонтних заводах ВПС України".
5. Випуск № 1029. "Розрахунок виробничих потужностей авіаційних ремонтних підприємств ВПС".
6. Випуск № 1032. "Положення про ремонт авіаційної техніки іноземних замовників на авіаційно-ремонтних підприємствах ВПС України".
7. Випуск № 1047. "Порядок освоєння заводського ремонту літаків та вертольотів ВПС України за технічним станом".
8. Випуск № 1072. "Організація виробничого процесу ремонту авіаційної техніки в АРП ВПС і методика оцінки ефективності його функціонування" тощо.

Більшість нормативно правової бази відпрацьовувалось в той момент, коли авіаремонтні підприємства були у підпорядкування Міністерства оборони України. Тому актуальність їх частково втратила силу.

Разом з тим при організації заводського ремонту слід враховувати і можливості оборонно-промислового комплексу та економічну складову.

Тому автором статті пропонується розглянути програму технічного обслуговування на базі стандарту MSG-3 [7-8].

До прикладу, комерційний літак коштує 200 млн.дол., а для експлуатації, технічного обслуговування і підтримки протягом його життєвого циклу (ЖЦ), що становить 20-30 років, потрібні додаткові 2 млрд.дол. Для більшості видів обладнання від 80 до 85% витрат протягом ЖЦ витрачається в процесі його експлуатації і технічного обслуговування [9] . А у високо конкурентній авіагалузі прямі операційні витрати є підґрунтям прибутковості. За оцінками авіакомпаній, вони складають від 10 до 20% прямих операційних витрат, в залежності від розміру, віку і використання літака [10].

При цьому частка витрат на технічне обслуговування й ремонт в середніх прямих операційних витратах не зменшилась за останні два десятиліття [10], натомість примусила багато авіакомпаній жорстко контролювати витрати на обслуговування та персонал [11].

Для оптимізації системи технічного обслуговування, ремонту та відновлення (MRO) необхідний комплексний підхід, в якому процеси, люди (в тому числі виробники двигунів, постачальники), а також технології пов'язані, й кожен компонент усього процесу точно налаштований на досягнення оптимальної надійності при мінімально можливій вартості. Інтеграція надзвичайно важлива, оскільки MRO – такий складний процес, що невелика помилка в одному процесі, швидше за все, вплине на всі наступні процеси і спричинить витратні затримки.

Постачальникам MRO-послуг стає дедалі складніше ефективно здійснювати діяльність. Причинами є постійний ріст витрат на матеріали й працю, поява нових технологій та величезних масивів інформації. Наприклад, компанії, що спромоглися стандартизувати, спростити, пришвидшити, одним словом, оптимізувати процеси за умов високої якості наданих послуг, скорочують загальні витрати на 8-15 % і досягають стійкої конкурентної переваги [12]. Система MRO комерційних повітряних суден (ПС) цивільної авіації визначає ефективність їхнього використання та витрати на експлуатацію.

У розвинутих країнах при створенні нових типів літаків система MRO розробляється відразу на етапі проектування, й конструкція літака формується під неї з урахуванням всіх очікуваних умов експлуатації. Кожна авіакомпанія розробляє програму технічного обслуговування, ремонту та відновлення самостійно на основі документів, що надаються виробником і авіаційними органами країни реєстрації ПС.

Виявлено, що на сьогодні відновлення не тільки забезпечує високий рівень безпеки, надійності та працездатності АТ, але й створює цінність в бізнес-процесах, внаслідок чого стає стратегічним фокусом для авіакомпаній і вимагає комплексного підходу. Постачальникам послуг відновлення АТ дедалі складніше ефективно здійснювати діяльність через постійний ріст витрат на матеріали й працю, появу нових технологій та величезних масивів інформації. Скорочення загальних витрат та стійкої конкурентної переваги досягають лише ті ремонтні компанії, яким вдалось спростити, стандартизувати, пришвидшити процеси за умови високої якості послуг.

Із цією метою вітчизняним авіаремонтним підприємствам рекомендовано використовувати логіку MSG-3 (Maintenance Steering Group) – стандарт для розробки планових завдань та інтервалів між технічним обслуговуванням, ремонтом і відновленням, який застосовується регулюючими органами, операторами, виробниками й авіаремонтними підприємствами.

Наголошено, що ключовим елементом представленої класифікації є відновлення, оскільки саме воно є найбільш затратним та важливим елементом підтримання АТ у

працездатному стані. Інші складові є потрібними для виявлення необхідності проведення відновлення або відтермінування такої необхідності.

Виявлено, що ключовим фактором конкурентоспроможності й навіть виживання, на глобальному авіаринку сьогодні стає автоматизація робіт із управління технічним обслуговуванням і відновленням АТ із використанням сучасних програмних продуктів, провідними з яких визнано.

Наголошено, що без автоматизації, удосконалення ІТ-технологій глобальний ринок буде для вітчизняних авіаремонтних підприємств із часом закритий узагалі. У найближчі роки їм доцільно на базі MSG-3 аналізу впроваджувати хоча б окремі модулі описаного програмного забезпечення для автоматизації технічного обслуговування і відновлення АТ, надалі розглядаючи можливість їхнього повноцінного використання й адаптування. Встановлено, що головною передумовою розвитку в Україні найбільш прогресивних механізмів відновлення АТ, є визначення економічної ефективності інструментів такої діяльності.

На даний момент найбільшу ефективність відновлення АТ можна досягнути за умов застосування третьої редакції документа – MSG-3. MSG-3 – це стандарт для розробки планових завдань техобслуговування і проміжків між обслуговуваннями, який застосовується регулюючими органами, операторами, виробниками і авіаремонтними підприємствами. Стандарт MSG-3 виділяє загальні процеси організації та рішень для ефективного планування техобслуговування для повітряних суден. Заплановане техобслуговування включає в себе інспекції, розроблені для виявлення пошкоджень або потенційних точок поломок ПС. Ключовою є ідентифікація складових, які особливо важливі для техобслуговування або структурної цілісності ПС [13] .

Логіка MSG-3 передбачає аналіз «зверху вниз» для визначення відповідного методу відновлення АТ для кожного важливого об’єкта. Спочатку формується первинний список важливих об’єктів – MSI (Maintenance Significant Item), але вибираються вони не на агрегатному рівні, а спочатку на рівні системи. MSI вибираються на верхньому рівні без розгляду окремих агрегатів підсистеми. Декомпозиція до рівня агрегату (нижчий рівень) має місце тільки в разі, якщо за допомогою аналізу не вдалося підібрати відповідні роботи з відновлення АТ для підсистеми (рис. 1).

З огляду на певну надмірність функціональних елементів, закладену розробником ПС, аналіз MSG-3 від систем до (за необхідності) окремих компонентів, дозволяє зменшити кількість некритичних робіт із відновлення АТ. Необхідно сконцентруватися на відмові цілих систем, тому важливими об’єктами для відновлення АТ вибирають, в першу чергу, не окремі агрегати, а системи і підсистеми. Далі кожен потенційно важливий для відновлення АТ.

Об’єкт MSI піддається попередньому аналізу, і визначається його вплив на: 1) безпеку польотів; 2) приховані функції; 3) експлуатацію; 4) економічність польотів. Якщо об’єкт не впливає на жоден з перерахованих пунктів, то він виключається зі списку важливих для відновлення АТ.

Кожен з виявлених об’єктів MSI аналізується на першому етапі й відноситься до однієї з наступних категорій: 5) явний – небезпечний; 6) явний – експлуатаційний; 7) явний – неекономічний; 8) прихований – небезпечний; 9) прихований – безпечний. Після цього необхідно виявити всі можливі причини відмови.

Для оцінки небезпечності категорій відмов пропонується обрати метод експертного ранжування. За основу методу пропонується взяти дані з періодичного аналізу надійності та визначити найбільш ненадійні елементи за думкою експертів, які мають схильність до відмови з залежності від впливу який вони несуть небезпечність відмови в польоті.

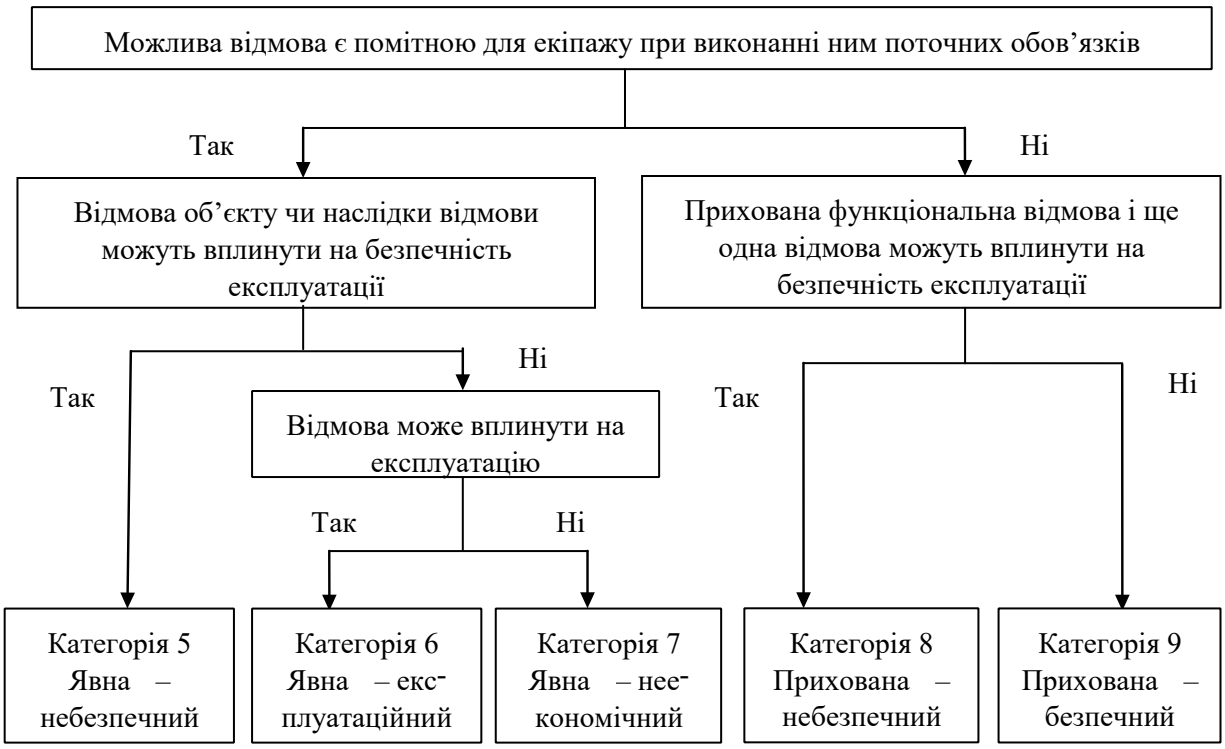


Рис. 1 Алгоритм MSG-3 аналізу категорій відмов складових об'єктів АТ для відновлення
Примітка: побудовано за даними (Gdalevitch, 2000) [13]

Експертам буде запропоновано провести ранжування коефіцієнтів вагомості з кожної системи та підсистеми ПС. Зразок ранжування наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.– Ранжування коефіцієнтів вагомості

№ експерта	Ранги, надані експертами							Примітка
	1	2	3	4	5	6	7	
1	Q_3	Q_{21}	Q_{41}	Q_{11}	Q_{42}	Q_{22}	Q_{12}	
2	Q_{21}	Q_{41}	Q_{11}	Q_3	Q_{22}	Q_{42}	Q_{12}	
3	Q_{21}	Q_{41}	Q_{11}	Q_3	Q_{22}	Q_{42}	Q_{12}	
4	Q_{21}	Q_{41}	Q_{11}	Q_3	Q_{22}	Q_{42}	Q_{12}	
5	Q_{21}	Q_{22}	Q_{41}	Q_{11}	Q_3	Q_{42}	Q_{12}	
6	Q_{11}	Q_{21}	Q_{41}	Q_3	Q_{12}	Q_{22}	Q_{42}	

Коефіцієнти вагомості кожного показника якості визначаються за формулою [14]:

$$c_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_{ij}}{\sum_{i=1,\, j=1}^{n,m} Q_{ij}},$$

де n – кількість експертів (i=1, 2, ...,);
m – кількість показників (коефіцієнтів вагомості) (j=1, 2, ...,);
Q_{ij} – ранг показника (коефіцієнта вагомості);

$\sum_{i=1,\, j=1}^{n,m} Q_{ij}$ – сумарний ранг показників (коефіцієнтів вагомості).

На підставі ранжування коефіцієнтів вагомості визначається сума рангів кожного одиничного показника (його коефіцієнта вагомості).

Далі здійснюється перевірка точності експертних оцінок.

Точність експертних оцінок визначають за узгодженістю думок експертів. Ступінь збігу оцінок експертів характеризує якість експертизи, що виражається коефіцієнтом конкордації, який обчислюється за формулою [14]:

$$W = \frac{12S}{n^2\left(m^3 - m\right)},$$

де n – кількість експертів;

m – кількість показників (коефіцієнтів вагомості);

S – сума квадратів відхилення рангів Q_i від їх середньоарифметичного значення Q_{cp} по всіх показниках і експертах [14]:

$$S = \sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{m} Q_{ij} - Q_{cp}\right)^2 .$$

Коефіцієнт конкордації приймає значення від 0 до 1. Чим більше значення коефіцієнта конкордації, тим більший ступінь узгодженості думок експертів. При W=1 є повна узгодженість думок експертів; якщо W=0, то узгодженість практично відсутня.

Ступінь узгодженості думок експертів вважається прийнятною, якщо$W>0,5$. [15]

Після перевірки точності експертних оцінок агрегати всіх систем будуть віднесені до певної категорії відмов.

Далі здійснюють аналіз на другому етапі (табл. 2), де обирають бажані або необхідні для об’єкту АТ методи відновлення з урахуванням вимог безпеки (фактор безпеки), готовності АТ до експлуатації (експлуатаційний фактор) і економічності (економічний фактор) із таких можливих:

Таблиця 2. – Аналіз методів відновлення АТ

Категорії об’єктів							
5. Явний – небезпечний	6. Явний – експлуатаційний	7. Явний – неекономічний	8.Прихований – небезпечний	9.Прихований–безпечний	Запитання для аналізу		Методи відновлення АТ
X	X	X	X	X	A	Чи є змащування або обслуговування ефективними?	LU / SV
			X	X	B	Чи є перевірка працездатності ефективною?	OP
	X	X	X	X	C	Чи є перевірка функціональності ефективною?	IN / FC
X	X	X	X	X	D	Чи є відновлення ефективним та доступним?	RS
X	X	X	X	X	E	Чи є утилізація ефективною та доступною?	DS
X			X		F	Чи є комбінація робіт із ТО доступною і ефективною?	

Якщо всі відповіді на запитання будуть негативними, необхідно вносити конструктивні зміни в літак.

Примітка: побудовано за даними (Gdalevitch, 2000) [16]

1. Змащування / Обслуговування (Lubrication / Servicing – LU/SV) – для підтримання та відновлення властивостей, притаманних певним складовим частинам літака.

2. Операційна / Візуальна перевірка (Operational / Visual Check – OP/VC) – для визначення поломок і встановлення необхідних робіт з відновлення АТ.

3. Функціональна перевірка / Інспектування (Functional Check / Inspection – FC /IN) – кількісна перевірка виконання одної чи кількох функцій об'єктом в певних межах. Існують три рівні перевірки для визначення необхідності проведення відновлення АТ:

I. Загальна візуальна (General Visual Inspection – GV),

II. Детальна (Detailed Inspection – DI),

III. Спеціальна детальна (Special Detailed Inspection – SI).

4. Відновлення (Restoration – RS) – реконструкція, заміна частин чи чистка, необхідні для повернення об'єкту до визначеного стандарту.

5. Утилізація (Discard – DS) – усунення об'єкту від виконання функцій за визначеної межі служби.

Усі роботи з відновлення АТ, необхідні згідно аналізування, систематизують у відповідності до списку, розбитому за розділами АТА, щоб сформувати базову програму відновлення АТ.

Перераховані важливі об'єкти для відновлення АТ (MSI) публікуються в звіті Комітету з нагляду за створенням програми відновлення АТ, який представляє собою мінімальні вимоги до програми відновлення літака. На основі звіту авіакомпанії розробляють свої програми відновлення АТ, включаючи необхідний мінімум, описаний в звіті. Додаткові роботи з відновлення АТ можуть ґрунтуватись на документі з планування відновлення АТ (MPD), який включає в себе інформацію про: всі важливі об'єкти MSI та додаткові вимоги виробників літака і обладнання, досвід експлуатації в авіакомпанії, дані щодо надійності виробів, рекомендації виробників, що видаються у вигляді сервісних бюлетенів та інформаційних листів, обов'язкові вимоги керівних авіаційних органів, що видаються в директивах з підтримки льотної придатності (AD's), вказівках керівних авіаційних органів (FAR's) і вимогах сертифікації (CMR's).

Ревізії та зміни вже існуючих робіт із відновлення АТ повинні задовольняти аналізу MSG-3 і бути аргументовані даними з надійності. Додаткові обов'язкові роботи не змінюються під час ревізій за бажанням авіакомпанії, зміна інтервалів може бути тільки в сторону зменшення.

Перехід до програми відновлення АТ, заснованої на логіці MSG-3, дозволяє зменшити кількість робіт із відновлення АТ і, відповідно, трудовитрати. Крім зменшення трудомісткості форм обслуговування, з'являється можливість розширювати інтервали їхнього проведення [17].

В цілому програму технічного обслуговування на базі стандарту MSG-3 підходить для проведення заводського ремонту в умовах особливого періоду.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Підсумовуючи роботу, хотілося б сказати, що для скорочення термінів та підвищення ефективності відновлення військової АТ на авіаційному підприємстві в умовах особливого періоду необхідно розробити ряд заходів які б мали місце при оголошенні особливого періоду:

1. Розробити відповідну нормативно-правову базу для реалізації процесів технічного обслуговування та ремонту військової АТ за стратегією MSG-3.

2. Розробити, із залученням наукових установ, переліки заводського ремонту для відновлення АТ по програмі технічного обслуговування на базі стандарту MSG-3.

3. Укласти необхідні договори на відновлення АТ в умовах особливого періоду з урахуванням роботи підприємств у три зміни.

4. Передбачити фінансовій ресурс в спеціальному фонді державного бюджету на виконання спланованих заходів.

5. Розробити нову експлуатаційну документацію з технічного обслуговування та ремонту за стратегією MSG-3, яка б вступала в силу після оголошення особливого періоду (військового стану).

Список використаних джерел

1. А.М. Алімпієв, Г.В. Пєвцов, особливості гібрідної війни РФ проти України. Досвід, що отриманий Повітряними Силами ЗСУ. Режим доступу: https://www.ukrmilitary.com/2017/05/experience-received-by-the-armed-forces-of-the-armed-forces-of-ukraine.html
2. Карабаський конфлікт, матеріали із Вікіпедії, Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Карабаський_конфлікт.
3. Порядок відновлення, ремонту, модернізації, збільшення установленого ресурсу та продовження строку служби (зберігання) озброєння, військової і спеціальної техніки, за якими не здійснюється авторський нагляд, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 2015 року №135.
4. Порядок експлуатації за технічним станом виробів авіаційної техніки державної авіації, за якими розробник (виробник) не виконує своїх обов'язків із супроводження експлуатації та підтримання льотної придатності, затверджений наказом Міністерства оборони України від 19 грудня 2014 року №904. – 10 с.
5. Порядок продовження (збільшення) встановлених показників виробів авіаційної техніки державної авіації, за якими не здійснюється авторський нагляд, затверджений наказом Міністерства оборони України від 16 лютого 2015 року №68. – 14 с.
6. Наказ Міністерства оборони України від 05.07.16 року № 343 “Правила інженерно-авіаційного забезпечення державної авіації України” (ПрІАЗ-2016).
7. MSG-3. ATA Specification 2200, Information Standards for Aviation Maintenance. The Air Transport Association. Washington, DC, 2010.
8. Акопян К.Э. Применение методики MSG-3 при разработке программ технического обслуживания и ремон-та отечественных воздушных судов: дисс. … канд. техн. наук. - М., 2010.
9. Saranga, H. and Kumar, U.D., 2006. Optimization of aircraft maintenance/support infrastructure using genetic algorithms: level of repair analysis, Annals of Operations Research, 143 (1), pp. 91–106.
10. Papakostas, N., Papachatzakis, P., Xanthakis, V., Mourtzis, D. and Chryssolouris, G., 2010. An approach to operational aircraft maintenance planning, Decision Support Systems, 48 (4), pp. 604-612
11. Sriram, C. and Haghani, A., 2003. An optimization model for aircraft maintenance scheduling and reassignment, Transportation Research: Part A, Policy and Practice, 37 (1), pp. 29–48.
12. Reopel, M., 2012. Smarter MRO. 5 strategies for increasing speed, improving reliability, and reducing costs – all at the same time. Deloitte Development LLC.
13. ГОСТ 27.002-89. “Надійність в техніці. Основні поняття. Терміни та визначення”.
14. Розробка методики оцінки якості ремонту авіаційної техніки на державних підприємствах Міністерства Оборони України в умовах реформування Збройних Сил України. Звіт про науково-дослідну роботу (шифр “Кречет”) – К.: ДНДІА, 2011.
15. Грабовецький Б. Є., Антонюк О. В., Економіка та держава № 9/2010, ранжування показників фінансово-господарської діяльності підприємства для побудови комплексної стратегічної програми на основі методу експертних оцінок Дельфі, Доступно <http://www.economy.in.ua/pdf/9_2010/14.pdf>
16. Gdalevitch, M. 2000. MSG-3, The Intelligent Maintenance [online]. Доступно: <http://www.aviationpros.com/article/10388498/msg-3-the-intelligent-maintenance>
17. Калиновський А.О. Дисертація економічне оцінювання відновлення авіаційної техніки авіаремонтними підприємствами, – 2018 – 121, 122.

Бивалькевич Микола Володимирович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

МЕТОДИКА ЕКСПРЕС-ОЦІНЮВАННЯ ПОЛІГОННИХ НАРЯДІВ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

У статті розглянуто методику експрес-оцінювання полігонних нарядів літальних апаратів для збільшення ефективності їх застосування. методика реалізує спрощений алгоритм, розроблений на основі уніфікованої імовірнісної моделі регресійного типу за умови припущення про раціональну організацію застосування авіаційного озброєння. Наведено приклад рішення задачі за заданою методикою.

Ключові слова: *полігонний наряд, ймовірність, ураження об'єкта, середній збиток.*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Експрес-оцінювання полігонних нарядів ЛА, середнього та гарантованого збитку під час дій по наземних одиночних і площинних (лінійних) об'єктах будь-якими АЗУ, включає два етапи розрахунків: наряд і збиток.

На етапі "наряд" визначають необхідну кількість ударів, які забезпечують [1, 2]:

- задану імовірність ураження одиночного об'єкта;
- заданий гарантійний збиток груповому або площинному (лінійному) об'єктові з гарантійною імовірністю 0,8 або 0,95;
- заданий середній збиток груповому або площинному об'єкту.

Розрахунок збитку при заданій кількості ударів дає змогу визначити:

- імовірність ураження одиночного об'єкта;
- середній збиток груповому або площинному (лінійному) об'єкту із заданою гарантійною імовірністю 0,8 або 0,95.

Крім цього, методика дає можливість визначити межі діапазону оптимальних довжин розсіювання АЗУ у кожному ударі [3- 6].

Мета статті – розглянути методику оцінювання полігонних нарядів літальних апаратів (ЛА), за допомогою якої вирішити задачу щодо ураження одиночних і площинних (лінійних) об'єктах будь-якими авіаційними засобами ураження (АЗУ).

Викладення основного матеріалу дослідження. Отже, методика реалізує спрощений алгоритм, розроблений на основі уніфікованої імовірнісної моделі регресійного типу за умови припущення про раціональну організацію застосування озброєння. У ході розроблення методики використані теоретичні принципи, запропоновані В.М. Васильєвим.

Точність обчислювань за методикою не менша 20%, що є припустимою у разі імовірнісних розрахунків.

Загальна характеристика математичної моделі. Математична модель побудована на таких припущеннях (спрощеннях) [1, 2]:

- розсіювання АЗУ описується схемою двох груп похибок;
- відсутнє накопичення збитку під час дії по елементарній цілі кількома АЗУ;
- у кожному ударі застосовують однотипні варіанти озброєння.

Скорочення переліку початкових даних і спрощення математичної моделі у разі забезпечення достатньої точності розрахунків досягають завдяки припущенню про раціональну організацію бойового застосування АЗУ [1, 2]:

- розсіювання АЗУ у кожному ударі близьке до оптимального;
- кількість АЗУ, які застосовують в одному ударі, не перевищує максимальної доцільної кількості, що обмежує збиткову витрату боєприпасів;
- вибір точок прицілювання на об'єкті є раціональним, тобто під час дії по

лінійному об’єкту забезпечується рівномірне накриття його зонами ураження, а під час дії по розосередженому груповому об’єкту – рівномірний розподіл ударів по елементарних цілях.

Груповий об’єкт вважається *розосередженим*, якщо є можливість спостерігати його елементи, і можливі удари по кожному з них як по одиночному об’єкту, при цьому удар по одному (будь-якому) елементу практично не завдає збитків іншим елементам цілі [7].

Стосовно СКВ індивідуальних похибок розсіювання зробимо припущення: вони перебувають у межах діапазону нормативних значень. Це припущення дає змогу скоротити кількість початкових даних для розрахунків [8, 9]. Універсальність методики зумовлена такими положеннями, які використані під час її утворення:

- усі об’єкти дії авіації є різновидами або частковими випадками групової цілі;
- на усі об’єкти розповсюджені критерії ефективності – середній та гарантований збитки;
- узагальненість алгоритму щодо до типів цілі, зумовлена застосуванням вектора відносного розсіювання довільного елемента групової цілі і центра розсіюванняАЗУ, імовірнісною характеристикою якого є композиція закону розсіювання довільного елемента і закону розподілу групових похибок, що дає змогу задавати параметрично різні типи об’єктів;
- застосування узагальненої характеристики уражальної дії АЗУ – площі приведеної зони ураження.

Основні величини і залежності. Основні величини (параметри), які використовують у методиці [1, 2]:

N – кількість ударів (вогневих дій), які завдають по цілі;

M – середній (відносний) збиток, який завдають цілі під час ударів (у випадку одиничної цілі – імовірність її ураження);

$U_г$ – гарантований збиток при заданій гарантійній вірогідності $R_г$ (для одиночних цілей $U_г$= 1);

$R_г$– гарантійна ймовірність ураження цілі ($R_г$= 0,8 – для звичайних цілей і $R_г$= 0,95 – для важливих цілей).

Під час використання методики у режимі “наряд” величини M або $R_г(U_г)$ є характеристиками бойового завдання, а необхідна кількість ударів N є розрахунковою величиною.

На етапі “збиток” параметрами бойової задачі є задана кількість N ударів по цілі, а M або $R_г$ ($U_г$) – показники ефективності ударів – розрахункові величини.

Початкові дані для розрахунків. *Характеристики цілі*:

Ц$_X$, Ц$_Z$– розміри площинного або компактного групового об’єкта у го-ловних осях розсіювання(якщо об’єкт лінійний, то одна з величин (Ц$_X$ або Ц$_Z$) дорівнює нулю). Під час дії по одиночній цілі або по елементу розосередженої групової цілі, розміри якого значно менші за розміри приведеної зони ураження, приймають Ц$_X$= Ц$_Z$= 0;

$N_ц$ – кількість елементів розосередженого групового об’єкта (цілі).

Характеристики озброєння:

n – кількість АЗУ, які застосовують у одному ударі (разова бомбова касета, зв’язка, блок контейнерний вважається одним АЗУ);

l_X, l_Z – розміри приведеної зони ураження елементарного об’єкта;

r – умовна ймовірність ураження елементарної цілі(за умов її накриття зоною ураження АЗУ);

$S_{бк}$– сумарна площа приведених зон ураження бойових частин АЗУ, які вміщуються у РБК (у контейнері);

σ_{xr},σ_{zr} – СКВ групових похибок у головних осях розсіювання.

Методика розрахунків. Методика дає змогу обчислити зв’язки між такими величинами (параметрами) [1, 2]:

- величиною гарантійного збитку $U_г$, середнім збитком M_N при N ударах по цілі і середнім збитком M_1 при одному ударі;
- середнім збитком M_1 цілі при одному ударі по цілі і її характеристиками.

Зв'язок між $U_г$ та M_N визначають за формулами:

$$M_N = \left[\left(C\sqrt{1+DU_г}\right)-1\right]-U_г, \text{ при } \quad U_г < 1; \tag{1}$$

$$M_N = \sqrt[N_ц]{R_г} \quad \text{при} \quad U_г = 1; \tag{2}$$

$$U_г = A\left(1-\sqrt{1-BM_N}\right)-M_N. \tag{3}$$

Якщо кількість елементів цілі $N_ц$ задана, то, враховуючи дискретність $U_г$, після використання залежності (4.17) необхідно заокруглити $U_г$ за формулою

$$U_г = \frac{1}{N_ц}\left[U_г N_ц\right],$$

де $\left[U_г N_ц\right]$ – ціла частина добутку.

У формулах (1), (2) величини A, B, C, D – коефіцієнти, які залежать від заданого значення гарантійної імовірності $R_г$.

Зв'язок між M_1 і M_N описується формулами:

- для площинного або лінійного об'єкта – $M_N = 1-(1-M_1)^N$;
- для одиночного і групового об'єкта – $M_N = 1-(1-M_1)^{\frac{N}{N_ц}}$,

де M_1 – середній збиток при одному ударі по площинному, груповому об'єкту, або ймовірність ураження одиночного об'єкта (елемента розосередженої групової цілі) при одному ударі.

Необхідну кількість ударів для досягнення заданого збитку M_N визначають за формулами [1, 2]:

- для одиночного, площинного та лінійного об'єкта – $N = \dfrac{\ln(1-M_N)}{\ln(1-M_1)}$;
- для розосередженого групового об'єкта – $N = N_ц \dfrac{\ln(1-M_N)}{\ln(1-M_1)}$.

Середній збиток у разі одного удару M_1 визначимо на основі інтеграла

$$M_1 = \int_{-\infty}^{\infty}\int G^0(x,z)\, f(x,z)\,\mathrm{d}x\,\mathrm{d}z,$$

де G^0 – узагальнений, координатний закон ураження довільного елемента цілі відносно центра розсіювання n АЗУ;

$f(x, z)$ – закон відносного розсіювання довільного елемента цілі відносно центра розсіювання n АЗУ (композиція рівномірного розподілу до-вільного елемента і нормального розподілу групових похибок розсіювання АЗУ).

У методиці використовують наближене значення M_1 регресійного типу

$$M_1 = \frac{V_1}{1+V_1}$$

де V_1 – узагальнений параметр, який характеризує кількість влучень АЗУ у приведену зону ураження елементарної цілі при одному ударі:

$$M_1 = (1 + 0{,}9n)\frac{S_Y}{A_X} A_Z ,$$

де A_X, A_Z – розміри зони відносного розсіювання довільного елемента, які визначають за допомогою ступінчастої апроксимації композиції $f(x, z)$:

$$A_X = \sqrt{10\sigma_{X\text{г}}^2 + Ц_X^2} \quad \text{або} \quad A_X = \sqrt{22E_{X\text{г}}^2 + Ц_X^2} ;$$
$$A_Z = \sqrt{10\sigma_{Z\text{г}}^2 + Ц_Z^2} \quad \text{або} \quad A_Z = \sqrt{22E_{Z\text{г}}^2 + Ц_Z^2} ,$$

де S_Y– площа приведеної зони ураження одного АЗУ, скоригована з урахуванням можливості її виходу за межі області відносного розсіювання:

$$S_Y = \min\{l_X^*; 1{,}2A_X^*\} \min\{l_Z^*; 1{,}2A_Z^*\} r,$$

де l_X,l_Z – розміри зони ураження (накриття) АЗУ;

r – умовна імовірність ураження елементарної цілі у зоні ураження (для АЗУ ударного типу $r = 1/\omega$ – величина, зворотна середній необхідній кількості влучень ω у елементарну ціль для її ураження з імовірністю, що дорівнює 1, для АЗУ дистанційного типу $r = 1$.

Максимальну кількість АЗУ, які доцільно застосувати в одному ударі, визначають за формулою [1, 2]:

$$n_{\max} = 8\left(1 + \frac{A_X}{\sqrt{l_X l_Z r}}\right).$$

Для підвищення точності розрахунків у випадках, коли кількість АЗУ, що застосовується в ударі, перевищує $n_{\max}$, необхідно коригувати кількість АЗУ за формулою

$$n^* = \min\{n, n_{\max}\}.$$

Діапазон оптимальних довжин розсіювання АЗУ у одному ударі визначають за формулою

$$l_{\text{р}} = (0{,}7 \ldots 1{,}3) A_X \left(\frac{n-1}{n}\right)^2 ,$$

за якою можуть бути визначені нижня l_{pmin} та верхня l_{pmax} межі діапазону довжин розсіювання.

Схема алгоритму, який реалізує описану методику, надана на рис. 1.

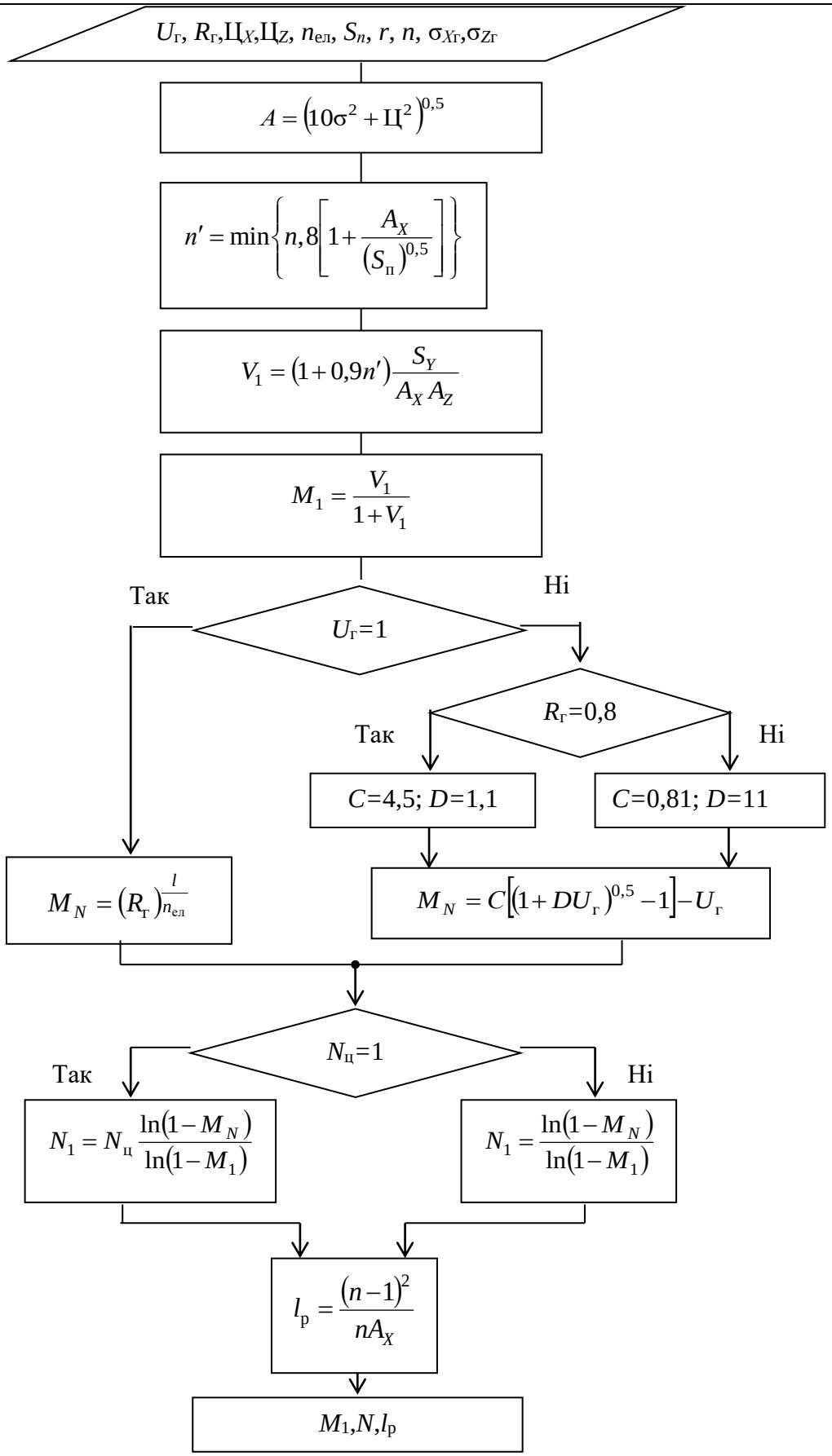


Рис. 1**.** Блок-схема алгоритму ЕКСПОН

У блок-схемі використані такі позначення:

- початкові дані – бойове завдання: $U_г$ – заданий (гарантований) збиток цілі; $R_г$– гарантійна імовірність;
- характеристики цілі: Ц$_X$, Ц$_Z$⇒ Ц– розміри цілі; $n_{ел}$ – кількість елементів у складі групової цілі;
- характеристики АЗУ: r – умовна імовірність ураження цілі в ПЗУ; n – кількість АЗУ, що застосовується в одному ударі;
- характеристики розсіювання АЗУ: σ_X, $\sigma_{Zг}$⇒ σ – СКВ групового розсіювання.

На підставі розглянутої методики розглянемо приклад рішення задачі.

Командиру групи з 8 літаків МіГ-29, наданої для супроводження ударної авіаційної групи, поставлене завдання блокувати на час бою рухомий командний пункт, розташований у спеціалізованому автобусі, використавши при цьому до 0,5 БК гармат ГШ -30-1.

Визначити полігонний наряд, необхідний для виконання завдання з гарантійною імовірністю $R_г = 0,8$.

Початкові дані для розрахунків. Використаємо початкові та табличні дані.

$R_г = 0,8$; $l_X^* = 6,375$ м; $l_Z = 4,5$ м; $\sigma_{Xг} = 27$ м; $\sigma_{Zг} = 13,5$ м;
$\sigma_{Xu} = 9$ м; $\sigma_{Xu} = 4,5$ м; $m_X = 7,5$ м; $m_Z = 2,7$ м; $l_{Xр} = 23$ м.

Результати розрахунків.

1. Розміри області відносного розсіювання снарядів

$A_X = (10\sigma_X^2 + Ц_X^2)^{0,5} = (10 \cdot 27^2 + 0)^{0,5} = 85,4;$
$A_Z = (10\sigma_Z^2 + Ц_Z^2)^{0,5} = (10 \cdot 13,5^2 + 0)^{0,5} = 42,7.$

2. Середня кількість уражаючих влучень снарядів у ціль

$$V_1 = \frac{(1+0,9n)S_п}{A_X A_Z} = \frac{(1+0,9 \cdot 40)28,9}{85,4 \cdot 42,7} = 0,293.$$

3. Імовірність ураження цілі при одному ударі

$$W_1 = \frac{V_1}{1+V_1} = \frac{0,293}{1+0,293} = 0,227.$$

4. Кількість ударів N, яка забезпечує задану імовірність ураження цілі (полігонний наряд $N_п$)

$$N = N_п = \frac{\ln(1-R_г)}{\ln(1-W_1)} = \frac{\ln(1-0,8)}{\ln(1-0,227)} = 6,3.$$

Висновок: для ураження цілі типа "*С*" з гарантійною імовірністю $R_г = 0,8$ необхідно призначити наряд з 7 літаків МіГ-29.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Автором розглянута методика експрес-оцінювання полігонних нарядів ЛА, на підставі якої вирішено практичну задачу щодо розрахунку:

1. Середньої кількості уражаючих влучень снарядів у ціль.
2. Імовірності ураження цілі при одному ударі.

3. Кількості нанесення авіаційних ударів N, що забезпечать задану імовірність ураження цілі (необхідний полігонний наряд $N_{\text{п}}$).

З'ясовано, що методика реалізує спрощений алгоритм, розроблений на основі уніфікованої імовірнісної моделі регресійного типу за умови припущення про раціональну організацію застосування авіаційного озброєння.

Точність обчислювань за методикою становить не менш 20%, що є припустимою у разі імовірнісних розрахунків.

Список використаних джерел

1. Мильграмм Ю. Г. Исследование операций и алгоритмизация боевых действий. – М.: ВВИА им. профф. Н. Е. Жуковского, 1968. –С. 462.
2. Мильграмм Ю. Г., Попов И. С. Боевая эффективность авиационной техники и исследование операций. – М.: ВВИА им. профф. Н. Е. Жуковского, 1970. –С. 500.
3. Коротін С. М. Методика визначення ефективності застосування керованих авіаційних ракет класу "повітря – повітря" ближньої дії по повітряних цілях / С. М. Коротін // Збірник наукових праць / Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова. – Вип. 70. –2013. – С. 36–45.
4. Кравчук И .С. Авиационные управляемые ракеты / И. С. Кравчук, И. А. Николаев. – Даугавпилс: ВВАИУ ПВО им. Я. Фабрициуса, 1987. – 95 с.
5. Семенов С. С. Оценка технического уровня образцов оружения и военной техники / С. С. Семенов, В. Н. Харчев, А. И. Иоффин. – М.: Радио и связь, 2004 – 546 с.
6. Семенов С. С. Корректируемые авиабомбы российских ВВС/ С. С. Семенов, В. Н. Харчев. – М.:Изд. группа "Бедретдинов и Ко", 2005. – 88 с.
7. Чечик Д. Л. Вооружение летательных аппаратов: учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2002. – 164 с.
8. Система показателей эффективности эксплуатации и ремонта авиационной техники / под. ред. В. В. Филиппова. – М.: ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1986. – 215 с.
9. Шор Я. Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. – М.: Издво Госэнергоиздат, 1962.– 552 с.

Кривонос Володимир Миколайович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

МЕТОД СКОРОЧЕННЯ ОБСЯГІВ ВІДЕОДАНИХ АЕРОФОТОЗНІМКІВ ІЗ ЗАДАНОЮ ЯКІСТЮ ДОСТОВІРНОСТІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАТИВНОСТІ ДОСТАВКИ ІНФОРМАЦІЇ З БОРТУ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

Обґрунтовано скорочення обсягів відеоданих для підвищення продуктивності обробки та передачі аерофотознимків з борту безпілотного літального апарату з заданою якістю достовірності. Запропоновано підхід для побудови технології компресії аерофотознимків з використанням попереднього перетворення, який базується на формуванні двох складових: вектору значущих компонент та вектору масштабуючих компонент.

Ключові слова: *стиснення відеоданих, оперативність, динамічний діапазон, JPEG.*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Останнім часом при веденні сучасних війн не обходиться без застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА), це в свою чергу обумовлено стрімким розвитком інфокомунікаційних технологій передачі даних. Одним із головних завдань застосування БпЛА є ведення повітряної розвідки на ворожій території, тому швидкість доставки видової інформації (аерофотознимків) з борту БпЛА до наземного пункту є дуже актуальним для своєчасного прийняття рішення керівним складом. Оперативність управління інформацією з використанням безпілотних літальних апаратів залежить від часових витрат на обробку, передачу та дешифрування аерофотознімку.

Вихідні кадри аерофотознімку формуються при використанні JPEG орієнтованих технологій, тому зі збільшенням об’єму відеоданих аерофотознімків часові затримки різко збільшуються. Звідси виникає необхідність в розробці інформаційної технології щодо обробки відеоданих аерофотознімків для підвищення оперативності доставки інформації в умовах забезпечення заданої якості достовірності.

Метою дослідження є зниження обсягів відеоданих та забезпечується підвищення продуктивності функціонування інфокомунікаційних бортових систем БпЛА із заданою якістю достовірності.

Виклад основного матеріалу. Ефективне функціонування бортових інфокомунікаційних систем визначається якістю передачі та обробки відеоданих аерофотознімків і оцінюється таким показником як продуктивність, що задається формулою

$$R_t = Q(f_t) / T_\Sigma \qquad (1)$$

де T_Σ – загальний час обробки та передачі відеоданих аерофотознімків обсягом $Q(f_t)$.

Для передачі відеопотоку чи аерофотознімків, з БпЛА на пункт обробки інформації використовується односторонній високошвидкісний канал передачі даних. Передача інформації здійснюється за допомогою широкого набору бортових передавальних пристроїв, представлених у табл. 1, працюючих у діапазоні НВЧ, на частотах: 2,4 Мгц; 5,8 ГГц; 10 ГГц; 14 ГГц; 28 ГГц [2].

Таблиця 1. – Характеристики цифрових радіоліній БПЛА

Апаратура зв'язку	Частотний діапазон радіолінії	Тип	Параметри
Високошвидкісна симплексна система передачі інформації	2,4–2,4835 ГГц	Цифрова (передача даних корисного навантаження)	Швидкість передачі даних – 20 Мбіт/с; смуга займаних частот – 5–20 Мгц; дальність по прямій видимості – 30 км.
Низькошвидкісна напівдуплексна система передачі інформації	2,4–2,4835 ГГц	Цифрова (передача командно-телеметричних даних)	Швидкість передачі даних – 115,2–256 Кбіт/с;

Існуючі радіолінії зв'язку характеризуються обмеженою пропускною здатністю для обміну інформацією між бортовим комплексом БпЛА та наземним пунктом [2-3].

Структура відеопотоку аерофотознімку залежить від:

розміру аерофотознімку, визначається як добуток кількості рядків M на кількість стовпців N, тобто M×N. Дані по розмірах аерофотознімку та частоти кадрів представлені в табл. 2.

глибина кольору ϕ або розрядність, визначає, скільки відтінків кольору доступно у палітрі зображення на один піксель;

частота $V_п(f_t)$ появи кадрів аерофотознімків за одиницю часу, тобто за 1с.

Таблиця 2. – Середня швидкість передачі відеопотоку аерофотознімку залежно від розміру за одиницю часу

Формат відеоданих розміром зображення M×N		Частота кадрів/с	Середній об'єм відеоданих $Q_п(f_t)$ Мбіт/с
CIF	352×288	24; 30	60
SD	720×576	30	300
ED	720×576	50	500
HD	1280×720	50	1105
Full HD	1920×1080	30; 50	2500

Об'єм відеопотоку аерофотознімків рис.1 з частотою f_t кадрів/с визначається як:

$$Q(f_t) = f_t \times M \times N \times \phi \qquad (2)$$

де $Q(f_t)$ - об'єм відео потоку аерофотознімків за 1 с з частотою f_t кадрів/с.

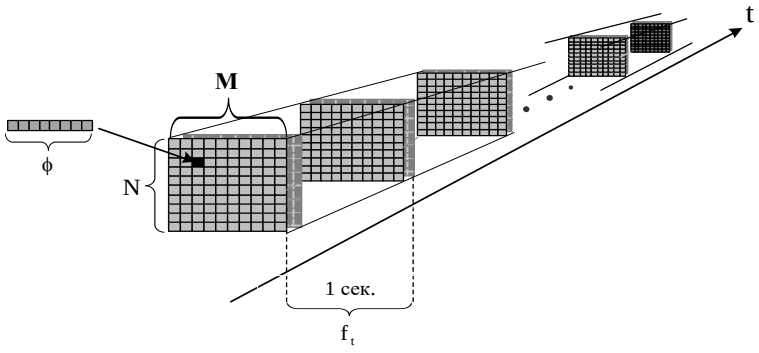


Рис.1 Структура відеопотоку аерофотознімків

За даними таблиці. 1 на рис. 1 у вигляді діаграми представлені об'єми відеоданих аерофотознімків для кожного формату зображення [5].

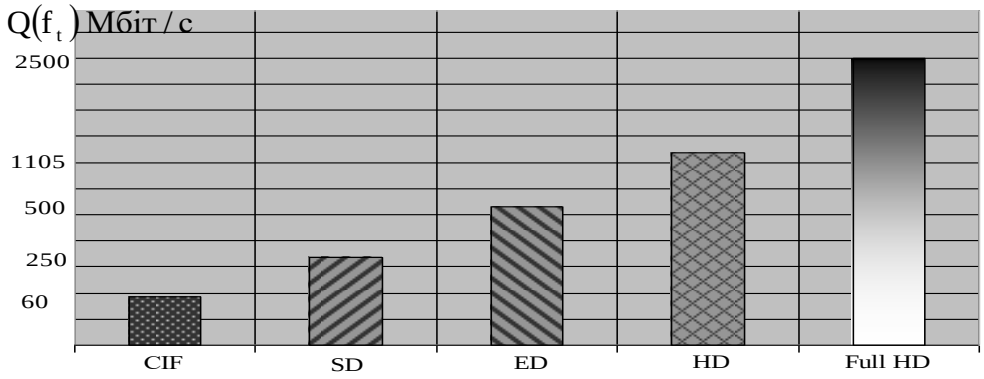


Рис. 2. Середній об’єм передачі відеопотоку за 1с
залежно від якості аерофотознімку

З аналізу таблиці 1 та рис. 2 витікає, що:

найменший об'єм нестислого потоку аерофотознімків потрібно для зображень формату CIF в середньому від 30 Мбіт/с до 60 Мбіт/с;

найбільші об'єми нестислого потоку відеоданих аерофотознімків досягаються для форматів HD і Full HD в середньому від 1,5 Гбіт/с до 2,5 Гбіт/с.

Проведемо оцінку часу $T_п$ передачі нестислих кадрів аерофотознімків залежно від швидкості для $f_t = 1$ рис. 3.

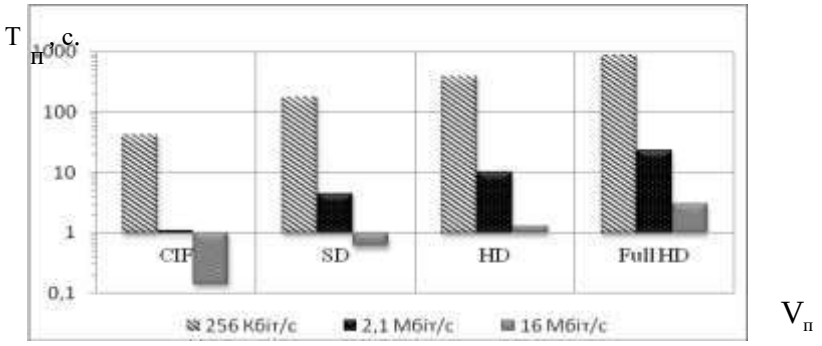


Рис. 3. Оцінка часу передачі нестислих відеоданих аерофотознімків

Аналіз діаграм на рис. 3 показав, що час передачі нестислих відеоданих аерофотознімків досягає десятки хвилин.

Таким чином, можна заключити, що необхідно підвищувати продуктивність R_t існуючих бездротових технологій, а саме: необхідно забезпечити виконання співвідношення:

$$R_t \to \max \tag{3}$$

для заданих обсягів відеоданих, що описується обмеженням

$$(Q)_н \le (Q) \tag{4}$$

Це можна досягти за рахунок зниження загального часу доставки даних як результат зниження обсягів даних, що передаються.

Причиною тому, що пропускні здібності бездротових телекомунікаційних систем, особливо, які встановлені на борту БпЛА, набагато нижчі, ніж швидкості нестислих

відеоданих. У реальному часі швидкість передачі нестислих відеоданих аерофотознімків здійснюється тільки для невеликих об'ємів таких форматів як CIF, SD [5].

З цього можна зробити висновок, що для передачі відеоданих аерофотознімків у реальному часі з борту БпЛА, вимагається скоротити їх об'єм.

Для скорочення часу доставки потоку відеоінформації використовують технології стискування. Стискування відеоданих відбувається за рахунок застосування ефективного кодування з усунення різного роду надмірності. Перед отриманням даних споживачем відбувається їх відновлення (декомпресія). Схема обробки відеоданих в телекомунікаційних системах представлена на рис. 4.

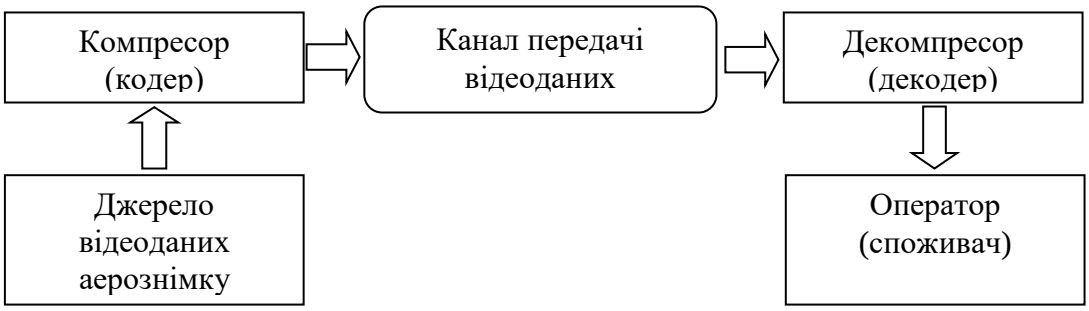


Рис. 4. Загальна структурна схема обробки відеоданих аерофотознімків

На даний момент найбільш поширеною технологією компресії є технологія JPEG [9-10].

Сьогодні JPEG є методом стискування даних реалістичних зображень з глибиною до 24 біт/пік сель [1]. На усіх етапах роботи алгоритму відбувається попередня підготовка, перетворення (трансформація) даних зображення до стискування. В результаті такого підходу досягається стискування з коефіцієнтом $k_{ст}$, значення якого залежить від насиченості зображень та кроку квантування χ (КК) рис.5 [4].

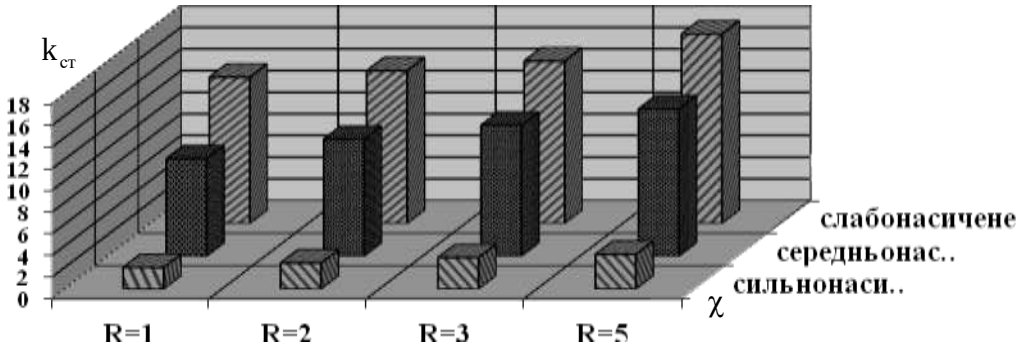


Рис. 5. Значення коефіцієнта стиснення для формату JPEG для різних класів зображення у залежності від кроку квантування

З рис. 5 слідує що:

для усіх класів зображень зі збільшенням рівня квантування, значення коефіцієнта стискування $k_{ст}$ збільшуються в середньому від 2 до 17,5 разів;

для сильнонасичених зображень значення коефіцієнта стискування найменші в середньому від 2 до 3,2 разів, для слабонасичених зображень значення $k_{ст}$ найбільші в середньому від 13,5 до 17,5 разів.

Таким чином, зниження обсягів відеоданих для підвищення продуктивності функціонування інфокомунікаційних бортових систем із заданою якістю достовірності є актуальною науково-прикладною задачею.

Сформульовану задачу пропонується вирішувати на базі розвитку технології стиснення, з подальшою інтеграцією в інфокомунікаційні бортові системи. Одним з найбільш розповсюджених та популярних методів стиснення є метод JPEG, основні етапи роботи якого показані на рис.6 [4].

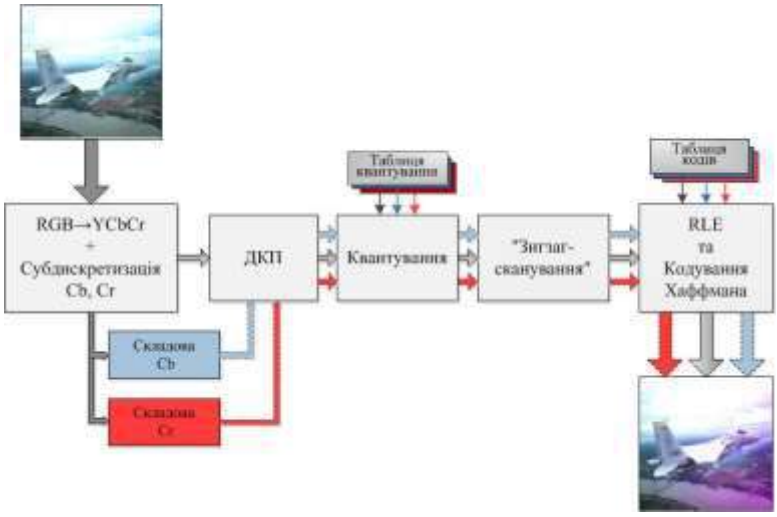


Рис.6 Блок-схема роботи алгоритму стиснення у JPEG

Аналіз компресійних характеристик методу JPEG виявив, що передача відеоданих у реальному часі можлива тільки в режимі значних втрат якості.

Для вдосконалення технології JPEG, пропонується використовувати підхід, заснований на обробці компонентного представлення блоків 8×8 пікселів над якими відбулося дискретно-косинусне перетворення (ДКП). Це дозволить враховувати такі закономірності як: переконцентрація енергії; наявність ланцюжків нульових елементів. У той же час, існуючі підходи пов'язані з такими недоліками як: в одному випадку - це додаткова передача динамічних таблиць статистичних кодів, а в другому випадку - це низька адаптивність стаціонарних статистичних таблиць до змінних характеристик зображення. Звідси виникає необхідність у розробці методу кодування відеоданих аерофотознімків на основі компонентної структури перетвореного блоку 8×8 для зниження їх обсягів у інфокомунікаційних бортових системах.

Таким чином, пропонується з двовимірного представлення $H'^{(2)}_{\tau}$ за допомогою лінійної лінеаризації, опускаючись згори донизу, переводиться в одновимірний вектор $H^{(1)}_{\tau}$, що представлено на рис. 7.

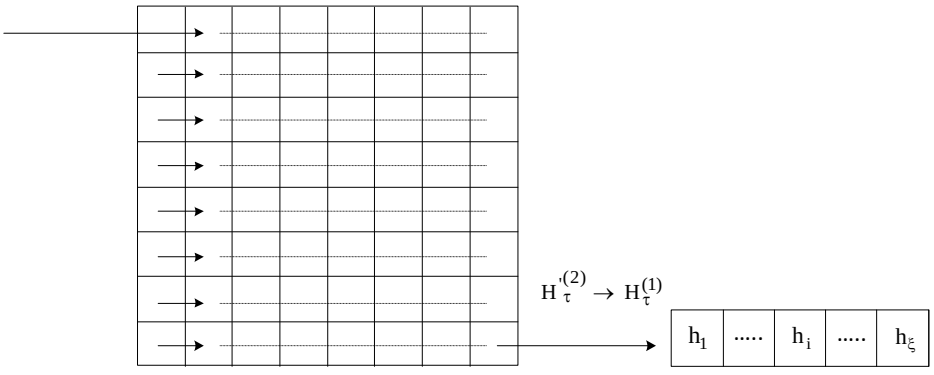


Рис. 7. Процес лінеаризації сегменту відеокадру

У такому векторі інформація про зображення розподілена рівномірно між усіма компонентами.

Потім з одновимірного вектору $H_{\tau}^{(1)}$, що утворився, формуються два вектори:

вектор $\hat{H}_{\tau}$ значущих компонент;

вектор $G(H)_{\tau}$ масштабуючих компонент [7].

Процес формування векторів, представлений на рис. 8.

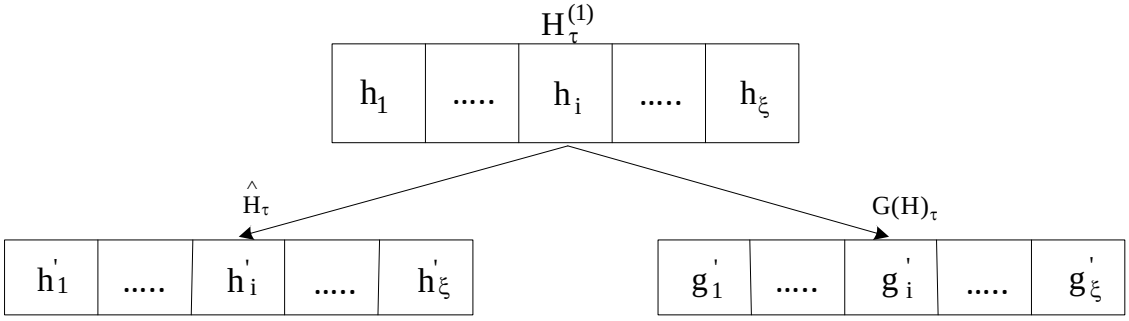


Рис. 8 Формування векторів значущих і масштабуючих компонент

Таким чином, вектор $H_{\tau}^{(1)}$ сегменту відеокадру можна представити як:

$$H_{\tau}^{(1)} = \{ \hat{H}_{\tau} ; G(H)_{\tau} \} \tag{5}$$

Такий підхід дозволяє виключити сусідні однакові компоненти в сегменті відеокадру. Тут вектор $G(H)_{\tau}$ пропонується називати вектором масштабуючих компонент, компоненти цього вектору визначають довжину значущих компонент [6].

Опис значущих компонент сегменту відеокадру, оцінка їх інформативності

Після процесу лінеаризації для одновимірного вектору $H_{\tau}^{(1)}$ відеокадру формується сукупність числових пар υ:

$$\upsilon = \{h'_i, g'_i\} \tag{6}$$

де h'_i - значення і -ої значущої компоненти одновимірного сегменту;

g'_i - кількість повторів і -ої значущої компоненти.

У результаті такого підходу для вектору $\hat{H}_{\tau}$ значущих компонент, властива наступна закономірність: сусідні компоненти послідовності h'_{ξ} і $h'_{\xi+1}$ (де $\xi = \overline{1,\upsilon}$) будуть не рівні

$$h'_{\xi} \neq h'_{\xi+1}, \quad \xi = \overline{1,\upsilon}. \tag{7}$$

Величина динамічного діапазону $w(h'_i)$ вектору $\hat{H}_{\tau}$ значущих компонент серед компонент h'_i дорівнюватиме максимальному значенню $\underset{max}{h'_i}$ значущої компоненти вектору, тобто

$$w(h'_i) = \underset{max}{h'_i}. \tag{8}$$

Для значущих компонент виконуватиметься закономірність відносно обмеженого динамічного діапазону, тобто

$$h_{min} \le h_1^{'},\ldots,h_i^{'},\ldots,h_\upsilon^{'} \le h_{max} \tag{9}$$

Тут різниця між величиною верхнього рівня h_{max} і величиною нижнього рівня h_{min} діапазону величин $h_i^{'}$, на інтервалі $1 \le i \le \upsilon$ буде така ж, як і динамічний діапазон для вектору $H_\tau^{(1)}$.

Таким чином, якщо для компонент вектору $\hat{H}_\tau$ виконуються умови:

$$h_1 \le w(h^{'})_1 = h_{max} - h_{min} + 1;\ h_i \le w(h^{'})_i = h_{max} - h_{min},\ i = \overline{2,\upsilon}, \tag{10}$$

тоді $w(h^{'})_i \ne w(h)_\nu$, $i \ne \nu$, $i,\nu = \overline{1,\upsilon}$ називається позиційним числом з нерівними сусідніми елементами (ПЧНСЕ) і з системою основ $W(h) = \{w(h^{'})_i\}$ [8].

Таким чином, для оцінки інформативності, що стосується представлення послідовності значущих компонент, то необхідно визначити кількість допустимих ПЧНСЕ. Для позиційної системи із змішаними основами кількість допустимих чисел дорівнює $\prod_{j=1}^{\upsilon} w(h^{'})_i$. Отже, з урахуванням співвідношень для величин основ $w(h^{'})_i$, отримаємо наступні вирази для визначення кількості $V_\upsilon^{(h)}$ допустимих ПЧНСЕ:

$$V_\upsilon^{(h)} = \prod_{j=1}^{\upsilon} w(h^{'})_i = (h_{max} - h_{min} + 1)(w(h^{'})_i)^\upsilon. \tag{11}$$

Це забезпечує:

для компонент вектору $\hat{H}_\tau$ - незмінність основ;

сусідні компоненти вектору $\hat{H}_\tau$ мають різні значення.

Максимальна кількість $D_\tau^{\prime(h)}$ розрядів необхідна, на представлення вектору $\hat{H}_\tau$ значущих компонент обчислюється за формулою:

$$\begin{aligned} D_\tau^{\prime(h)} &= [\log_2 V_\upsilon^{\prime(h)}] + 1 = [\log_2 (h_{max} - h_{min} + 1)\, w(h^{'})^\upsilon] + 1 = \\ &= [\log_2 (h_{max} - h_{min} + 1) + (\upsilon)\log_2 w(h^{'})] + 1 \end{aligned} \tag{12}$$

де h_{min}, h_{max} - величина нижнього та верхнього рівня динамічного діапазону;

$w(h^{'})^\upsilon$ - динамічний діапазон

υ - кількість компонент у векторі $\hat{H}_\tau$.

Звідки середня кількість $D_\tau^{\prime(h)}$ двійкових розрядів, необхідних на відображення однієї компоненти вектору $\hat{H}_\tau$, дорівнюватиме:

$$\overline{D}_\tau^{\prime(h)} = \frac{[\log_2 (y_{max} - y_{min} + 1) + (\upsilon)\log_2 w(h^{'})] + 1}{\upsilon} \tag{13}$$

Тоді мінімальна кількість $\bar{S}_{min}^{(h)}$ надмірності у разі представлення компоненти сегменту блоку після ДКП як елементу позиційного числа з нерівними сусідніми елементами оцінюється по формулі:

$$\bar{S}_{min}^{(h)} = \frac{8-\overline{D'}_{\tau}^{(h)}}{8} \times 100\% = (1-[\frac{\log_2(h_{max}-h_{min}+1)}{8(\upsilon)}+\frac{\log_2 w(h')}{8(\upsilon)}])100\% \qquad (14)$$

Оскільки виконується нерівність:

$$\log_2(h_{max}-h_{min}) \le 8 \qquad (15)$$

тоді мінімальна кількість надмірності $\bar{S}_{min}^{(h)}$ буде відмінною від нульового рівня, тобто $\bar{S}_{min}^{(h)} > 0\%$.

Таким чином, в результаті представлення вектору значущих компонент позиційним числом з нерівними сусідніми елементами досягається скорочення надмірності відносно випадку обробки окремих компонент. Зниження надмірності досягається в результаті обліку структурно-комбінаторних закономірностей у векторі значущих компонент, які проявляються в тому, що, :

для вектору $\hat{H}_{\tau}$ проявляється обмеженість динамічного діапазону як знизу, так і згори;

виконується обмеження на нерівність між сусідніми компонентами [8].

Позиційне кодування значущих компонент сегменту відеокадру.

Позиційне число з нерівними сусідніми елементами (ПЧНСЕ) утворюється на основі вектору значущих компонент.

Формування кодового опису пропонується здійснювати на базі побудови кодових конструкцій для позиційних чисел. Виведення виразу для кодування ПЧНСЕ здійснюється у два етапи:

1) перший етап полягає у визначенні значення коду вектору, враховуючи обмеженість динамічного діапазону сегменту відеокадру;

2) на другому етапі виводяться вираження для отримання коду позиційного числа з урахуванням обмеження на рівність сусідніх компонент вектору $\hat{H}_{\tau}$.

Тут величина $\Delta V(h')_i$ визначається як кількість допустимих послідовностей передуючих вектору $\Delta H(\tau - i)$. Величина $\Delta V(h')_i$ обчислюється за наступною формулою [6]:

$$\Delta V(h')_i = \begin{cases} h'_i(w(h')-1)^{(\upsilon-i)} - \Delta V(h'_i = h'_{i-1}), \\ \to h'_{i-1} < h'_i; \\ h'_i(w(h')-1)^{(\upsilon-i)}, \\ \to h'_{i-1} > h'_i \end{cases} \qquad (16)$$

де $h'_i(w(h')-1)^{(\upsilon-i)}$ - сумарна кількість послідовностей (завдовжки рівною γ_i), для усіх елементів яких, окрім i-го, виконуються обмеження на динамічний діапазон і на нерівність сусідніх елементів; $\Delta V(h''_i = h'_{i-1})$ визначає кількість заборонених послідовностей, складених з елементів, передуючих кодованій послідовності $\Delta H(\upsilon - i)$.

Введемо допоміжну величину ω_i, яка дорівнює:

$$\omega_i = \begin{cases} h'_i, & \rightarrow h'_i < h'_{i-1}; \\ h'_i - 1, & \rightarrow h'_i > h'_{i-1}. \end{cases} \quad (17)$$

Внаслідок чого співвідношення для коду $F(h')_u$ вектору значущих компонент сегменту відеокадру набере вигляду:

$$F(h')_u = \sum_{i=1}^{\upsilon} \omega_i \, (w(h') - 1)^{(\upsilon - i)} . \quad (18)$$

По умові кодування значущих компонент для першої компоненти повинні виконуватися дві умови:

на значення компонент, передуючих елементу h'_1 , не накладаються обмеження відносно нульового елементу, тобто не повинна виконуватися нерівність;

забезпечуватися виконання нерівності $h'_0 = w(h') > h'_1$.

Тому для компоненти h'_1 в якості передуючої h'_0 вибирається значення $w(h')$, рівне динамічному діапазону вектору $\hat{H}_\tau$, тобто:

$$h'_0 = w(h'). \quad (19)$$

Таким чином, співвідношення (17) - (19) дозволяють визначити значення коду для вектору значущих компонент сегменту відеокадру, що є позиційним числом з нерівними сусідніми елементами.

Як приклад, розглянемо одновимірний вектор $H_\tau^{(1)}$:

$$H_\tau^{(1)} = [-7\,-4\,6\,-5\,-4\,-6\,3\,-4\,5\,-4\,1\,1\,5\,0\,0\,0\,-2\,1\,0\,0\,0\,-2\,-1\,КС\,]$$

де КС - кінець сегменту відеокадру.

З компонент вектору $H_\tau^{(1)}$, формуємо числові пари, тобто:

(7;0)(4;0)(6;0)(5;0)(4;0)(6;0)(3;0)(4;0)(5;0)(4;0)(1;2)(5;0)(0;3)(2;0)(1;0)(0;3)(2;0)(1;0)

Потім, виділяємо значущі компоненти, тим самим формуючи вектор значущих компонент :

$$\hat{H}_\tau = \{\, 7,\, 4,\, 6,\, 5,\, 4,\, 6,\, 3,\, 4,\, 5,\, 4,\, 1,\, 5,\, 0,\, 2,\, 1,\, 0,\, 2,\, 1 \,\}$$

Визначимо динамічний діапазон $w(h)$ вектору $\hat{H}_\tau$, який дорівнює, :

$$h_0 = w(h) = 8.$$

Етап 1. Виконується нерівність $h_0 = w(h) = 8 > h'_1 = 7$. Значить $\omega = 7$, а величина вагового коефіцієнта h'_1 дорівнює:

$$w(h)-1^{(\upsilon-1)}=8-1^{(18-1)}=7^{17}=2^{48}$$

Етап 2. Виконується нерівність $h_1^{'}=7>h_2^{'}=4$. Звідки $\omega=4$, а величина вагового коефіцієнта $h_2^{'}$ дорівнює:

$$w(h)-1^{(\upsilon-1)}=8-1^{(18-2)}=7^{16}=2^{45}$$

Етап 3. Виконується нерівність $h_2^{'}=4<h_3^{'}=6$. Тому $\omega=6-1=5$, а величина вагового коефіцієнта $h_3^{'}$ дорівнює:

$$w(h)-1^{(\upsilon-3)}=8-1^{(18-3)}=7^{15}=2^{43}.$$

Етап 4. Виконується нерівність $h_{15}^{'}=1<h_{16}^{'}=0$. Значить $\omega=0$, а величина вагового коефіцієнта h_{16} дорівнює:

$$w(h)-1^{(\upsilon-16)}=8-1^{(18-16)}=7^{2}=2^{4}.$$

Етап 5. Виконується нерівність $h_{16}^{'}=0>h_{17}^{'}=2$. Відповідно $\omega=2-1=1$, а величина вагового коефіцієнта h_{17} дорівнює:

$$w(h)-1^{(\upsilon-1)}=8-1^{(18-17)}=6^{1}=2^{3}.$$

Етап 6. Виконується нерівність $h_{17}^{'}=2<h_{18}^{'}=1$. Звідки $\omega=1-1=0$, а величина вагового коефіцієнта h_{18} дорівнює:

$$w(h)-1^{(\upsilon-1)}=8-1^{(18-18)}=6^{0}=2^{0}.$$

$$F(h^{'})_u=7\times7^{17}+4\times7^{16}+5\times6^{15}+,...,+0\times7^{2}+1\times7^{1}+0\times7^{0}=2^{48}$$

На представлення числа $F(h^{'})_u$ необхідно виділити 48 розрядів тобто 2^{48}.

У цьому випадку в результаті виключення послідовностей, що містять рівні сусідні компоненти, досягається усунення структурної надмірності без внесення спотворень.

Висновки. Обґрунтовано підхід для побудови технології компресії відеокадрів з використанням попереднього перетворення (трансформування), що базується на:

а) формуванні двох складових трансформанти, а саме: вектора значущих і масштабуючих компонент, що в свою чергу дозволяє:

по-перше, адаптуватися до структури трансформанти, враховуючи різну концентрацію високочастотних компонент у сегменті зображення та різний рівень фактору квантування;

по-друге, виявляти додаткові структурні закономірності в трансформанті сегментированного зображення.

по-третє, опис вектора значущих компонент трансформанти у вигляді елементів позиційних чисел з нерівними сусідніми елементами, що дозволяє адаптуватися до властивостей лініарізірованих трансформант за рахунок обліку: нерівності значень сусідніх компонент; обмеженості динамічного діапазону компонент трансформанти.

Таким чином, для запропонованого методу стиску, заснованого на обробці компонентної структури трансформанти, досягається зниження обсягів відеоданих та забезпечується підвищення продуктивності функціонування інфокомунікаційних бортових систем із заданою якістю достовірності.

Список використаних джерел

1. Гонсалес Р. Цифрова обрабка зображень/Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Методи та засоби формування й обробки видових зображень у системі повітряної розвідки: навч. посіб./Ю.В. Стасєв, В.В. Бараннік, Б.М. Іващук та ін. – Х.: ХУПС, 2012. – 452 с
3. Обґрунтування напрямку підвищення оперативності доставки інформації у автоматизованих системах обробки розвідувальних даних / В.В. Бараннік, О.П. Давикоза, О.П. Мусієнко, Д.А. Тарасенко / Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил, 2017, 4(53)
4. Метод кодування трансформованих зображень для підвищення продуктивності телекомунікаційних систем / Кривонос В.М. / Автореферат / Національний університет «Львівська політехніка» – Львів 2014.
5. Метод підвищення продуктивності інфокомунікаційних систем на основі трансформування та кодування відеоданих / Наукоємні технології в інфокомунікаціях: обробка інформації, кібербезпека, інформаційна боротьба: колективна монографія / під редакцією В.В. Баранника, В.М. Безрука. – Х.: ТОВ «Видавництво «Лідер»», 2017. – 600 с. (с. 161-177.)
6. Баранник В.В. Кодирование значимых компонент трансформант / В.В. Баранник, В.Н. Кривонос, А.В Хаханова // Радиоэлектроника и информатика. – 2012. – № 2 (57). – С. 32-35.
7. Кривонос В.Н. Метод компактного представления вектора масштабирующих компонент трансформант/ В.Н. Кривонос, Н.К. Гулак, М.В. Думанский. // Сучасна спеціальна техніка – 2012. – № 3(30) – С. 28 – 33.
8. Баранник В.В. Структурная модель информативности значимых компонент трансформант / В.В. Баранник, В.Н. Кривонос, А.В. Хаханова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2013. – №2(99) – С. 26-29.
9. Wallace G.K. Overview of the JPEG (ISO/CCITT) Still image compression: image processing algorithms and techniques / G.K. Wallace // Processing of the SPIE. – 1990. – Vol. 1244. – P. 220-233.
10. Wallace G.K. The JPEG Still Picture Compression Standard // Communication in ACM. – 1991. – Vol.34, №4. – P.31-34.

Козлов Вадим Геннадійович *(канд. техн. наук)*[1]
Зірка Андрій Леонідович *(канд. техн. наук)*[2]

[1]*Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ*
[2]*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ*

ДО ПИТАННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ В УМОВАХ ЗАВАДОВОЇ ОБСТАНОВКИ

У статі проведено аналіз технічних характеристик радіоканалів управління та передачі даних безпілотних авіаційних комплексів, які застосовуються підрозділами Збройних Сил України, а також аналіз технічних характеристик сучасних засобів радіоелектронної боротьби передових країн світу.

За результатами роботи сформовані пропозиції щодо основних шляхів підвищення завадозахищеності та зменшення впливу засобів радіоелектронного подавлення на радіоканали зв'язку безпілотних літальних апаратів.

Ключові слова: *радіоканал управління та передачі даних, завадозахищеність, радіоелектронна боротьба, радіоелектронне подавлення, безпілотний літальний апарат.*

Постановка проблем та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. В ході проведення антитерористичної операції (АТО) та операції об'єднаних сил (ООС) на сході України високу ефективність при виявленні військових угруповань та об'єктів противника продемонстрували безпілотні авіаційні комплекси (БпАК).

Для унеможливлення ведення повітряної розвідки противником активно застосовуються комплекси мір, з метою порушення ефективної роботи радіоканалів управління та передачі даних БпАК, для цього застосовується широкий спектр засобів радіотехнічної розвідки (РТР), а також засоів радіоелектронної боротьби (РЕБ).

Так за досвідом ведення бойових дій констатовано та підтверджено даними аеророзвідки факту застосування противником різноманітних засобів РЕБ та РТР, наприклад: Р-330 Житель; *Р-934Б*; *РБ*-636 «Свет-КУ»; «Шиповнік Аеро».

Дані засоби здатні порушити ведення повітряної розвідки, як наслідок спостерігається відсутність радіозв'язку в каналах управління та передачі інформації між безпілотним літальним апаратом (БпЛА) та наземним пунктом управління (НПУ), придушення GPS сигналів. Це все призводить до зриву польотного завдання, не своєчасного отримання розвідувальної інформації, або взагалі до втрати БпЛА.

Враховуючи зазначене, з метою запобігання втрат БпЛА, або зменшення негативного впливу на їх роботу засобів РЕБ противника виникає необхідність з впровадження комплексу заходів, як інструментально-технічного, шляхом підвищення завадозахищеності радіоканалів управління та передачі даних, так і організаційно-тактичного характеру при розробці та експлуатації БпАК, що є актуальною проблемою.

Метою статті є формування практичних рекомендацій щодо можливих шляхів підвищення завадозахищеності радіоканалів управління та передачі даних БпАК з метою зменшення впливу засобів радіоелектронного подавлення (РЕП) противника на підставі проведеного аналізу тактико-технічних характеристик (ТТХ) існуючих засобів РЕБ розробки та виробництва Російської федерації (РФ), оскільки саме їх присутність зафіксована в зоні ведення бойових дій на сході України, а також враховуючи достатньо динамічний розвиток засобів РЕБ останнім часом у РФ.

Викладення основного матеріалу дослідження. Насамперед, необхідно проаналізувати ТТХ існуючих каналів управління та передачі даних БпАК, що використовуються у ЗС України.

Більшість БпАК які на теперішній час прийняті на постачання Збройних Сил

України являють собою програмно-апаратні комплекси, автономного дистанційного-керування, які призначені для вирішення завдань з аеророзвідки, патрулювання, картографування місцевості із можливістю передачі відеоінформації та отримання точних географічних координат у режимі реального часу.

У комплексах реалізовані концепції автоматизованого керування на протязі усього польотного часу, режими комбінованого керування з частковим втручанням оператора.

Аналіз відкритих вітчизняних і зарубіжних джерел вказує, що в командно-телеметричних радіолініях управління сучасних БпЛА (командно-телеметричних радіолініях і радіолініях передачі даних корисного навантаження) використовуються наступні діапазони радіохвиль:

VHF – діапазон: 112,7 – 117,9 МГц;118 – 136 МГц;
UHF –діапазон: 225 – 400 МГц; 400 – 470 МГц;
L – діапазон: 1625 – 1850 МГц;
S –діапазон: 2300 – 2500 МГц;
C – діапазон:
нижній під діапазон: 4400 – 4950 МГц;
верхній під діапазон: 5250 – 5850 МГц;
X – діапазон:
нижній під діапазон: 9750 – 9950 МГц;
верхній під діапазон: 10150 – 10425 МГц;
Ku – діапазон:
нижній під діапазон: 14400 – 14830 МГц;
верхній під діапазон: 15150 – 15350 МГц.

У відповідності зі стандартами НАТО STANAG 4660 найбільш перспективними для використання в командно-телеметричних радіолініях управління БпАК є нижній С-діапазон 4400 – 4950 МГц і UHF - діапазон. Ці діапазони можуть використовуватися як для висхідних так і для низхідних каналів управління. Крім цього, цей діапазон є менш завантаженим по відношенню до часто використовуваних UHF, L і S – діапазонах [1].

Переваги С-діапазону по відношенню до UHF, L і S - діапазонами є можливість використання менш габаритних антен в наземних станціях і бортової апаратури радіоліній передачі даних. По відношенню до використання більш високих частот (X- і Ku - діапазони) в С-діапазоні вплив опадів в тропосфері на загасання радіохвиль менш істотно, також значно менше загасання радіохвиль в спокійній тропосфері.

При використанні X- і Ku - діапазонів стає проблематичним реалізація бортових все направлених антени з високим коефіцієнтом ізотропності.

Відповідно до STANAG 7085 для управління корисним навантаженням БпЛА і для передачі даних корисного навантаження БпЛА на НСУ використовується Ku - діапазон радіохвиль.

В таблиці 1 представлені (у відсотковому співвідношенні) використані діапазони частот радіоліній БпЛА класу: поля бою, тактичних та оперативно-тактичних, які знаходяться на озброєнні в передових країнах світу. Наведені результати в таблиці 1 отримані шляхом їх аналізу [1].

Таблиця 1. – Розподіл використання діапазонів частот (у відсотковому співвідношенні) в каналах зв'язку БпЛА в передових країнах світу

Uplink лінія «вверх»	Downlink лінія «вниз»
VHF 13 %	VHF0 %
UHF 32 %	UHF 17 %
L-band 6 %	L-band 19 %
S-band 11 %	S-band 13 %
C-band 21 %	C-band 23 %

Uplink лінія «вверх»	Downlink лінія «вниз»
Ku-band 17 %	Ku-band 28 %

У таблиці 2 наведені відповідні БпАК та діапазони їх функціонування каналів зв'язку, а також наведено діапазони частот, які плануються використовуватися в майбутньому в каналах зв'язку на відповідних БпАК.

Аналіз таблиці 2 вказує, що найбільш часто в радіолініях сучасних БпЛА використовуються Ku, C, UHF діапазони, а також L і S діапазони радіохвиль.

Таблиця 2. – Діапазони частот застосовні в каналах зв'язку БпАК передових країн світу

Назва комплексу	Діапазон частот що використовується	Діапазон частот, який буде використовуватися в майбутньому
HUNTER	C	C/Ku
I-GNAT	C	Ku
Shadow	UHF/S/C	C/Ku
Five Scout	UHF/Ku	Ku
USMC	UHF/C	C/Ku
Global Hawk	X	Ku
Predator	C	Ku
Predator B	C	Ku
DARPA	UHF	Ku
A–160	UHF/Ku	Ku

В таблиці 3 приведені частотні діапазони каналів управління та передачі даних деяких БпАК що прийняті на постачання Збройних Сил України [1].

Таблиця 3. – Характеристики каналів управління та передачі даних БпАК, які знаходяться на постачанні в Збройних Силах України

№	БпАК	Канал управління	Канал передачі даних	Методи підвищення перешкодозахищеності каналу зв'язку.
1.	А1-С "Фурія"	433 МГц 900 МГц	1,2 ГГц	ППРЧ (407-470)
2.	Мара-2М	433 МГц	2.4 ГГц	ППРЧ
3.	Fly Eye	4.4 ГГц (двосторонній канал)		---
4.	Лелека-100	2.4 ГГц 916МГц	1.2 ГГц	ППРЧ
5.	Spektator M1	433 МГц 915 МГц	915 МГц	-
6.	PD-1	310 – 390 МГц	550 – 600 МГц	
7.	ACS-3	915 – 928 МГц	1,25 ГГц	

Відповідно до таблиці 3 можливо зробити висновки, що БпЛА які знаходяться на постачанні в Збройних Силах України використовують діапазони частот UHF; L;C– діапазонів.

Також необхідно відмітити, що з метою захисту від впливу активних та пасивних завад в БпАК передових країн світу в каналах зв'язку широко використовуються методи розширення спектру, відповідні методи канального кодування, використання багатоканальних MIMO-технологій та інше.

З аналізу інформаційних джерел в зоні проведення операцій об'єднаних сил РФ приділяє значну увагу щодо оснащення своїх військ широкою номенклатурою засобів РЕБ [1].

Аналіз заходів щодо створення і постачання систем та комплексів РЕБ свідчать про наступні пріоритетні напрями їх розвитку:

посилення можливостей РЕБ наземного базування для придушення засобів зв'язку, радіолокаційних станцій (РЛС) повітряних цілей (літаки, вертольоти, БпЛА, крилаті ракети) та систем супутникової навігації;

створення багатофункціональних комплексів РЕБ з метою скорочення кількості їх типажу та розширення номенклатури об'єктів радіоелектронного впливу;

розгортання керованих полів радіоелектронного придушення на власній території для захисту особливо важливих державних і військових об'єктів від високоточної зброї противника;

розширення можливостей підсистеми РЕБ повітряного базування, у тому числі за рахунок розміщення її окремих елементів на безпілотних авіаційних комплексах (далі – БпЛА).

До типових сучасних комплексів РЕБ можливо віднести такі, див. таблиця 4:

Комплекс Р-330М1П "Диабазол" який призначений для радіорозвідки та радіоелектронного придушення рухомої УКХ, сотового, транкового та супутникового зв'язку.

Комплекс "Инфауна" який призначена для захисту колон на марші, особового складу від різноманітних видів радіокерованих мін, пошуку та придушення оптичних та електронних засобів розвідки противника, забезпечує придушення радіотехнічних систем зв'язку.

Комплекс "Леер-2" який призначений для радіорозвідки джерел радіовипромінення, постановки завад та радіоелектронне придушення радіоелектронних засобів (РЕЗ) противника, систем мобільного зв'язку.

Комплекс "Леер-3" який призначений для придушення мереж зв'язку стандарту GSM-900/1800, мобільного зв'язку. Імітація роботи базової станції сотового зв'язку в діапазонах GSM 900, 1800, 2000, 2500 з метою відправки хибних повідомлень.

Виявлення абонентських точок (мобільні телефони, планшет та інші комплекси зв'язку).

Ведення розвідки шляхом визначення точок випромінення апаратів в мережах GSM.

Нанесення місцезнаходження абонентських точок на цифрову карту.

Передача координат місць знаходжень абонентських точок артилерійським розрахункам для нанесення вогневого удару.

Комплекс "Красуха-2"який призначений для створення перешкод бортовим РЛС літаків дальнього радіолокаційного виявлення типу AWACS противника.

Комплекс "Красуха-4" який призначений для придушення РЛС повітряного базування (бортових РЛС, висотомірів, радіолокаційних головок самонаведення) противника. За наявними даними, комплекси РЕБ "Красуха-4" спроможні ефективно подавляти бортові радіолокаційні станції розвідувальних літаків Е-8 "JointStar", БпЛА "GlobalHawk", "Predator" та "Reaper".

Комплекс АСП Р-ЗЗОЖ "Житель" який призначений для ведення радіорозвідки та придушення радіозв'язку в діапазонах: 800…960; 1227,6; 1575,42; 1500…1700 та 1700…1900 МГц, подавляти сигнали навігаційної супутникової системи "NAVSTAR" (GPS) з повітряних засобів на відстані до 50 км, з наземних засобах - до 25 км.

Коплекс "Поле-21" який призначений для прикриття важливих державних та військових об'єктів від високоточної зброї. Спроможний придушувати в окремому районі місцевості сигнали навігаційних супутникових систем GPS (США), "Galileo" (ЄС) та "Beidou" (КНР), що значно ускладнює застосування противником крилатих ракет, керованих бомб і безпілотних літальних апаратів.

Таблиця 4. – Основні характеристики засобів РЕБ

№ з/п	Назва комплексу	Діапазон частот	Потужність (види перешкод)	Дальність дії км
1	“Мурманск-БН”	КХ діапазон 3-30МГц	400 КВт	до 5000
2	“Борисоглебск-2”	КХ- (1,5-30 МГц, до 30 скачків/с) УКХ- (30-100 МГц, до 300 скачків/с)	---	---
3	Р-330М1П “Дибазол”	100…965; 1227,6; 1575,42; 1500…1700 та 1700…1900 МГц	Алтаець-АМ – 200 Вт, АСП-934УМ – 1000 Вт, АСП Р-330Ж– 2000 Вт.	---
4	“Инфауна”	КХ і УКХ	---	---
5	“Леер-2”	КХ і УКХ 30-2700 МГц	до 200 Вт	---
6	“Леер-3”	від 900 до 2500 МГц.	10 Вт	до 6 км
7	“Красуха-2”	2860-3540 МГц,	---	до 80 км.
8	“Красуха-4”	8000-15000 МГц	---	300 км.
9	Р-330Ж “Житель”	діапазон радіорозвідки – 100…2000 МГц; діапазон РЕБ – 800…960; 1227,6; 1575,42; 1500…1700 та 1700…1900 МГц.		на повітряних засобах: - до 50 км; на наземних засобах - до 25 км.
10	“Поле-21”	GPS (США): 1575,42 та 1224,60 МГц. “Beidou” (КНР): 1559,052-1591,788 МГц “Galileo” (ЄС): E1 - 1575.42 МГц, E5a - 1176.45 МГц, E5b - 1207.14 МГц, Alt-BOC - 1191.795 МГц	від 300 Вт до 1 кВт.	не менш 25 км
11	“Шиповник-Аэро”	обладнання радіомоніторингу: від 25 до 2500 МГц; обладнання комплексу радіоелектронного придушення передавачів, каналів управління літальних апаратів в діапазонах 25-100/400-500/800-925/2400-2485 МГц	Шумова перешкода	Дальність зв’язку з використанням радіостанції Р-168-25У-2, км., не більше 20 Дальність зв’язку з використанням радіостанції Р-169 П-1,01, км., не більш 5
12	“Реппелент-1”	Діапазон робочих частот в режимі виявлення, панорамного пеленгування та постановки перешкод, МГц от 200 до 6000	від 500 до 1000 Шумова перешкода	Дальність виявлення сигналів управління наземного пункту складає до 10 км, а дальність придушення сигналів передачі даних і телеметрії БпЛА – до 30 км.

Комплекс РЕБ “Шиповник-Аэро” який призначений для виявляння та придушення сигналів управління БпЛА на дальності до 10 км, а також блокування навігаційної апаратури на борту БпЛА, що призводить до втрати керування та припинення польоту цих апаратів. Також передбачена можливість внесення корекції у сигнали управління БпЛА з метою взяття їх під свій контроль.

Комплекс “Репеллент-1” спроможній виявляти БпЛА за сигналами каналів передачі даних і телеметрії, а пункт управління БпЛА - по каналу управління. Після виявлення апарат ідентифікується за параметрами сигналів, які він випромінює, та визначає його місцезнаходження (азимут). У комплексі передбачена можливість оперативної передачі інформації про місцезнаходження пункту управління БпЛА на вогневі засоби для його подальшого ураження.

За результатами проведеного аналізу можливо зробити висновок, що засоби РЕБ противника охоплюють широкий спектр частот, а саме діапазони: VHF; UHF;L; S; C; X; Ku, що фактично при інтенсивному застосуванні даних засобів РЕБ унеможливлює безперешкодне використання засобів повітряної розвідки.

До найбільш небезпечних комплексів РЕБ для БпЛА можна віднести: “Репеллент-1”; “Шиповник-Аэро”, АСП Р-ЗЗОЖ “Житель”, “Красуха-4” (для оперативних та оперативно-тактичних БпАК класу 2), “Красуха-2”.

Враховуючи проведений аналіз засобів РЕБ противника необхідно відмітити, що всі БпАК, як вітчизняного так і зарубіжного виробництва працюють в діапазонах частот які підпадають під впливи сучасних засобів РЕБ РФ рисунок 1, 2.

Таке положення призводить до вразливості каналів управління та передачі даних БпАК що обумовлює ризики втрати БпЛА та не виконання поставленого завдання з проведення повітряної розвідки.

Для відпрацювання рекомендацій щодо раціональних дій в умовах протидії РЕП одним із шляхів рішень використання основних положень теорії ігор.

Рис.1 Діапазони частот каналів зв’язку БпАК

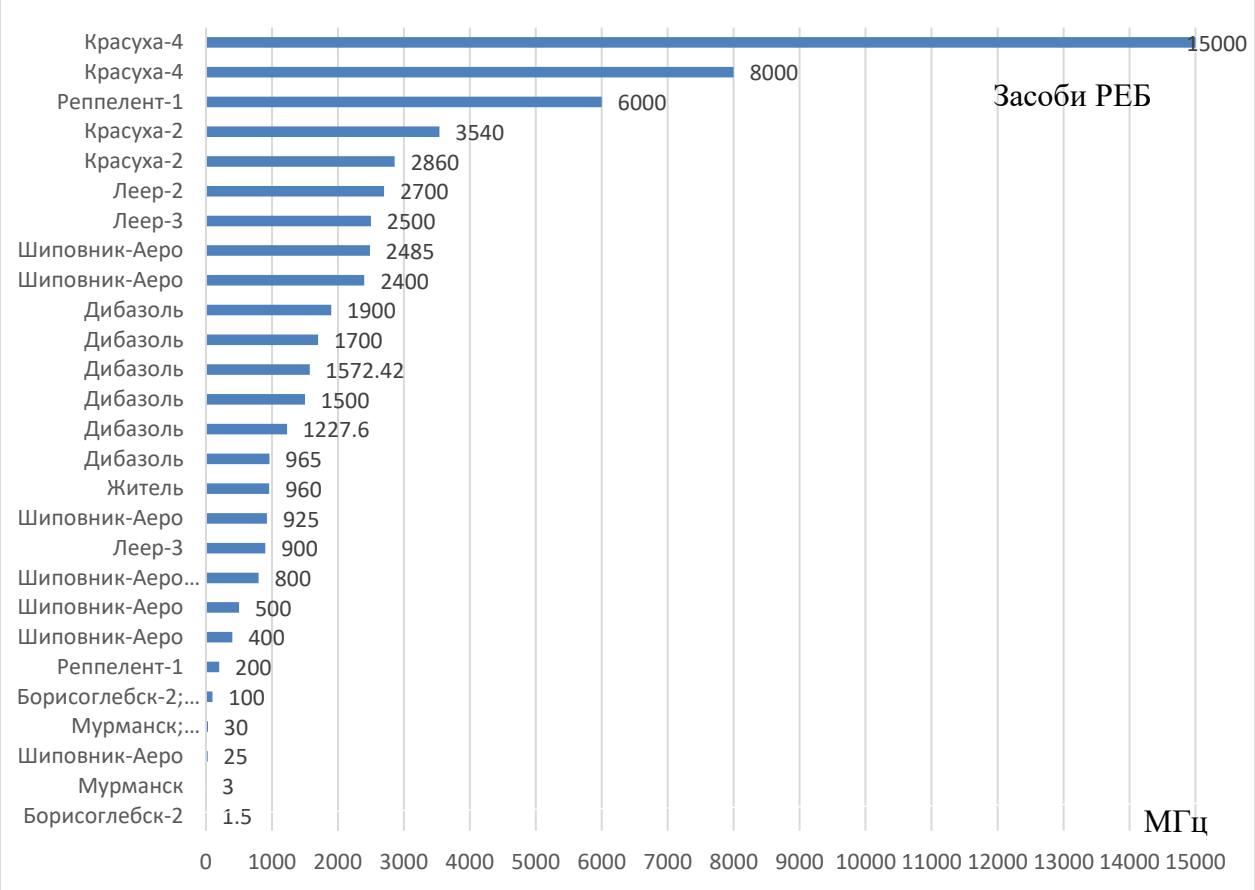


Рис.2 Діапазони частот засобів РЕБ

Використовуючи принцип стратегії мінімакса необхідно обрати між конфліктуючими сторонами відповідні параметри та характер дії (вибір стратегії прийняття рішення). В цьому разі модель конфліктної ситуації "каналом радіозв'язку – комплексом РЕБ" представляється у наступному вигляді [2,3]:

- зі сторони системи РЕБ:

$$\min_{\alpha_{\text{СКЗ}}} P_E(\alpha^*_{\text{СП}}, \alpha_{\text{СКЗ}}) = P_E[\alpha^*_{\text{СП}}, \alpha^*_{\text{СКЗ}}(\alpha^*_{\text{СП}})] = \max_{\alpha_{\text{СП}}} \min_{\alpha_{\text{СКЗ}}} P_E(\alpha_{\text{СП}}, \alpha_{\text{СКЗ}}) \quad 1$$

- зі сторони системи каналу зв'язку:

$$\min_{\alpha_{\text{СКЗ}}} P_E(\alpha_{\text{СП}}, \alpha^*_{\text{СКЗ}}) = P_E[\alpha^*_{\text{СП}}(\alpha^*_{\text{СКЗ}}), (\alpha^*_{\text{СКЗ}})] = \min_{\alpha_{\text{СКЗ}}} \max_{\alpha_{\text{СП}}} P_E(\alpha_{\text{СП}}, \alpha_{\text{СКЗ}}) \quad 2$$

де $\alpha_{\text{СП}}, \alpha_{\text{СКЗ}}$ – стратегії системи каналу зв'язку (СКЗ) та системи РЕБ; $\alpha^*_{\text{СП}}(\alpha^*_{\text{СКЗ}}), \alpha^*_{\text{СКЗ}}(\alpha^*_{\text{СП}})$ - найкращі стратегії системи РЕБ та СКЗ при умові, що стратегії одній сторони про іншу відомі; $\alpha^*_{\text{СП}}$ - стратегія системи РЕБ, що максимізує P_c на біт P_E; $\alpha^*_{\text{СКЗ}}$ - стратегія СКЗ, що максимізує СЙП на біт P_E.

Сформований максиміний критерій відповідно до виразу (1) визначає нижню межу значень $P_E[\alpha^*_{\text{СП}}(\alpha^*_{\text{СКЗ}}), (\alpha^*_{\text{СКЗ}})]$ тобто гарантований для системи РЕБ верхній рівень ефективності її дії, а мінімаксний підхід відповідно до виразу (2) визначає за методом Крамера-Рао верхню межу значень $P_E[\alpha^*_{\text{СП}}, \alpha^*_{\text{СКЗ}}(\alpha^*_{\text{СП}})]$ тобто гарантований для каналу радіозв'язку нижню граничну межу значень ефективності своєї дії [2-6].

Припустимо, що комплексу РЕБ стала відома стратегія $\alpha_{\text{СКЗ}}$ каналу радіозв'язку, тоді комплекс РЕБ завжди гарантує отримання виграшу:

$$\max_{\alpha_{\text{КРЕБ}}} \text{P}_\text{E}(\alpha^*_{\text{СКЗ}}, \alpha_{\text{КРЕБ}}) = P_{E_1}(\alpha^*_{\text{СКЗ}}) \quad (3)$$

Знаючи стратегію каналу радіозв'язку, комплекс РЕБ може вибрати свою стратегію $\alpha_{\text{СКЗ}_0}$ за умови $P_{E_1}(\alpha^*_{\text{СКЗ}})$, тобто

$$P_{E1}(\alpha_{\text{СКЗ}_0}) = \min_{\alpha_{\text{СКЗ}}} \max_{\alpha_{\text{КРЕБ}}} P_E(\alpha_{\text{СКЗ}}, \alpha_{\text{КРЕБ}}) = \alpha^* \quad (4)$$

Нехай $\alpha_{\text{СКЗ}_0}$- стратегія каналу радіозв'язку, при якому досягається:

$$\min_{\alpha_{\text{СКЗ}}} \max_{\alpha_{\text{КРЕ}}} \text{P}_E(\alpha_{\text{СП}}, \alpha_{\text{КРЕ}}) = \max_{\alpha_{\text{КРЕ}}} \text{P}_E(\alpha_{\text{СП}}, \alpha_{\text{КРЕ}}) = \alpha^* \quad (5)$$

Тоді $\alpha_{\text{СКЗ}_0}$ називається мінімаксною стратегією каналу радіозв'язку, а α^*- верхні значення межі ефективності її дії [2-6].

Застосовуючи мінімаксний підхід в новій стратегії $\alpha_{\text{СКЗ}_0}$ каналу радіозв'язку, виграш стратегії комплексу РЕБ не перевищить величини α^*.

Дійсно для всіх значень, $\alpha_{\text{СП}} \in E$, справедлива нерівність:

$$\alpha^* = \max_{\alpha_{\text{КРЕ}}} \text{P}_E(\alpha_{\text{СП}}, \alpha_{\text{КРЕ}}) \geq P_E(\alpha_{\text{СКЗ}}, \alpha_{\text{КРЕБ}}) \quad (6)$$

що потребує детального вибору нових стратегій.

Формула (6) вказує, що виграш каналу радіозв'язку при використанні стратегії $\alpha_{\text{СКЗ}_0}$ не перевищує величини α^*. Тоді з метою забезпеченням виграшу $\alpha^{/}$ комплексу РЕБ необхідно знати вибір стратегії каналу радіозв'язку. В цьому випадку вибираючи стратегію $\alpha_{\text{КРЕБ}_0}$, за умови [2,3]

$\max_{\alpha_{\text{СП}}} \text{P}_E(\alpha_{\text{СКЗ}_0}, \alpha_{\text{КРЕБ}}) = P_E(\alpha_{\text{СКЗ}_0}, \alpha_{\text{КРЕБ}_0}) = \alpha^*$ отримується виграш α^*.

Але, вибираючи стратегію $\alpha_{\text{КРЕБ}_0}$ комплекс РЕБ не може гарантувати виграшу α^* при любій стратегії $\alpha^*_{\text{СКЗ}}$ каналу радіозв'язку, оскільки в ситуації $(\alpha^*_{\text{СКЗ}}, \alpha_{\text{КРЕБ}_0})$ може бути, що $P_E(\alpha^*_{\text{СКЗ}}, \alpha_{\text{КРЕБ}_0}) < P_E(\alpha_{\text{СКЗ}_0}, \alpha_{\text{КРЕБ}_0})$ [2-6].

Використовуючи основи положення ситуаційного моделювання "канал зв'язку – комплекс РЕБ" при паритетному співвідношенні каналу радіозв'язку БпЛА та КРЕБ найбільш повно може бути реалізованою на етапах розробки та проектуванні каналу радіозв'язку для БпЛА в частині синтезу завадозахищених алгоритмів прийому та обробки сигналів, а також при аналізі якості функціонування каналу радіозв'язку в умовах дії РЕБ, як приклад при оцінюванні мінімальної завадозахищеності каналу радіозв'язку БпЛА в умовах найбільших перешкод.

Висновки та перспективи подальших досліджень. 1. За результатам проведеного аналізу ТТХ сучасних засобів РЕБ, що плануються та перебувають на озброєнні РФ визначено, їх високий бойовий потенціал на перекриття великого діапазону частот та вирішення широкого колу завдань у тому числі створення перешкод або придушення каналів управління та передачі даних БпЛА.

2. Аналіз технічних характеристик каналів сучасних БпАК різних класів, у тому числі вітчизняних, що застосовуються у зоні проведення ООС демонструє їх уразливість до впливу сучасних засобів РЕБ, зокрема тих що на теперішній час застосовуються противником під час бойових дій на сході України.

3. Аналіз та розгляд напрямів підвищення стійкості та захищеності каналів радіозв'язку за рахунок підвищення їх технічних характеристик виявив ряд проблемних питань в їх реалізації, зокрема щодо переходу в інші діапазони частот.

В таких випадках саме комплексний підхід з наведених у статті інструментально-технічних та організаційно-технічних заходів може стати ефективною протидією впливу комплексів РЕБ на роботу каналів радіозв'язку та передачі даних БпАК.

Список використаних джерел

1. Технический проект на составную часть опытно-конструкторской работы «Модернізація літака Су-24МР» Шифр «Оновлення-24МР» за першим варіантом Пояснительная записка Книга 1 Разработка бортовой и наземной составляющих модернизированного широкополосного канала «Трасса», дочернее предприятие «Защита и автоматизация объектов НИИРИ» (ДП «ЗАО НИИРИ»),2018 – 360с.

2. Козлов В.Г. Метод визначення інформаційної надлишковості радіоканалу зв'язку/Войтенко В.Г. Козлов., В.І. Рудаков., С.Д. Войтенко.// Вісник Національного університету "Львівська Політехніка" №738 2012 ст. 129-136.
3. Петросян Л.А. Дифференциальные игры преследования// Л.А. Петросян/ Монография – Изд-во Ленинградского университета, 1977 ст. 224.
4. Ивахненко А.Г., Юрачковский Ю.П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным/А.Г. Ивахненко, Ю.П. Юрачковский//- М.. Радио и связь, 1987 – 120с.;
5. Тузов Г.И., Сивов В.А., Прытков В.И. Помехозащищенность радиосистем со сложными сигналами// Г.И. Тузов., В.А. Сивов., В.И. Прытков// - М.. Радио и связь, 1985. – 264 с.
6. Гришин Ю.П., Ипатов В.П., Казаринов Ю.М. Радиотехнические системы/ Ю.П. Гришин., В.П. Ипатов., Ю.М. Казаринов// М.. Высш. шк., 1990 - 496 с.

Коваленко Андрій Степанович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СКЛАДОВИХ ТАКТИЧНОГО БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ТА ЇХ ВПЛИВУ НА ІНТЕГРАЛЬНУ НАДІЙНІСТЬ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ В ЦІЛОМУ

У статті приведено склад та структуру тактичного безпілотного літального апарату, а також проведено оцінювання їх впливу на інтегральну надійність літального апарату в цілому. Завдяки використанню теорії марковських випадкових процесів об'єкт дослідження формалізовано представлено у вигляді структурно-автоматної моделі, що дало змогу автоматизовано вирішити задачу надійнісного проектування моделі тактичного безпілотного літального апарату через багатоваріантний аналіз.

Ключові слова: *складові тактичного безпілотного літального апарату, інтегральна надійність, показник*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Склад та структура тактичного безпілотного авіаційного комплексу поля бою (далі – БпАК) в основному визначається у ході обґрунтування оперативно-тактичних та тактико-технічних вимог до нього та проведенні його системотехнічного проектування.

Як правило, до складу БпАК входить (рис. 1) [1-3]:

від одного та більше безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА);

зовнішній екіпаж БпАК (розрахунок);

система управління комплексом;

інформаційно-комунікаційна система;

система візуалізації інформації;

система матеріально-технічного забезпечення життєвого циклу БпАК та інші компоненти.

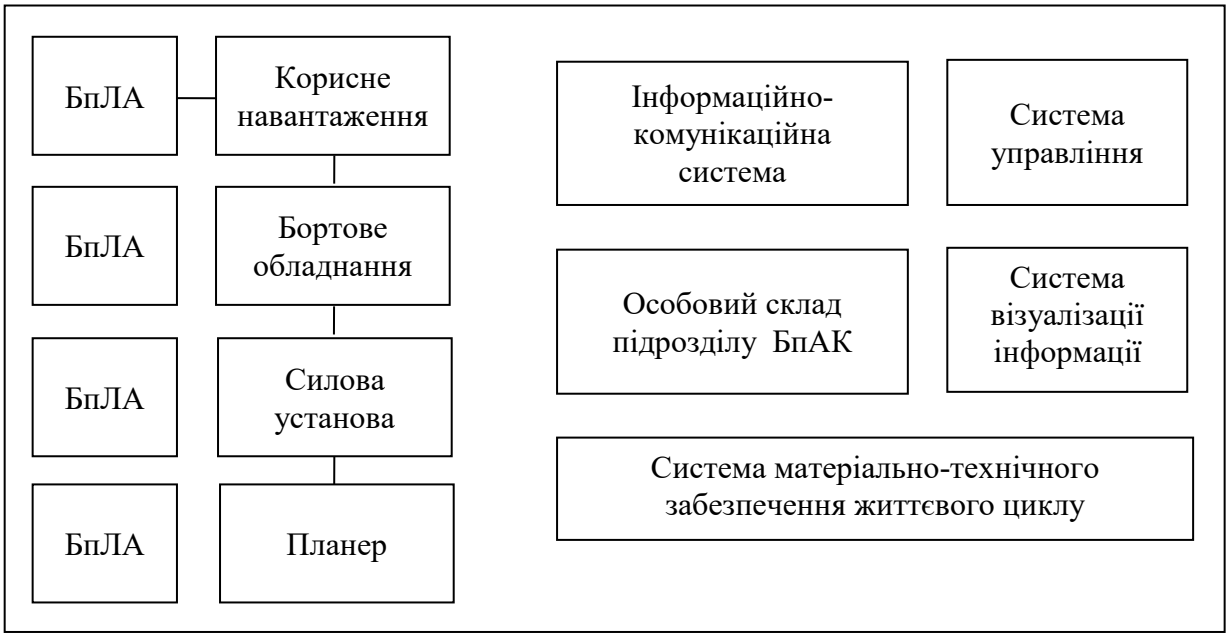


Рис. 1. Склад тактичного безпілотного авіаційного комплексу поля бою

Слід зазначити, що вирішення проблеми створення, виробництва або закупівлі БпАК та оснащення ними ЗС України потребує вивчення досвіду інших країн у вирішенні зазначеної проблеми, а також значних фінансових затрат і, головним чином, продуманої

та зваженої політики і планування, чіткого дотримання визначеної стратегії, об'єднання та координації зусиль всіх зацікавлених структурних підрозділів та організацій.

При розробці БпАК обов'язковим є розв'язання ряду задач надійнісного проектування, у т. ч. визначення вимог до надійності складових тактичного БпЛА, а також відпрацювання рекомендацій щодо доцільного вибору їх відмовостійких конфігурацій.

Беручи до уваги складність та обмежений час на виконання системотехнічного проектування, пропонується розробити надійнісну модель тактичного БпЛА із застосуванням технології аналітичного моделювання дискретно-неперервних стохастичних систем, яка забезпечує належний рівень адекватності аналітичної моделі об'єкта дослідження (далі – ОД). Зазначена технологія базується на теорії марковських випадкових процесів і передбачає формалізоване представлення ОД у вигляді структурно-автоматної моделі (далі – САМ), що дає змогу автоматизовано вирішувати задачі надійнісного проектування через багатоваріантний аналіз. Методика розроблення САМ передбачає виконання таких завдань [4, 5]:

а) створення вербального опису ОД;

б) визначення базових подій;

в) формування вектора стану та визначення його компонент;

г) визначення переліку параметрів ОД, які мають бути представлені в його моделі;

д) формування САМ у вигляді дерева правил модифікації компонент вектора стану.

Метою роботи є оцінювання показників надійності складових тактичного безпілотного літального апарату та визначення їх впливу на інтегральну надійність літального апарату в цілому.

Викладення основного матеріалу дослідження. Математичний апарат, розроблений у теорії ймовірностей для так званих марковських випадкових процесів, можна використовувати для розв'язання багатьох задач системотехнічного проектування складних технічних систем відповідального призначення (далі – ТСВП), коли об'єкт дослідження являє собою стохастичну систему [4].

Випадковий процес вважається марковським, якщо для кожного моменту часу t_0 ймовірність перебування у довільному з усіх можливих станів системи в майбутньому ($t>t_0$) залежить тільки від її стану в даний час ($t = t_0$) і не залежить від того, коли і яким чином система перейшла в цей стан (тобто як розвивався процес в минулому). У теорії марковських випадкових процесів розрізняють дискретні і дискретно-неперервні стохастичні системи. Дискретна стохастична система – це модель випадкового процесу з дискретними станами і дискретним часом. Таку модель також називають марковським ланцюгом. Розрізняють однорідні і неоднорідні марковські ланцюги.

Марковський ланцюг має такі способи представлення. Вважаємо, що стохастична система S має n можливих станів: S1, S2, … ,Sn. Позначаючи Pij ймовірність переходу системи S за один крок (фіксований часовий інтервал) із стану Si в стан Sj, формуємо матрицю перехідних ймовірностей:

$$\left\| P_{ij} \right\| = \begin{Vmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1j} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2j} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{i1} & P_{i2} & \dots & P_{ij} & \dots & P_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nj} & \dots & P_{nn} \end{Vmatrix} \quad (1)$$

Частина перехідних ймовірностей Pij у матриці (1) можуть дорівнювати нулю. Це означає, що за один крок перехід системи з і-го стану в j-й є неможливим. Сума перехідних ймовірностей кожного рядка матриці (1) повинна дорівнювати одиниці.

Марковський ланцюг вважається однорідним, якщо перехідні ймовірності залишаються постійними на кожному кроці.

Матрицю перехідних ймовірностей можна ілюструвати графом станів і переходів. Ймовірності P11, P22, …, Pnn на графі станів і переходів не подаються, оскільки кожна з них доповнює до одиниці суму перехідних ймовірностей, які відповідають всім стрілкам, що виходять з цього стану.

Значення ймовірностей перебування у станах, в яких опиниться стохастична система після k-го кроку, визначаються рекурентною формулою:

$$P_i(k) = \sum_{i=1}^{n} P_j(k-1)P_{ij} \qquad (2)$$

де i=1,2,…,n;

$P_J(k-1)$ – значення ймовірностей перебування в станах системи після (k – 1)-го кроку.

Якщо перехідні ймовірності Pij змінюються з часом, то марковський ланцюг вважається неоднорідним. Для такої стохастичної системи значення ймовірностей перебування в станах після k-го кроку визначаються формулою:

$$P_i(k) = \sum_{i=1}^{n} P_j(k-1)P^{(k)}{}_{ij} \qquad (3)$$

де i=1,2,…,n;

$P_{ij}^{(k)} = P\left(S_j^{(k)} | S_i^{(k-1)}\right)$ – ймовірність переходу системи на k-му кроці в стан Sj, за умови, що на (k – 1)-му кроці вона була в стані Si.

Дискретно-неперервна стохастична система є моделлю випадкового процесу з дискретними станами і неперервним часом. Таку модель іноді називають неперервним марковським ланцюгом. Наочне зображення дискретно-неперервного випадкового процесу зображено на рис. 2.

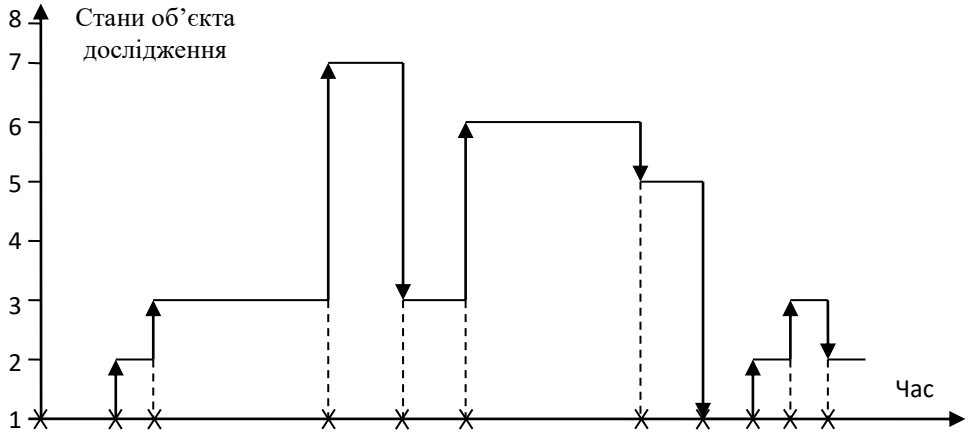


Рис. 2. Фрагмент дискретно-неперервного випадкового процесу

Оскільки в дискретно-неперервних стохастичних системах перехід із стану в стан відбувається в довільний момент часу, замість перехідних ймовірностей P_{ij} використовується щільність розподілу ймовірностей переходу λ_{ij}, яку можна подати наступним чином:

$$\lambda_{ij} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{P_{ij}(\Delta t)}{\Delta t}, \tag{4}$$

де $P_{ij}(\Delta t)$ – ймовірність того, що стохастична система за час Δt перейде в стан Sj, якщо в момент часу t вона була в стані Si.

Якщо всі щільності розподілу ймовірностей переходу λij не залежать від t, марковський процес називається однорідним. І якщо ці щільності є функціями від часу λij(t) – процес називається неоднорідним.

Значення ймовірностей перебування в станах визначаються інтегруванням системи диференціальних рівнянь, які називаються рівняннями Колмогорова-Чепмена. Формування системи диференціальних рівнянь Колмогорова-Чепмена здійснюється за такою методикою:

1) спочатку необхідно скласти для об'єкта дослідження модель-посередник у вигляді графа станів і переходів;

2) для кожного стану записати рівняння, керуючись при цьому таким правилом: у лівій частині кожного рівняння стоїть похідна ймовірності перебування в стані, а права частина має стільки членів, скільки переходів пов'язано з цим станом. Якщо перехід здійснюється із стану, що розглядається, відповідний член має знак "мінус", якщо перехід здійснюється в цей стан – знак "плюс". Кожний член рівняння дорівнює добутку щільності розподілу ймовірностей переходу на ймовірність перебування системи в тому стані, з якого цей перехід починається;

3) початкові умови для розв'язання сформованої системи рівнянь визначаються тим, з якого стану графа станів і переходів випадковий процес бере початок.

Якщо всі потоки подій, які переводять систему S зі стану в стан, є пуасонівськими (стаціонарними або нестаціонарними), то процес, що стається у досліджуваній системі, буде марковським. Щільність ймовірності переходу λij в неперервному ланцюзі Маркова являє собою інтенсивність потоку подій.

Якщо кількість станів системи S є величиною обмеженою і з кожного стану можна перейти (за певну кількість кроків) у будь-який інший стан, то існують граничні ймовірності перебування в станах, які не залежать від початкового стану системи. Це означає, що за великої тривалості функціонування системи ($t \to \infty$), коли інтенсивності потоків подій є постійними (λ=const), в системі S встановлюється ймовірнісний стаціонарний режим. У ймовірнісному стаціонарному режимі система S випадковим чином змінює свої стани, але ймовірність перебування в кожному з них не залежить від часу, тобто має деяку постійну величину і називається граничною. Граничні ймовірності перебування в станах Pi, так само, як і дограничні, в сумі повинні давати одиницю:

$$\sum_{i=1}^{n} P_i = 1 \tag{5}$$

Граничні ймовірності перебування у станах відповідають середнім відносним величинам часу перебування системи S у кожному з її станів.

Для знаходження граничних ймовірностей перебування в станах треба скласти систему диференціальних рівнянь Колмогорова-Чепмена і розв'язати її з використанням умови, що в стаціонарному режимі всі граничні ймовірності перебування в станах є постійними величинами і їх похідні дорівнюють нулю. Враховуючи цю умову, система диференціальних рівнянь трансформується в систему лінійних алгебраїчних рівнянь, яка розв'язується з врахуванням умови нормування (5).

Теорія марковських випадкових процесів розвивається у різних прикладних напрямах, зокрема в моделюванні військових операцій та бойових дій [35], моделюванні поведінки відмовостійких систем [36, 37], а також при моделюванні систем масового обслуговування [38].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Підводячи підсумок, зазначимо, що у роботі завдяки використанню теорії марковських випадкових процесів об'єкт дослідження формалізовано представлено у вигляді структурно-автоматної моделі, що дало змогу автоматизовано вирішити задачу надійнісного проектування моделі тактичного безпілотного літального апарату через багатоваріантний аналіз.

Список використаних джерел

1. Ткачук П.П., Сальник Ю.П., Пащук Ю.М., Матала І.В. Система автоматизованого управління польотом і корисним навантаженням тактичних безпілотних літальних апаратів. Військово-технічний збірник 1 (10) 2014, АСВ, с. 74-78;
2. Бабак С.В. Структура систем управління польотом і багатофункціональним контрольно-вимірювальним обладнанням безпілотних літальних апаратів. ВІСНИК НУК імені адмірала Макарова. № 3, 2014. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://evn.nuos.edu.ua /article/viewFile/45867/42038;
3. Распопов В.Я. Авионика малоразмерных беспилотных летательных аппаратов / В.Я. Распопов, СЕ Товкач // Мир авионики. – 2009. – №3. – с. 39-47;
4. Волочій Б.Ю. Технологія моделювання алгоритмів поведінки інформаційних систем: Монографія. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. – 200с. Львівська політехніка", 2004. – 200с.
5. Федасюк Д.В. Методика розроблення структурно-автоматних моделей дискретно-неперервних стохастичних систем / Д.В. Федасюк, С.Б. Волочій // Радіоелектронні та комп'ютерні системи. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", 2016. – № 6 (80). – С. 24 – 34. (eLIBRARY.RU; Index Copernicus; INSPEC).
6. Абчук В.А., Матвейчук Ф.А., Томашевський Л.П. Справочник по исследованию операций / Под общ. ред. Ф.А. Матвейчука. – М.: Воениздат, 1979. – 368 с.
7. Проектирование отказоустойчивых микропроцессорных информационно-измерительных систем / Б.Ю. Волочій, И.Д. Калашніков, Р.Б. Мазепа, Б.А. Мандзій. – К.: Вища школа, 1987. – 152 с.
8. Иуду К.А., Кривощеков С.А. Математические модели отказоустойчивых вычислительных систем. – М.: Изд-во МАИ, 1989.–144 с
9. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1991. – 384 с.

Сальний Віталій Олександрович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, м. Київ

ФОРМУВАННЯ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ВИБОРУ КРИТЕРІЇВ СТВОРЕННЯ ЗАПАСІВ АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

У статті наводяться і обґрунтовуються методичні підходи до вибору критеріїв та здійснюється постановка задач щодо створення запасів авіаційних засобів ураження для забезпечення бойової підготовки авіаційних частин.

***Ключові слова**: авіаційні засоби ураження, створення запасів, методичні підходи, критерії.*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Важливою умовою для успішного вирішення завдань бойової підготовки льотних екіпажів, підрозділів і частин авіації є створення запасів авіаційних засобів ураження (далі – АЗУ) та своєчасне їх поповнення. Виконання визначених заходів можливе при цілеспрямованих, науково обґрунтованих і своєчасно спланованих процесах формування запасів АЗУ. На формування запасів АЗУ для забезпечення бойової підготовки впливає:

наявна кількість номенклатур (різноманітність) АЗУ, особливо для забезпечення частин бомбардувальної та штурмової авіації;

затратність та складність процесів утримання і створення необхідних умов для зберігання та підготовки засобів ураження до безпосереднього застосування, особливо керованих авіаційних ракет (КАР);

висока вартість виробництва авіаційних засобів ураження, а також процесів утилізації застарілих зразків.

Особливості процесів формування запасів АЗУ створюють низку протиріч між достатністю запасів засобів ураження для планомірної та динамічної бойової підготовки льотних екіпажів авіаційних частин та економічною доцільністю створення і зберігання визначених обсягів запасів у певний період процесу бойової підготовки.

З однієї сторони, недостатнє або несвоєчасне (неритмічне) забезпечення АЗУ не дозволить у визначені терміни, якісно та в повному обсязі виконати підготовку екіпажів авіації Повітряних Сил Збройних Сил України.

З іншої – створення надлишку запасів АЗУ в авіаційних частинах, які плануються до використання через тривалий час (на перспективу), призводить до значних додаткових витрат на їх зберігання та викликає можливість ризиків втрати фінансових ресурсів, до яких може призвести ситуація “надлишкових запасів”.

Вирішення цього протиріччя можливе у розрізі оптимізації процесу формування запасів (максимального узгодження основних факторів, які впливають на ефективність досягнення мети в забезпеченні авіаційними засобами ураження і створення їх запасів в авіаційних частинах з оптимальним поєднанням критерію “достатність – своєчасність” з критерієм “затрати – економічність”). Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що при оцінюванні рівня підготовки льотних екіпажів авіаційних частин до виконання завдань за призначенням, зокрема бомбардувальної та штурмової авіації, вагома роль приділяється якості виконання вправ бойової підготовки, які передбачають застосування авіаційних засобів ураження різних номенклатур. Аналіз застосування авіації в бойових діях останніх двох десятиліть, зокрема досвіду застосування авіації в антитерористичній операції (ООС) на сході України, показує, що різноманітність цілей та умов, в яких знаходяться об’єкти ураження (густонаселена місцевість, небезпечні в техногенному плані промислові об’єкти, недостатнє позначення і значна динаміка змін ліній зіткнення

різних угрупувань військ) викликає необхідність застосування значного спектру авіаційних засобів ураження і, відповідно, включення в систему бойової підготовки вправ щодо набуття навичок та умінь льотним складом авіаційних частин щодо виконання вправ, з метою ефективного застосування всієї можливої номенклатури авіаційних засобів ураження в самих різноманітних умовах. Значна частина військових аналітиків визначає те, що навіть на сьогоднішній день більша частина авіаційних засобів ураження, особливо керованих авіаційних ракет, які є на озброєнні авіації Повітряних Сил Збройних Сил України, по показникам бойової ефективності відповідають сучасним вимогам (незважаючи на їх сталий вік), але недостатність фінансування у закупівлі (з метою виготовлення, модернізації підприємствами вітчизняного ОПК) авіаційних засобів ураження (оновлення та формування запасів) та процесів зберігання, обслуговування і ремонту всіх наявних запасів засобів ураження привели до скорочення і спрощення підготовки льотних екіпажів авіаційних частин щодо застосування певних типів авіаційних засобів ураження. Спеціалісти в сфері логістичного забезпечення військ визначають, що в умовах ринкової економіки, відсутності стабільних централізованих поставок матеріальних ресурсів, відсутності належного фінансування військових частин та промислового комплексу в цілому, в багатьох випадках призводить до необхідності вибирати між кількома постачальниками відповідних ресурсів, за умов обмеженого фінансування за критерієм (“ціна – якість”) з урахуванням тільки мінімальних цін на ресурси, витрат на доставку, зберігання, накладні витрати тощо. Тобто, органам військового управління видів Збройних Сил потрібно вирішувати завдання оптимізації потоків ресурсів, зокрема на забезпечення бойової підготовки – формувати та створювати економічно обґрунтований запас матеріальних засобів, який дозволить мінімізувати витрати на зберігання і безперервність забезпечення бойової підготовки. [1].

Важливість економічної складової в оптимізації запасу АЗУ, в першу чергу, пов’язана із значними витратами на зберігання АЗУ. За даними американського дослідника процесів забезпечення бойової підготовки армії США А. Скотта, зберігання на складах авіаційної бази однієї авіаційної бомби від 250 кг в терміни до одного року обходиться бюджету країни в 150 доларів США, кожний наступний рік зберігання потребує збільшення цих витрат на 20%. При визначенні витрат на зберігання одиничного АЗУ (комплекту АЗУ) враховують витрати на організацію і підтримання необхідних умов зберігання, витрати на охорону, витрати на планові перевірки запасів тощо. Витрати на зберігання однієї керованої авіаційної ракети, з урахуванням витрат на регламенти і додаткові перевірки технічного стану в середньому складають 800 доларів США за перший рік зберігання. В подальшому ці витрати можуть збільшуватися на 30% за кожний наступний рік зберігання [2].

Метою дослідження є розробка методичних підходів до постановки задачі та вибір критеріїв оптимізації процесів формування запасів авіаційних засобів ураження для бойової підготовки авіаційних частин**.**

Виклад основного матеріалу. Вихідними умовами для формування запасів АЗУ для забезпечення бойової підготовки авіаційних формувань на навчальний рік є:

задачі старшого начальника (командування), які визначають цілі, кінцевий результат підготовки або стан рівня підготовки авіаційної частини (підрозділу). Визначені цілі досягаються в процесі бойової підготовки, яка, в першу чергу, повинна бути забезпечена необхідною номенклатурою АЗУ та їх кількістю. Тобто, опосередковано, задачі старшого начальника визначають потребу (номенклатуру) та обсяги забезпечення засобами ураження;

вправи, які необхідно виконати льотним екіпажам (підрозділам) для досягнення визначеного рівня підготовки, кількість та типи АЗУ, що необхідні для виконання цих вправ;

рівень готовності льотних екіпажів авіаційного формування, який існує на даний час, що дозволяє скорегувати необхідний запас АЗУ, якщо певні вправи щодо досягнення необхідного рівня підготовленості успішно відпрацьовані в попередні періоди;

запаси АЗУ, необхідні для виконання завдань бойової підготовки за номенклатурами, які є на складах авіаційного формування (СІС).

Загальна кількість АЗУ і-го типу, яка необхідна для забезпечення рішення завдань бойової підготовки за даних вихідних умов ($у^{п}_{АЗУі}$) визначається за виразом:

$$у^{п}_{АЗУі} = у^{бп}_{АЗУі} – у^{нн}_{АЗУі} – у^{нз}_{АЗУі}, \quad (1)$$

де $у^{бп}_{АЗУі}$ – кількість АЗУ і-го типу, які необхідні для забезпечення завдань бойової підготовки;

$у^{нн}_{АЗУі}$ – кількість АЗУ і-го типу, які забезпечили досягнення рівня підготовки льотних екіпажів щодо виконання поставлених завдань в попередні періоди (набуті навики);

$у^{нз}_{АЗУі}$ – кількість АЗУ і-го типу, які є на початок навчального року на власних складах авіаційного формування.

Розрахунок необхідної кількості АЗУ для забезпечення рішення завдань плану бойової підготовки авіаційної частини (підрозділу) на рік дозволяє спланувати організаційні заходи щодо визначення джерел постачання відповідних типів АЗУ (баз, складів, арсеналів) за територіальним принципом, з вирішенням проблем транспортування і складування АЗУ та орієнтовно визначитися з потребою фінансового ресурсу для забезпечення процесу формування необхідного запасу АЗУ. В сучасних умовах оптимізації процесів організації забезпечення бойової підготовки за критерієм "результат – витрати на досягнення такого результату", якщо це стосується формування оптимального запасу АЗУ, можливо шляхом узгодження трьох основних характеристик процесу, а саме:

достатність – визначається необхідністю знаходження на зберігання на складах авіаційного формування (СІС) такої кількості АЗУ і – того типу (економічно обґрунтованого запасу), яка б дозволила у визначений термін часу організувати безперервний процес забезпечення бойової підготовки:

$$у^{п}_{АЗУі} \geq у^{ео}_{АЗУі} \quad (2)$$

де $у^{ео}_{АЗУі}$ - економічно обґрунтований запас АЗУ і-го типу на складах авіаційної частини, яка може забезпечити безперервність процесу забезпечення бойової підготовки; i = 1, …, n;

економічність визначається необхідністю мінімізації витрат на створення (організацію замовлення) необхідного запасу АЗУ і-го типу ($П_{АЗУі}$), його зберігання ($З_{АЗУі}$)

$$П_{АЗУі} + З_{АЗУі} \rightarrow \min \quad (3)$$

Витрати на організацію замовлення (укладення договорів з постачальником) ($П_{АЗУі}$), передбачають оплату на: відрядження, оплату фахівцям для економічного аналізу доцільності угоди саме з цим постачальником та оформлення угоди. Як правило, ці витрати постійні і не залежать від обсягу продукції в одному замовлені (величини замовлення).

Витрати на зберігання ($З_{АЗУі}$) передбачають собою суму витрат на: створення і підтримання умов зберігання одиниці (комплекту) і-го АЗУ ($З_{уАЗУі}$); витрат на планові і позапланові перевірки наявності і стану і-го АЗУ та регламентні роботи (при

необхідності) ($З_{рАЗУі}$); витрати на складування ($З_{сАЗУі}$), втрачені вигоди від ситуації "надлишкові запаси" ($З_{нАЗУі}$) одиничного і-го АЗУ:

$$З_{АЗУі} = З_{уАЗУі} + З_{рАЗУі} + З_{сАЗУі} + З_{нАЗУі} \quad (4)$$

Втрачені економічні вигоди від "надлишкових запасів" і – го типу АЗУ визначаються за виразом:

$$З_{нАЗУі} = Ц_{АЗУі} \times к \quad (5)$$

де $Ц_{АЗУі}$ – ціна одиничного АЗУ і-го типу; к – банківська процентна ставка на капітал.

Затрати на зберігання залежать від величини запасу ($у^{п}_{АЗУі}$) на зберіганні і, як правило, в розрахунках щодо витратності зберігання оперують середнім рівнем запасу ($у^{п}_{АЗУі}/2$).

Задача щодо оптимізації запасу і – того типу АЗУ для забезпечення бойової підготовки може бути сформульована таким чином: визначити, яку кількість АЗУ і-го типу ($у^{п}_{АЗУі}$) повинна складати партія цих боєприпасів (одне замовлення), щоб мінімізувати затратність процесу при прогнозованій середній щільності потоку зменшення запасу протягом певного періоду бойової підготовки ($\lambda_{АЗУі}$) або:

$$П_{АЗУі} + З_{АЗУі} \rightarrow \min \quad (6)$$

якщо $у^{п}_{АЗУі} \geq у^{ео}_{АЗУі,}$ $\lambda_{АЗУі}$ = const.

Рішення цієї задачі лежать в розрізі визначення залежності сумарних витрат на формування запасу АЗУ за одиницю часу (економічна складова) від кількості АЗУ і – го типу, що знаходяться на складах авіаційної частини (СІС) (величини запасу ($у^{п}_{АЗУі}$). За найбільш простих умов, коли середня щільність використання запасу АЗУ (кількість одиниць АЗУ за одиницю часу) ($\lambda_{АЗУі}$) постійна, поповнення запасу відбувається миттєво – саме тоді, коли весь запас використано, тобто, запас дорівнює нулю, а період використання всього запасу ($t^{0}_{АЗУі}$), відповідно, визначається за виразом:

$$t^{0}_{АЗУі} = у^{п}_{АЗУі}/\lambda_{АЗУі}, \quad (7)$$

Таким чином, сумарні витрати на зберігання одиничного АЗУ і-го типу за одиницю часу ($З_{АЗУі}$), як функцію від кількості засобів ураження ($у^{п}_{АЗУі}$) можливо записати як:

$$З_{АЗУі}\ (у^{п}_{АЗУі}) = \frac{П_{АЗУі} + З_{АЗУі}\ (у^{п}_{АЗУі}/2)\ t^{0}_{АЗУі}}{t^{0}_{АЗУі}} = \quad (8)$$
$$= П_{АЗУі}/(у^{п}_{АЗУі}/\lambda_{АЗУі}) + З_{АЗУі}\,(у^{п}_{АЗУі}/2)$$

Якщо визначити запас засобів ураження ($у^{п}_{АЗУі}$), як безперервну змінну, то визначення економічно обґрунтованого (оптимального) розміру заказу ($у^{ео}_{АЗУі}$) можливо вирішити шляхом мінімізації (8) (функції сумарних затрат за одиницю часу від величини запасу), яке прийме вигляд:

$$\frac{dЗ_{АЗУі}\ (у^{п}_{АЗУі})}{dу^{п}_{АЗУі}} = \frac{П_{АЗУі}\lambda_{АЗУі}}{у^{п2}_{АЗУі}} + \frac{З_{АЗУі}}{2} = 0 \quad (9)$$

Рішення цього рівняння і визначає економічно обґрунтований запас АЗУ і-го типу [3].

За умов коли наступний заказ поступає миттєво, тобто економічно обґрунтований запас поповнюється в той час, коли кількість запасу на складі авіаційної частини дорівнює нулю, можливо визначити через який час відновлювати цей запас, використавши вираз (7). В дійсності поповнення запасу не може відбуватися миттєво. Для більшості реальних ситуацій існує певний термін від виконання замовлення на АЗУ і-го типу до розміщення боєприпасів на власних складах частини ($Т_{АЗУі}$). В таких випадках рівень запасу, за якого потрібно його відновлювати (точка відновлення запасу ($у^{пТВЗ}_{АЗУі}$) визначається як

$$у^{пТВЗ}_{АЗУі} = Т_{АЗУі} \times \lambda_{АЗУі} \quad (10)$$

Графік відновлення економічно обґрунтованого запасу і-го АЗУ за щільністю використання $\lambda^1_{АЗУі}$ і $\lambda^2_{АЗУі}$ наведено на рис. 1.

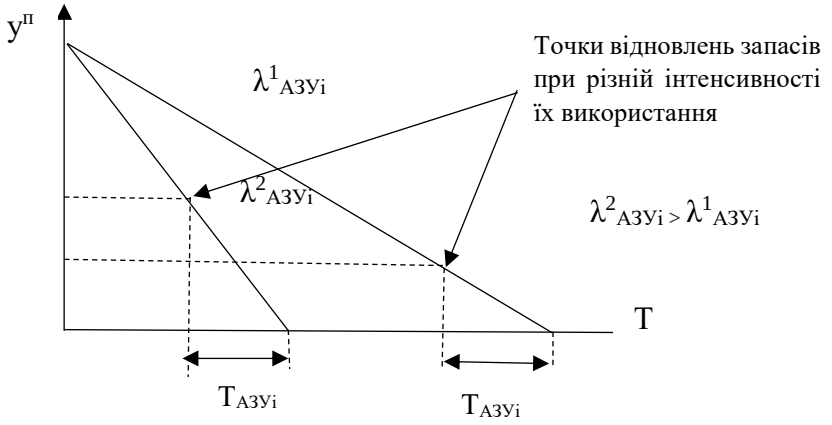


Рис. 1. Графік відновлення економічно обґрунтованого запасу і-го АЗУ

Процес бойової підготовки авіаційних формувань, як правило, має різну інтенсивність в різні періоди навчального року. Це пов'язано з погодними умовами, позаплановими заходами старших начальників, готовністю полігонів, справністю авіаційної техніки, здоров'ям льотного складу, тощо.

Таку особливість потрібно враховувати і при оптимізації процесів забезпечення бойової підготовки АЗУ. Для планування потоків щодо формування запасів АЗУ для забезпечення бойової підготовки авіаційних формувань за умов неоднорідності їх використання необхідно розділяти визначені терміни виконання завдань (для завдань бойової підготовки таким терміном є навчальний рік) на періоди, в яких прогнозується та чи інша інтенсивність (щільність) використання АЗУ. З урахуванням цього проводити планування циклів відновлення економічно обґрунтованого запасу і-го АЗУ у визначених періодах бойової підготовки.

Висновок. Бойова підготовка авіаційних формувань пов'язана з використанням особливого виду ресурсу – авіаційних засобів ураження. Особливість такого ресурсу визначається значною різноманітністю (великою номенклатурою) АЗУ; складністю та витратністю процесів зберігання та підготовки засобів ураження до безпосереднього застосування (особливо керованих авіаційних ракет (КАР), високою вартістю засобів ураження.

Процеси формування запасів цього ресурсу, супроводжуються системою протиріч між достатністю цих запасів для ритмічної бойової підготовки та економічною доцільністю створення і зберігання обсягів цих запасів на певний момент (період)

процесу бойової підготовки. В значній мірі, це протиріччя можливо вирішити в площині оптимізації процесу, узгодження основних характеристик, які впливають на ефективність формування запасів для забезпечення бойової підготовки авіаційними засобами ураження за критерієм "достатність – своєчасність – економічність". Ключовими питанням оптимізації процесу формування запасу і-го АЗУ є: визначення економічно обґрунтованого розміру (кількості) і-го АЗУ, який дозволяє, за умов мінімізації витрат на зберігання і втрачених фінансових вигод, забезпечити безперервність процесу забезпечення бойової підготовки АЗУ та визначання мінімального розмір запасу і-го АЗУ за даною інтенсивністю його використання, при якому необхідно проводити відновлення економічно обґрунтованого запасу і-го АЗУ.

Список використаних джерел

1. Кислюк В. Основні проблеми в шляхи побудови ефективної системи тилового забезпечення Збройних Сил України / В. Кислюк // Наука і озброєння. Зб. наук. матеріалів. Вип. 2(5). – К., 1995. – С 23-29.
2. Ckott A. A note on transient Gaussian fluid mode its / A. Ckott // Queuing System. – 2002. – Vol. 41. – P. 321 – 342.
3. Хемди А. Введение в исследования операций / А. Хемди. – М.: Изд. дом "Вильямс", 2001. – 912 с.
4. Бабич А.П., Пічугін І.М. Формування запасів авіаційних засобів ураження для забезпечення бойової підготовки авіаційних частин (підрозділів) / Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 2016, № 1(22).

Основний текст статті – Шрифт Times New Roman 12 пт
Назва статті – **ШРИФТ АРІАЛ 12 пт**
Текст у таблицях – Шрифт Times New Roman 10 або 12 пт

Іван Микитович Кожедуб *(д-р військ. наук, професор, професор кафедри →**10 пт**)*[1]
Іван Ілліч Бабак *(канд. техн. наук, слухач)*[2]

[1]*Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ*
[2]*Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ*

НАЗВА СТАТТІ ВИРІВНЯНА ЗА ПРАВИМ КРАЄМ, ВСІ ЛІТЕРИ ПРОПИСНІ, ШРИФТ АРІАЛ 12 пт

Текст анотації мовою тексту статті (в даному випадку, українською). Зміст анотації має стисло і достатньо інформативно підсумовувати основні ідеї та отримані результати дослідження. Розмір анотації повинен становити 100–200 слів. Зауважте, що дані про авторів, назва, ключові слова та анотація, будуть використані як метадані для опису Вашої статті, тому вони повинні максимально чітко описувати її зміст. Для більш якісного пошуку даного контенту в мережі, будь ласка, уникайте занадто узагальнених та складних формулювань, використовуйте тільки загальновідомі абревіатури.

Ключові слова: *поняття1; поняття 2; поняття3.*

Постановка проблеми. У цій частині статті у загальному вигляді описується проблема, розгляду якої присвячено дослідження, та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У даному розділі зазначаються роботи, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття:

а) посилання на джерела подаються у квадратних дужках, наприклад [10];
б) кілька джерел розділяються комою та дефісом, наприклад [5, 7-9].

Мета статті. Формування цілей статті (постановка завдання). Наприклад, "... Враховуючи це **метою статті є** висвітлення підходів щодо ... ".

У результаті аналізу джерел виділяються раніше невирішені частини загальної проблеми, яким присвячена стаття.

Методи дослідження. Розділ може мати наступний зміст: "Дослідження проводилося в рамках НДР шифр "Оптіма". У ході дослідження використовувалися такі методи: аналізу ієрархій, історичний, …, експертних оцінок".

Викладення основного матеріалу дослідження. Даний розділ містить виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Допускається поділ на підрозділи.

Нижче, в табл. 1 наведено приклад оформлення таблиць.

Таблиця 1. – Результати аналізу можливості застосування БпЛА ЗС РФ легких класів

Тип БпЛА (БпАК)	Типові завдання *)	Можливість застосування БпЛА (БпАК) для виконання окремих типових завдань	Досвід застосування
Мобільний переносний комплекс дистанційного	вр	Можливе у режимі реального часу	Застосовувались у районі проведення АТО, є на озброєнні окремої роти (ор) БпЛА 1 АК "ЗС
	кв	-	
	ну	-	
	р	-	

Тип БпЛА (БпАК)	Типові завдання *)	Можливість застосування БпЛА (БпАК) для виконання окремих типових завдань	Досвід застосування
спостереження та ретрансляції “Гранат-1”	із	Ретрансляція сигналів радіозв’язку	ДНР”, сформованої в 2016 році

Примітка. Позначення в табл. 1: вр – ведення розвідки; кв – коригування вогню; ну – нанесення ударів; р – РЕБ; із – інші завдання.

Нижче, на рис. 1 наведено приклад оформлення рисунків.

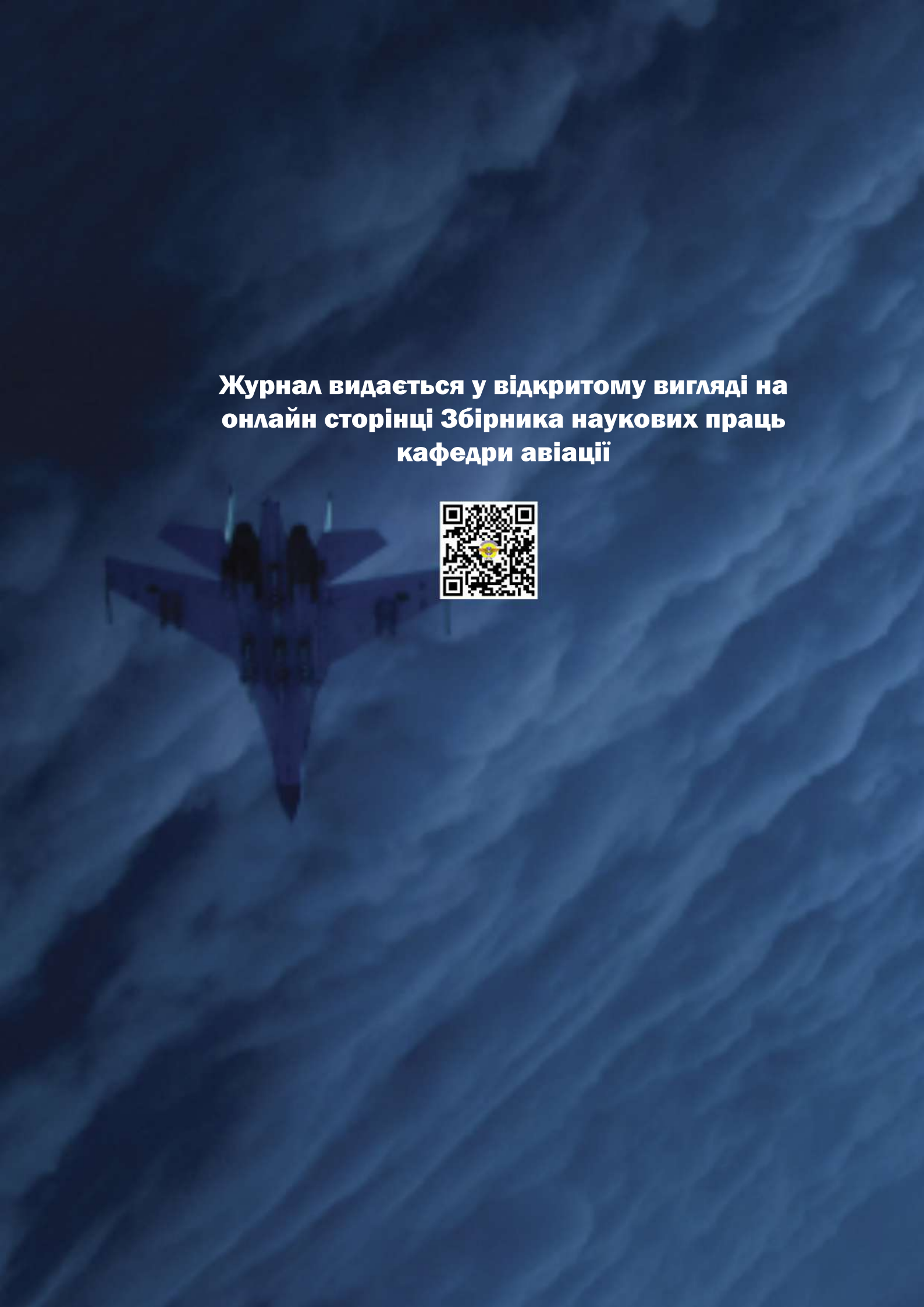
Рисунок 1. – Емблема

Висновки та перспективи подальших досліджень. У цьому розділі зазначаються висновки й перспективи подальших досліджень.

Список використаних джерел оформлюється відповідно до ДСТУ 8302:2015.

Список використаних джерел

1. Олексій Мартинюк, Обґрунтування моделі підготовки фахівців Повітряних Сил у сучасних умовах / [Тюрін, Віталій; Салій, Анатолій; Кас’яненко, Максим; Опенько, Павло; Мартинюк, Олексій] // Наука і оборона. – К.: НУОУ, 2019. – №4. – с. 20-26. – DOI: 10.33099/2618-1614-2019-9-4-20-26.
2. В. В. Тюрін, А. Г. Салій, С. М. Коротін, Методика проведення багатонаціональних командно-штабних навчань за процедурами НАТО // Наука і оборона. – К.: НУОУ, 2019. – №4. – с. 38-43. – DOI: 10.33099/2618-1614-2019-9-4-38-43.
3. Oleksii Martyniuk, Air Defense Planning from an Impact of a Group of Unmanned Aerial Vehicles based on Multi-Agent Modeling / [Shchypanskyi, Pavlo; Savchenko, Vitalii; Martyniuk, Oleksii; Kostiuk, Ihor] // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – The World Academy of Research in Science and Engineering, 2020. – №8(4). – pp. 1302-1308. – DOI: 10.30534/ijeter/2020/59842020.



Журнал видається у відкритому вигляді на онлайн сторінці Збірника наукових праць кафедри авіації